Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды

Государственный океанографический институт им. Н.Н.ЗУБОВА

Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях

Издание третье, переработанное и дополненное

г. Москва, 2016 г.

Оглавление

Предисловие к третьему изданию 9
Предисловие ко второму изданию 11
Предисловие к первому изданию 12
Введение 13

Часть I. ОРГАНИЗАЦИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Глава 1. Общие сведения об океанографических работах в океанах и морях 15

1.1. Задачи и средства океанографических работ 15
1.2. Научно-исследовательские суда 15
1.3. Океанографические буи 17
1.4. Сеть буев-профилемеров АРГО 20
1.5. Наблюдения с попутных судов 22
1.6. Виды океанографических наблюдений и работ 23
1.7. Требования к техническому оснащению и проведению океанографических наблюдений и работ 26
1.8. Единицы величин, применяемые в практике океанографических измерений 30
1.9. Особенности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ в открытом море 33
1.10. Расположение стандартных и вековых океанографических разрезов 33
1.11. Состав работ и наблюдений на океанографических разрезах 35
1.12. Выполнение работ на океанографических съемках 36
1.13. Специализированные океанографические наблюдения 36
1.14. Наблюдения на многочасовых станциях 36
1.15. Океанографические наблюдения на полигонах 37
1.16. Основные требования к техническому оснащению океанографических наблюдений 40
1.17. Состав стандартного океанографического оборудования и приборов 41
1.18. Требования к расположению океанографических приборов на НИС 41
1.19. Размещение океанографического оборудования на судне 41
1.20. Общие требования к техническим средствам для проведения океанографических наблюдений и работ 42
1.21. Выполнение наблюдений при отсутствии на судне автоматизированного измерительного комплекса 43
1.22. Специальные требования по организации и проведению океанографических работ группами судов 43
1.23. Метрологическое обеспечение океанографических наблюдений на судах 43
1.24. Системы судовой навигации 44

Глава 2. Состав наблюдений и работ. Стандартные горизонты 52

2.1. Наблюдения на глубоководных океанографических станциях 52
2.2. Судовые гидрометеорологические наблюдения 53
2.3. Стандартные горизонты наблюдений 54
2.4. Коды для оперативных передач океанографических данных 55

Глава 3. Участие в глобальных системах океанографических наблюдений и работ 55

3.1. Участие в глобальной системе наблюдений, сбора, анализа и распространения информации (ВМО-МОК) 55

3.2. Международный опыт участия в Глобальной системе наблюдений в океане (GOOS) ... 58
3.3. Наблюдательные системы, методы и средства измерений (ГСНО-GOOS) ... 59
3.4. Единая система информации о состоянии Мирового океана (ЕСИМО) ... 60
3.5. Система заякоренных буев TAO-TRITON ... 61
3.6. Глобальная программа измерений температуры и солености (GTSSP) ... 62
3.7. Пространственно-временное разрешение измерений ... 63
3.8. Дистанционные (спутниковые) измерения. Альтиметрия ... 64
3.9. Пространственно-временное разрешение спутниковых измерений ... 64

Глава 4. Подготовка к экспедиционному рейсу. Планирование, организация работ в рейсе ... 68

4.1. Подготовка к экспедиционному рейсу ... 68
4.2. Составление программы и плана рейса ... 69
4.3. Обеспечение рейса оборудованием, приборами и расходными материалами ... 70
4.4. Подготовка оборудования и приборов к наблюдениям ... 70
4.5. Пробный (испытательный) выход в море ... 71
4.6. Личный состав и организация работ ... 72
4.7. Порядок наблюдений на океанографических станциях ... 72
4.8. Отчетная документация ... 74

Глава 5. Методические рекомендации по оформлению данных морских научных исследований ... 74

5.1. Подготовка информации о выполнении морских научных исследований Предварительный отчет ... 75
5.1.1. Описание морских научных исследований по форме ФОДЭН ... 75
5.1.2. Удаленный ввод сведений о выполненных морских научных исследованиях ... 75
5.2. Рекомендации по подготовке отчета о морских научных исследованиях и данных наблюдений ... 76
5.2.1. Порядок подготовки научно-технического отчета ... 76
5.2.1.1. Отчет научного руководителя ... 76
5.2.1.2. Отчеты по отдельным видам исследований ... 77
5.2.1.3. Форма и регламент представления научно-технического отчета ... 78
5.2.2. Порядок подготовки данных наблюдений ... 79
5.2.3. Правила оформления файла описания данных ... 79
5.2.3.1. Содержание раздела «Общие характеристики» ... 80
5.2.3.2. Содержание раздела «Дополнительные сведения» ... 81
5.2.3.3. Содержание раздела «Структура файла данных» ... 81
5.2.4. Правила оформления структурированных данных ... 82
5.2.4.1. Табличная структура данных ... 82
5.2.4.2. Правила оформления рубрики «Данные» ... 82
5.2.4.3. Правила оформления файлов данных ... 83
5.2.4.4. Правила оформления файла координат и времени наблюдений ... 84
5.2.4.5. Правила именования файлов данных ... 86
5.3. Список использованных источников ... 87
5.4. Приложение А ... 88
Форма описания данных экспедиционных наблюдений (ФОДЭН) ... 88
5.5. Приложение Б ... 98
Образец оформления титульного листа Научно-технического отчета о морских научных исследованиях ... 98
5.6. Приложение В ... 100
Примеры описания данных морских научных исследований в формате обмена ... 100

В.1. Пример описания данных морских метеорологических наблюдений ... 100
В.1.1. Файл метаданных E81201 Ak.Fedorov 26M06 met.txt ... 100
В.1.2. Фрагмент файла данных морских метеорологических наблюдений E81201 Ak.Fedorov 26M06. Csv ... 101
В.2. Пример описания океанографических данных вертикального зондирования ... 102
В.2.1. Файл метаданных E81201 Ak.Fedorov 26H10 met.txt ... 102
В.2.2. Фрагмент файла океанографических данных E81201 Ak.Fedorov 26H10 POS.csv (признаки станций зондирования) ... 103
В.2.3. Фрагмент файла океанографических данных E81201 Ak.Fedorov 26H10 D01.csv (данные вертикального зондирования) ... 103
В.3 Пример описания биологических данных ... 104
В.3.1. Содержание файла метаданных E81201 Ak.Fedorov 26 B25 met.txt ... 104
В.3.2. Фрагмент файла биологических данных E81201 Ak.Fedorov 26H10 B25 D.csv ... 107
В.4 Пример описания геологических данных ... 107
В.4.1. Содержание файла метаданных E81201 Ak.Fedorov 26G04 met.txt ... 107
В.4.2. Фрагмент содержания файла данных E81202 Ak.Fedorov 26G04 POS.csv ... 109
В.4.3. Фрагмент содержания файла данных E81202 Ak.Fedorov 26G04DSC.csv ... 109
В.4.4. Фрагмент содержания файла данных E81202 Ak.Fedorov 26G04SMP.csv ... 109

Часть II. ЛАБОРАТОРИИ, СТАЦИОНАРНОЕ И СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ОКЕАНАХ И МОРЯХ ... 110

Глава 6. Лаборатории, рабочие помещения, лебедки, краны и другие технические средства проведения экспедиционных работ ... 110

6.1. Универсальная и «мокрые» лаборатории ... 110
6.2. Термостабилизированная «чистая» лаборатория ... 114
6.3. Термостабилизированная «охлажденная» лаборатория ... 114
6.4. Проточная лаборатория ... 114
6.5. Другие лаборатории и вспомогательные помещения. Лаборатории для комплексных исследований ... 115
6.6. Кабель-тросовые лебедки для научного оборудования ... 119
6.7. Грузовые порталы, кран-балки и краны ... 122
6.8. Научное оборудование и устройства современных научно-исследовательских судов (НИС) ... 124
6.8.1. Стационарные эхолоты ... 124
6.8.2. Гидролокаторы и профилографы ... 130
6.8.3. Стационарные подводные аппараты ... 136
6.8.4. Целевые подводные аппараты и оборудование для водолазных работ ... 142
6.8.5. Стационарное геологическое оборудование ... 149
6.8.6. Временно устанавливаемое (целевое) геологическое оборудование ... 150
6.8.7. Стационарное метеорологическое оборудование ... 152
6.8.8. Гидрохимическое стационарное оборудование ... 165
6.8.9. Гидрофизическое оборудование ... 168
6.8.10. Гидробиологическое стационарное оборудование ... 168
6.8.11. Гидробиологическое целевое оборудование ... 171
6.9. Глубоководные океанографические лебедки и устройства для вывода троса за борт ... 174
6.9.1. Устройство и особенности эксплуатации лебедки ЛЭРОК ... 174
6.9.2. Установка и размещение лебедок на палубе, уход за ними ... 176
6.9.3. Устройства для вывода троса за борт ... 177
6.9.4. Тросы и другое вспомогательное оборудование ... 179
6.9.5. Растительные тросы ... 184

6.9.6. Синтетические тросы ... 185
6.9.7. Кабель-тросы ... 186
6.9.8. Такелаж ... 187
6.9.9. Размыкатели груза ... 188
6.9.10. Механические блок-счетчики ... 190
6.9.11. Общие замечания по конструктивным особенностям используемого оборудования и приборов ... 192

Часть III. ИЗМЕРЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОКЕАНАХ И МОРЯХ ... 193

Глава 7. Взятие проб воды с разных глубин ... 193

7.1. Назначение проб воды и их необходимые объемы ... 193
7.2. Батометры Нискина и системы «Розетта» ... 193
7.3. Батометр морской модернизированный ... 199
7.4. Морской батометр ААНИИ ... 203
7.5. Батометры большого объема ... 206
7.6. Проверка батометров и уход за ними ... 209
7.7. Хранение проб воды ... 210

Глава 8. Порядок наблюдений и отбора проб поверхностного микрослоя донных осадков и гидробионтов с борта судна ... 211

8.1. Специальные термины ... 211
8.2. Приборы, оборудование и материалы ... 211
8.2.1. Специальное оборудование и устройства для отбора проб поверхностного микрослоя ... 212
8.2.2. Специальное оборудование и устройства для отбора проб и аэрозолей ... 212
8.3. Подготовка оборудования к работе ... 212
8.4. Порядок выполнения работ на судне ... 214
8.5. Отбор проб донных отложений с помощью дночерпателей ... 215
8.6. Отбор проб поверхностного микрослоя ... 217
8.7. Дополнительные замечания по отбору проб ... 219
8.8. Хранение проб ... 220
8.9. Транспортировка проб ... 220
8.10. Требования к оформлению результатов отбора проб ... 220
8.11. Техника безопасности работ ... 220

Глава 9. Аппаратурный блок мониторинга состояния океана ... 221

9.1. Концепция комплексных океанологических исследований ... 224
9.2. Судовые методы и технологии измерения гидрофизических характеристик океана ... 224
9.3. Приборы и методики их применения для измерения гидрофизических характеристик морей и океанов ... 225
9.4. Измерение гидрофизических характеристик морской воды с помощью дистанционных гидрозондов и свободнодрейфующих профилемеров. Проект «Арго» ... 227
9.5. Отрывные измерительные устройства одноразового действия ... 241
9.6. Буксируемые измерительные устройства ... 241
9.7. Мареографы ... 243
9.8. Акустические доплеровские профилографы течения ... 246
9.9. Другие приборы ... 255

Глава 10. Температура морской воды и ее измерение ... 262

10.1. Требования к составу, точности и пространственно-временной дискретности морских гидрометеорологических измерений ... 262
10.2. Понятия и определения ... 263
10.3. Методы измерения температуры воды ... 270
10.4. Датчики температуры ... 270
10.5. Измерение температуры поверхности моря и поверхностного слоя ... 274
10.6.Непрерывная регистрация температуры и солености поверхностного слоя ... 275
10.7. Измерение температуры воды с помощью глубоководных опрокидывающихся термометров ... 275
10.8. Оценка результатов наблюдений и характеристики метода ... 278
10.9. Техника безопасности работ ... 279

Глава 11. Определение солености и электропроводности морской воды ... 279

11.1. Аргентометрической метод определения хлорности и солености морской воды ... 279
11.2. Реактивы для титрования на хлор ... 281
11.3. Ход определения хлорности. Запись результатов и вычисление солености ... 282
11.4. Электромагнитный метод определения солености ... 287
11.5. Обработка наблюдений за соленостью, проведенных солемером ГМ-65 ... 288
11.6. Расчет практической солености ... 288

Глава 12. Наблюдения за течениями ... 289

12.1. Основные понятия и определения ... 290
12.2. Оценка выборки наблюдений над течениями по режимно-климатическим характеристикам факторов, определяющих течения данного района ... 290
12.3. Методы наблюдений за течениями ... 291
12.4. Наблюдения за течениями на платформах ... 297
12.5. Измерители течений ... 300
12.6. Дополнительные сведения об измерителях скорости течения ... 315

Глава 13. Наблюдения за волнением ... 318

13.1. Основные понятия и определения ... 319
13.2. Визуальные наблюдения за волнами ... 320
13.3. Инструментальные наблюдения за волнением ... 320
13.4. Волнограф-мареограф ГМУ-2 ... 321
13.5. Волнограф-мареограф АМВ-1 ... 333
13.6. Автономный регистратор волнения АРВ-К ... 334

Глава 14. Измерение оптических характеристик морской воды и светового поля в море ... 336

14.1. Введение ... 336
14.2. Визуальный метод определения относительной прозрачности и цвета морской воды с помощью белого диска (ДБ) и шкалы цветности (ШЦВ) ... 337
14.3. Определение относительной прозрачности морской воды ... 339
14.4. Измерение гидрооптических характеристик с помощью измерительных автоматизированных комплексов ... 340
14.5. Новые приборы и технологии в области морской оптики ... 343
14.6. Плавающий спектрометр для измерения спектральной яркости

восходящего излучения под поверхностью моря и поверхностной спектральной облученности ... 343
14.7. Измеритель вертикального распределения показателя ослабления света (зонд-прозрачномер) ... 351
14.8. Спектрометр Сагу 100 ... 356

Глава 15. Судовые метеорологические станции ... 358

15.1. Перечень измеряемых параметров ... 358
15.2. Перечень средств, применяемых на судах для регистрации метеорологических характеристик ... 358
15.3. Особенности судовых метеорологических наблюдений ... 360
15.4. Солнечная и лазерная спектрофотометрия атмосферы ... 362

Глава 16. Система измерения гидрохимических параметров океанов и морей ... 387

16.1. Общие замечания ... 387
16.2. Судовая гидрохимическая лаборатория, включающая систему приборов для осуществления отбора проб морской воды и их гидрохимического анализа ... 389
16.3. Измеряемые гидрохимические параметры: их значение для экологии океана и методы определения ... 390
16.4. Судовая приборная база для проведения гидрохимических исследований ... 400
16.5. Основные технические требования к гидрохимическому комплексу ... 404
16.6. Гидрохимические датчики ... 411

Глава 17. Океанографические наблюдения при помощи автономных буйковых станций ... 431

17.1. Введение ... 431
17.2. Автономные станции с поверхностным буем ... 433
17.3. Расчет нагрузок на элементы буйковых станций ... 436
17.4. Автономные буйковые станции для больших глубин ... 441
17.5. Автономные буйковые станции для средних глубин ... 447
17.6. Автономные буйковые станции с притопленным буем ... 449
17.7. Общие рекомендации по постановке буйковых станций ... 456
17.8. Техника безопасности при постановке и снятии автономных буйковых станций ... 459
17.9. Использование заякоренных и дрейфующих буйковых измерительных комплексов для непрерывной регистрации параметров состояния морской среды в Арктике ... 459
17.9.1. Заякоренные буйковые измерительные комплексы ... 459
17.9.2. Дрейфующие буйковые измерительные комплексы ... 464
17.10. Об опыте работы ААНИИ по установке притопленных буйковых станций ... 467
17.11. Работы по установке дрейфующих буев ... 470
17.12. Работы ААНИИ по установке дрейфующих профилографов ... 475

Глава 18. Спутниковые методы измерения параметров морей и океанов ... 488

18.1. Классификация спутниковых датчиков (сенсоров) ... 488
18.2. Анализ возможностей использования данных спутниковых наблюдений для мониторинга состояния океана и атмосферы ... 491
18.3. Спутниковые измерения топографии поверхности, скорости и направления ветра ... 500
18.4. Использование данных спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) ... 503
18.5. Совместный анализ оптических и радиолокационных изображений ... 507

Глава 19. Система сопряжения судовой и спутниковой информации..... 510

19.1. Комплекс аппаратуры для мониторинга состояния океана и атмосферы по данным судовых и спутниковых наблюдений..... 510
19.2. Конфигурации компьютеров..... 514
19.3. Программные средства..... 515
19.4. Аппаратура получения метеорологической спутниковой информации в судовых условиях..... 516
19.5. Методы проверки функционирования измерительных каналов аппаратуры ГМО-С..... 517
19.6. Компоновка блока совместной обработки данных спутниковых и судовых наблюдений... 521
19.7. Особенности приема спутниковой информации в морских условиях..... 526

Глава 20. Автоматизация судовых измерений..... 532

20.1. Общие замечания..... 532
20.2. Создание судовой локальной сети..... 533
20.3. Функции компьютеров, входящих в сеть..... 534
20.4. Связь между компьютером и измерительным устройством..... 535
20.5. Комплекс работ по созданию судовой локальной сети..... 536

Предисловие к третьему изданию

В Морской доктрине Российской Федерации, утвержденной Президентом Российской Федерации 27.07.2001г., (Пр-1387), определено: «Информационное обеспечение морской деятельности в первую очередь предусматривает поддержание и развитие глобальных информационных систем, обеспечивающих морскую деятельность России, в том числе систем навигационно-гидрографического, гидрометеорологического и других видов обеспечения, Единой системы информации об обстановке в Мировом океане, единой государственной системы освещения надводной и подводной обстановки, создаваемых на базе сил и средств Министерства обороны Российской Федерации, Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации».

Со времени второго, переработанного и исправленного издания «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях» прошла треть века. Для океанографии это время характеризовалось невиданным прогрессом - как в области технических средств измерений, так и в том, что касается организации и методики проведения натурных экспериментов по изучению гидросферы.

Развитие новых технологий наблюдений за состоянием океана, включая создание принципиально новых зондов для измерения скорости, температуры и солености морской воды в широком диапазоне пространственно-временных масштабов, проведение долговременных буйковых постановок и, особенно, полигонных экспериментов, позволили ученым выйти на качественно новый уровень понимания процессов, определяющих состояние водной оболочки нашей планеты. Была выстроена стройная классификация масштабов изменчивости океана и разработаны математические модели, описывающие эту изменчивость. Сочетание непосредственных наблюдений в океане и дистанционных методов спутникового зондирования позволило поставить задачу создания систем непрерывного контроля состояния океана по типу метеорологических систем диагноза и прогноза состояния атмосферы.

Бурное развитие оперативной океанографии позволило отслеживать погоду в океане в режиме реального времени, что уже в настоящее время делает реальным среднесрочный прогноз ее сезонной эволюции.

Новый этап развития фундаментальных и прикладных исследований океана делает актуальным издание нового Руководства, в котором были бы отражены изменения в методике работ в океанах и морях, обусловленные появлением новых измерительных средств и новыми подходами к организации натурных экспериментов.

Разумеется, было бы неправильным считать опыт, накопленный за прошедшие десятилетия полностью устаревшим, и потому в новое Руководство вошли многие не утратившие свою актуальность рекомендации из второго издания. Сохранена также структура прежнего Руководства и его направленность, в первую очередь, на нужды практического обеспечения морской деятельности.

Вместе с тем, новое Руководство практически полностью отражает те изменения, которые произошли в области океанографической техники и методики проведения наблюдений. В частности, приведены сведения о современных глобальных системах океанографических наблюдений и работ GOOS, отечественной системе ЕСИМО и некоторых других.

Включена новая глава, посвященная порядку оформления данных морских научных исследований, подготовленная ВНИИГМИ-МЦД (к.ф.-м.н. А.А.Воронцов, А.А. Кузнецов). Новая глава содержит сведения о тенденциях устройства и размещения оборудования на современных научно-исследовательских и экспедиционных судах.

Основываясь на новой концепции комплексных океанологических исследований, дается описание аппаратурного блока мониторинга состояния океана. В третьей части Руководства дано описание новой океанографической аппаратуры, используемой в настоящее время в мировой практике – батометры Нискина, системы Розетта, новые измерители течений, волнения, оптических характеристик и светового поля в море.

Практически полностью переработана глава, связанная с океанографическими наблюдениями при помощи автономных буйковых станций. Приводится описание опыта работы ААНИИ по использованию заякоренных и дрейфующих буйковых измерительных комплексов для непрерывной регистрации параметров состояния морской среды в Арктике (к.г.н. И.М.Ашик, к.г.н. С.А.Кириллов, к.ф.-м.н. К.В. Фильчук, С.А.Юновидов). В Руководство включен новый раздел, связанный со спутниковыми методами измерения параметров морей и океанов и сопряжением судовой и спутниковой информации. И наконец, завершает Руководство глава, описывающая систему автоматизации судовых измерений.

В подготовке третьего издания Руководства большое участие приняли сотрудники ИО РАН им. П.П.Ширшова (к.г.н. С.В.Гладышев, д.б.н. А.В.Гебрук, к.ф.- м.н. Л.В. Нечволодов, к.ф.- м.н. С.В.Писарев, д.т.н. Н.А.Римский-Корсаков, к.г.н. В.П. Терещенков, д.ф.-м.н. О.В. Копелевич, д.ф.-м.н. В.Н. Пелевин), ГОИН имени Н.Н.Зубова (к.ф.-м.н. В.А.Соколов, В.П.Лучков, к.г.н. А.В.Нагальский, В.В.Архипов, О.В.Кузнецова). Составители Руководства приносят искреннюю благодарность за помощь в работе сотрудникам Северного УГМС (г.Архангельск) О.Н.Балакиной, М.В. Шунину и А.С.Соломатову, а также сотрудникам Морского гидрофизического института РАН, ВНИРО, Северо-Западного УГМС, Росгидромета, ДВНИГМИ и других организаций, взявших на себя труд просмотреть рукопись и сделать ценные замечания, которые составители постарались учесть при окончательной подготовке рукописи. Общее редактирование и подготовку Руководства к изданию осуществили д.г.н. проф. В.М. Грузинов (ГОИН) и д.г.н. А.В. Соков (ИО РАН).

Предисловие ко второму изданию

В Руководстве излагаются вопросы организации экспедиционных работ в открытом океане и методы наблюдений на поверхности и в толще воды за температурой, соленостью, прозрачностью и цветом морской воды, морскими течениями, волнами, подводной освещенностью, выполняемые с экспедиционных судов и самолетов. Описываются необходимые для наблюдений приборы, аппаратура, вспомогательное оборудование и другие устройства, применяемые современными океанографическими судами, в частности описываются постановки автономных буйковых станций. Излагаются также методы первичной обработки наблюдений, в том числе с использованием ЭВМ и даются стандартные формы отчетной документации.

Второе издание существенно отличается от первого большей полнотой и современным уровнем применяемых технических средств. Руководство предназначено для широкого круга специалистов-океанографов, планирующих, контролирующих, участвующих и выполняющих экспедиционные работы на морях и океанах. Оно может быть также использовано в вузах и техникумах в качестве учебного пособия по практической океанографии.

Второе издание Руководства, сохраняя преемственность, все же существенно отличается от первого большей полнотой и новизной излагаемых вопросов.

В него вошли новые разделы, относящиеся к описанию методов определения радиоактивности воздуха, воды и донных отложений, турбулентного взаимодействия воздуха и воды, методов автоматизированной обработки океанографической информации с использованием ЭВМ; приводится подробная схема составления научно-технического отчета об экспедиции т.н. рейсового донесения; даются представления об авиационных методах наблюдений за течениями, волнением и температурой поверхности моря. В Руководстве описываются новые приборы и автоматические станции, в частности: батометры большого и малого объема, батитермограф разового действия, термогалинозонд-батометр, новые волнографы, автоматические станции «Скат», ГМ-33 и др.

Руководство составлено в Государственном океанографическом институте под руководством и редакцией кандидата технических наук Г.С. Иванова.

В его составлении приняли участие: Государственный океанографический институт – А.Н.Овсянников (гл.15,17,18), Н.Т.Филатов (гл.8 и 11), И.Ф. Кириллов и Ю.С. Токуев (гл.12), Б.А. Максимов (разделы 13.3-13.7), В.В. Виноградов (разделы 10.1-10.3, 13.9, 13.10, гл.19), И.В. Киреев (13.8), Г.С. Иванов, Л.А. Зайцев (гл.1,2), Г.С. Иванов (13.1,13.2); Л.Н.Добровольская (гл.26); Дальневосточный гидрометеорологический институт ГУГМС – В.П. Тунеголовец, В.В. Покудов, Л.К. Конопкин и К.О.Вяльяотс (гл.3,4,5,6,7); Морской гидрофизический институт АН УССР – Г.Г.Неуймин и В.И. Маньковский (гл.14), А.Е. Ерошко, В.С. Назаров (гл.21), В.И. Забурдаев (гл.22), В.В.Ефимов и А.А.Сизов (гл.23); Институт экспериментальной метеорологии ГУГМС – С.М. Вакуловский, Е.Н.Давыдов, В.Б. Чумичев и Ю.В. Краснопевцев (гл.24); Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных – Д.М. Филиппов (гл.25, п.3.9), Ю.И.Беляев (3.8); Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт ГУГМС – Г.А. Баскаков, Н.Ф. Кудрявцев, О.П. Красиков (20.4, 20.7, 20.8), Ю.К. Алексеев (11.3,15.2,15.3), М.В. Извеков (гл.9); Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн – В.В. Новыш (гл.16); Институт океанологии АН СССР – К.Т.Богданов и В.А. Ширей, а также В.А. Головастов (ДВ НИГМИ), (гл.20.1-20.3, 20.5, 20.6,20.9,20.10).

Предисловие к первому изданию

В Руководстве излагаются вопросы организации экспедиционных работ в открытом океане и методы наблюдений на поверхности и в толще воды за температурой, соленостью, прозрачностью и цветом морской воды, за морскими течениями, волнами и подводной освещенностью, выполняемых с экспедиционных судов. Описываются необходимые для наблюдений приборы, аппаратура, вспомогательное оборудование и другие устройства, применяемые современными океанографическими судами; в частности, описываются постановки автоматических буйковых станций. В Руководстве излагаются также методы первичной обработки наблюдений и даются стандартные формы отчетной документации.

Описанные методы наблюдений и обработки следует рассматривать как рекомендуемые для применения всем организациям СССР, ведущим экспедиционные океанографические исследования. В настоящем Руководстве отражена преемственность по отношению к изданному более 12 лет назад «Руководству по производству работ на стандартных гидрологических разрезах и морских гидрологических съемках» (1954г.), однако оно существенно отличается от последнего большей полнотой и современным уровнем применяемых технических средств.

Наблюдения над уровнем открытого моря, ледовыми явлениями, акустическими, электрическими и гидрохимическими характеристиками океанических и морских вод в Руководстве не рассматриваются. При выполнении этих наблюдений следует руководствоваться специальными пособиями.

В составлении Руководства принимали участие океанографические научные учреждения Главного управления Гидрометслужбы СССР, Академии наук СССР, Академии наук УССР, Министерства высшего и среднего специального образования СССР.

При окончательном редактировании Руководства были учтены замечания и предложения, внесенные многими научно-исследовательскими институтами (ААНИИ, ДВНИГМИ, ИО АН СССР, МГИ АН УССР), обсерваториями (Мурманской, Черного и Азовского морей), высшими учебными заведениями (ЛГМИ, ЛГУ, МГУ), Гидрографическим управлением Министерства обороны и другими.

Руководство составлено в Государственном океанографическом институте Л.С. Боришанским.

Отдельные параграфы составили: Я.Г. Виленский (ГОИН) - §53, 75 и 92; В.В. Новыш (ИЗМИРАН) и А.Г. Понсов §54; А.Г.Понсов (ГОИН) - §55, 56 и 98; В.В. Дремлюг (ЛВИМУ) - §57, 59 и 99; Б.Л.Лагутин (ГОИН), Н.Ф. Кудрявцев (ААНИИ) и В.А. Ширей (ИОАН) - §67-72; Г.Г.Неуймин (МГИ АН УССР) - §77, 79 и 104.

Редактор Руководства И.М.Соскин.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из первоочередных задач современной науки является проблема изучения и освоения Мирового океана, который при средней глубине около 4000 м занимает 70,8 % поверхности земного шара. Мировой океан обладает колоссальными энергетическими, пищевыми и минеральными ресурсами, и поэтому человечество должно направить свои усилия на их освоение. Человек использует ресурсы океана с древнейших времен, но только в настоящее время исследования в этой области получают поистине глобальный характер. Проблема исследования и освоения океана обусловливает развитие современной океанологии — совокупности научных дисциплин, изучающих различные аспекты природы Мирового океана: физические, химические, биологические, геологические.

Материалы океанологических исследований используются в самых различных областях человеческой деятельности, таких, как обеспечение безопасности мореплавания; создание простой надежной рабочей модели гидрологических и метеорологических прогнозов; организация и проведение рыболовства и рыбоводства, т.е. поиск и прогнозирование биопродуктивных районов; проектирование и строительство различных прибрежных сооружений; добыча разнообразного сырья из вод океана и полезных ископаемых с его дна; исследование и прогнозирование экологической обстановки, а также в интересах собственно науки, изучающей мир океана.

В результате исследований Мирового океана в последние годы была открыта сложная и тонкая динамика этого огромного естественного водоема, установлено определяющее влияние океана на климат нашей планеты. Открытие сложной системы течений, вихревых образований, тонкой термохалинной структуры значительно усложнило задачу разработки общей теоретической модели динамики океана, поскольку для создания такой модели и особенно ее практической проверки требуется огромный экспериментальный материал о пространственно-временной изменчивости гидрофизических параметров.

Океанологические измерения, ведущиеся в динамически неустойчивой стратифицированной среде, физико-химические параметры которой изменяются как во времени, так и в пространстве, выдвигают жесткие требования к организации, методике и технике производства наблюдений. Пренебрежение может привести к ошибочной интерпретации результатов измерений. На основе существующих представлений об особенностях изменчивости океанологических условий решается обширный круг задач, касающихся определения продолжительности и пространственно-временной дискретности измерений, их репрезентативности, выбора аппаратуры с оптимальной постоянной времени и чувствительностью, определения скорости перемещения измерительной аппаратуры в исследуемой среде.

Для того чтобы составить правильное представление об океане и заложить основу системы оперативных наблюдений, проводятся разнообразные исследования. И хотя к настоящему времени в изучении океана достигнуты определенные успехи, следует все же заметить, что наши знания об океане еще очень недостаточны.

Океан — необыкновенно сложная система, и для понимания его поведения необходимы колоссальные усилия и немалое время. Поэтому решение всех океанологических проблем возможно лишь усилиями всех стран, занимающихся исследованиями океана, путем накопления данных и последующего их анализа и обмена информацией.

Для получения более качественной и полной информации о природе процессов, протекающих в Мировом океане, особенно в глобальном масштабе, осуществляются крупные международные проекты. Но, как правило, все они рассчитаны максимум на 10—15 лет. Масштабы же временной изменчивости многих процессов в океане выходят за рамки этих сроков. Поэтому на повестку дня встает вопрос о создании автоматической измерительной системы для проведения систематических долгосрочных наблюдений в глобальном масштабе.

Подобная система должна будет проводить комплексные измерения в приводном слое, а также гидрологических, гидрохимических параметров и биологических процессов во всей толще океана. Система, по возможности, должна использовать максимально автоматизированные методы измерений. Основные координационные элементы должны включать в себя численные

оперативные модели, управление данными и информацией, международную координацию и надзор. И конечно же, система должна быть эволюционной, т. е. видоизменяться по мере увеличения наших знаний об океане и появления технических разработок, указывающих новые пути к достижению целей.

Гигантские пространства океанов и морей служат источником громадных богатств - энергоносителей, минеральных ресурсов, разнообразной флоры и фауны, рекреационного и транспортно-коммуникационного потенциала. Океаны служат в качестве источника и резерва устойчивого развития.

Для управления морской средой и морской деятельностью наряду с фундаментальными знаниями о закономерностях функционирования и динамики экосистем океанов и морей на глобальном и региональном уровнях необходимы адекватные поставленным задачам современные системы океанографических наблюдений.

Настоящее Руководство как методический документ устанавливает основные современные принципы организации океанографических работ, проводимых на научно-исследовательских судах, автономных буйковых станциях, подводных обсерваториях, космических аппаратах в морях и океанах или над ними с целью получения информации о состоянии морских и океанических объектов и протекающих в них процессах, а также методические принципы выполнения основных видов измерений (наблюдений) океанографических параметров и их обработки и представления для практического использования. Традиционные судовые океанографические работы проводятся на отдельных океанографических станциях, на последовательных рядах станций – океанографических разрезах и в виде океанографических съемок, выполняемых на станциях и разрезах одним судном или группой судов с целью получения информации о пространственном распределении океанографических величин в определенный период времени в исследуемом районе моря или океана.

Исследованиями Мирового океана в России занимаются многие ведомства: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) со своими научными учреждениями, такими как Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ, Санкт-Петербург), Государственный океанографический институт (ГОИН, Москва) с отделениями в Санкт-Петербурге и в Севастополе, Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ДВНИГМИ, Владивосток) с разветвленной сетью прибрежных и островных гидрометеостанций; Российская академия наук, ведущей организацией которой в этой области является Институт океанологии (Москва), имеющий отделения в Санкт-Петербурге, Калининграде, Геленджике, Архангельске и к которой относятся Тихоокеанский океанологический институт, Акустический институт и др.; Министерство обороны с Управлением навигации и океанографии (УНиО), которое имеет свои научные институты и территориальные экспедиции.

Ведущей организацией в рыбной промышленности является Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) в Москве; к территориальным относятся: Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) в Мурманске и его отделением в Архангельске (СевПИНРО), Атлантический институт рыбного хозяйства и океанографии (АтлантНИРО) в Калининграде, Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) во Владивостоке, а также бассейновые управления промысловой разведки. Исследованиями океана занимаются и некоторые другие ведомства, в частности, Министерство природных ресурсов и экологии РФ (МПР).

Руководство определяет положения по организации и проведению основных видов современных океанографических работ, по обработке и архивации результатов наблюдений для создания информации и информационной продукции о состоянии морской природной среды и ее загрязнении.

Часть I. ОРГАНИЗАЦИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Глава 1. Общие сведения об океанографических работах в океанах и морях

1.1 Задачи и средства океанографических работ

Комплекс наблюдений, измерений и обработки, проводимый в океанах и морях с целью получения информации об их состоянии и протекающих в них процессах, носит общее название «океанографические работы». Гидрологические, гидрохимические и гидробиологические работы в океанах выполняются для получения в режиме реального или задержанного времени необходимой информации о текущем состоянии морской или океанической среды и обеспечения прогнозирования их будущего состояния, а также проведения научных исследований. Эти работы должны проводиться с максимальным использованием современных стандартизированных приборов и методов, обеспечивающих сравнимость полученных результатов. Наблюденные данные должны быть представлены в электронном виде в установленных форматах, переданы в оперативные органы и заинтересованные организации в соответствии с действующими руководящими документами. По окончании океанографических экспедиционных работ должны составляться научно-технические отчеты о выполненных работах с оценками их результатов и оформленными базами данных.

Океанографические работы и измерения направлены на определение и оценку состояния водной среды и протекающих физических, химических и биологических процессов на поверхности и в толще вод океанов и морей. Океанографические работы позволяют получать необходимую информацию о пространственном распределении параметров, характеризующих состояние морской среды, морских биоценозов и загрязнения морских вод.

1.2 Научно-исследовательские суда

Научно-исследовательские суда (НИС) остаются основным средством исследования морей и океанов. Основной функцией НИС является сбор и первичная обработка информации о Мировом океане, атмосфере над ним, строении дна, морской флоре и фауне.

НИС подразделяются на универсальные и специализированные. Для исследования внутренних морей и шельфовой части океана используются специализированные суда небольшого водоизмещения, выполняющие региональные задачи. Универсальные океанические НИС предназначены для длительных исследований океана по специализированным или комплексным программам. Они должны удовлетворять повышенным требованиям к мореходности, точности навигации, универсальности, маневренности, устойчивости хода по курсу, низкого уровня шума и вибраций. Как правило, эти суда проводят исследования по различным программам без существенного переоборудования их между рейсами, поэтому на них существуют оснащенные аппаратурой лаборатории по всем разделам океанологии. Современные НИС оборудованы подруливающими устройствами и успокоителями качки. Подруливающие устройства позволяют удерживать судно носом на волну, компенсировать дрейф судна, могут длительное время удерживаться в заданной точке океана (океанографической станции), противостоя ветровому дрейфу и морскому течению. На современных судах устанавливаются спутниковые и радионавигационные системы навигации.

В настоящее время традиционная роль НИС в исследованиях морей и океанов существенно изменилась в связи с появлением принципиально новых средств и методов исследования океана, а также накоплением новых знаний, значительно изменивших представления о природе океанографических процессов, механизмов и явлений. Внедрение в практику экспериментальных океанологических исследований новых систем сбора информации и создание автономных океанографических систем наблюдения в морях и океанах позволяет сократить объем рутинных измерений в рейсах НИС. Однако, значительное количество гидробиологических,

гидрохимических и геофизических наблюдений требуют проведения лабораторных анализов, поэтому НИС в течение определенного времени останутся одним из элементов в системе сбора экспериментальных данных и основным средством проведения специализированных и междисциплинарных экспериментальных гидробиологических, гидрохимических и геофизических исследований. Экспедиционные исследования с использованием НИС остаются эффективным средством контроля качества работающих автономных океанографических систем и являются основным инструментом для проведения комплексных исследований акваторий океанов, морей и атмосферы над ними, мониторинга состояния и загрязнения морской среды, а также целевых экспериментов на фоне данных автономных систем с целью исследования процессов, охватывающих различные частотные диапазоны изменчивости параметров гидрофизических полей в морях.

Специфика океанографических работ предъявляет к экспедиционным судам определенные требования. НИС должны обладать хорошей мореходностью и выполнять во время рейса океанографические работы как во время передвижения судна на малом ходу, так и в дрейфе и при постановке на якорь при волнении до 6 баллов.

Научно-исследовательские суда, в зависимости от конкретного назначения судна, оборудуются высокопроизводительным движительно-рулевым комплексом с подруливающими устройствами, устройствами успокоения качки, механизации забортных работ (специальными лебедками и спуско-подъемными устройствами), механизмами для буксировки аппаратуры и обслуживания глубоководных аппаратов, слиповыми устройствами для буйковых постановок. Эти суда плавно изменяют скорость хода от нулевой до максимальной, разворачиваются при минимальном радиусе циркуляции, перемещаются бортом вперед при забортных работах, дрейфуют без сноса ветром или течением. Все суда имеют определенное число удобно расположенных лабораторий, снабженных энергопитанием, и в которых может быть размещена необходимая аппаратура, вестись первичная обработка результатов наблюдений, подготовка и ремонт приборов и оборудования. НИС должны быть оборудованы совершенными навигационными комплексами и бортовыми вычислительными системами.

В зависимости от поставленных задач и района работ могут использоваться крупные суда для комплексного исследования океана, среднетоннажные суда для тематических исследований океана, малые суда для континентального шельфа, малые суда для исследований мелководья и суда-катамараны.

Крупные НИС имеют водоизмещение 4600-6900 и более т., скорость хода 13-18 узлов, дальность плавания 8-17 тыс.миль, автономность 40-100 суток. Судовая команда на этих судах состоит из 30-85 чел., а численность научного и экспедиционного состава колеблется от 15 до 80 чел.

Среднетоннажные НИС имеют водоизмещение 900-2000 т, скорость хода 12-15 узлов, дальность плавания 8-12 тыс. миль, автономность - 20-30 суток. Судовая команда на них состоит из 25-40 чел., а научный состав из 10-20 чел.

Малые суда для континентального шельфа имеют водоизмещение 250-550 т, скорость хода 10-13 узлов, дальность плавания 4-8 тыс. миль, автономность 20-30 суток. Судовая команда состоит из 15-27, а научный состав из 4-12 человек.

Малые суда для исследования мелководий имеют водоизмещение 70-200 т, скорость хода 8-11,5 узлов, дальность плавания от 300 до 3000 миль, автономность 3-20 суток, судовую команду в составе 2-20, экспедиционный состав 2-10 чел.

Суда-катамараны имеют водоизмещение от 1 до 4400 т, скорость 6,5-20 узлов, дальность плавания 200-10000 миль, автономность 1-50 суток, команду 2-90 чел., научный состав 2-40 чел. Катамараны вследствие большой стоимости строительства, несмотря на ряд достоинств, широкого распространения не получили, за исключением малых судов длиной менее 25 м.

По архитектуре надстроек экспедиционные суда подразделяются на несколько типов:

1) суда с баком и кормовой удлиненной надстройкой и суда с носовой и средней надстройками. Они имеют довольно небольшую площадь открытой части палубы, поэтому часть аппаратуры приходится опускать в воду с палуб надстроек, что увеличивает опасность удара приборов о борт судна при качке;

2) суда со средней надстройкой, где для проведения работ используется носовая и кормовая части верхней палубы. В этом случае при сильном волнении рабочие палубы могут заливаться водой, что затрудняет проведение экспедиционных работ;

3) суда с удлиненным баком, переходящим в среднюю надстройку. Эти суда лишены указанных выше недостатков. В последнее время стали появляться суда со смещенной к одному борту надстройкой, что позволяет увеличить рабочую площадь и защиту от ветра и волнения.

Практика эксплуатации НИС показывает, что для работы судна в океане его водоизмещение должно быть не менее 500т. С учетом возможности развития экспедиционных исследований в океане наибольший практический интерес представляют суда водоизмещением 2000-4000т. По данным специальных исследований выяснилось, что оптимальным для океанского плавания является судно водоизмещением примерно 4000 т, а для морского - 1250.

1.3 Океанографические буи

Среди различных систем наблюдений за параметрами водной среды и приводного слоя атмосферы автономные буйковые станции, или, кратко, буи, являются наиболее дешевым и, в тоже время, весьма эффективным техническим средством. С их помощью возможно непрерывное получение информации о состоянии природной среды в заданном районе океана в течение длительного времени.

Современные буи оснащены системами телеметрии для передачи в режиме реального времени данных об измеряемых параметрах на береговые станции сбора информации. В последние годы данные поступают в среднем примерно с 1400 буев, около половины которых направляют сводки данных в Глобальную систему телесвязи для свободного использования. С 1986 г. Служба данных по морской среде (MEDS) Канады выступает от имени Межправительственной океанографической комиссии и Всемирной метеорологической организации в качестве уполномоченного центра по архивации данных дрейфующих буев. Эта служба архивирует в среднем свыше 300 000 сводок BUOY в месяц, получая сводки от более чем 800 буев.

Буи, как автономные платформы для проведения измерений, можно разделить на две большие группы: стационарные и дрейфующие, которые в свою очередь делятся на подгруппы. По назначению (области применения) буи также можно разделить на две группы: океанографические (гидрологические) и метеорологические в связи с тем, что развитие технологий измерений с буев вызывалось главным образом растущими потребностями океанографических исследований и оперативной метеорологии. Следует заметить, что со многих буев производятся измерения как океанографических (гидрологических), так и метеорологических параметров среды, поэтому деление буев по назначению на океанографические и метеорологические не вполне строгое.

Существуют и другие классификации буев, например, классификация Группы сотрудничества по буям и сбору данных (DBCP), осуществляющей под эгидой Межправительственной океанографической комиссии и Всемирной метеорологической организации координацию буйковых наблюдений в рамках международных и национальных проектов. Согласно классификации DBCP буи подразделяются на 4 группы: дрейфующие буи, ледовые буи, заякоренные буи и подповерхностные поплавки.

Стационарный буй удерживается в малой окрестности заданной точки водной среды с помощью якоря, лежащего на дне. Приборы для проведения измерений размещаются на тросе, соединяющем буй (плавучесть) и якорь, а также на плавучести, если необходимо проводить измерения на границе вода-воздух. С помощью стационарных буев получают данные о временной изменчивости гидрометеорологических характеристик среды в заданных точках акватории.

Среди многообразия стационарных буев можно выделить буи с поверхностной плавучестью, притопленной плавучестью, придонные буи и буи-лаборатории

Дрейфующий буй (дрифтер) не фиксирован в пространстве с помощью якоря и поэтому перемещается по акватории водоема вследствие воздействия течения, ветра и волнения. Приборы для проведения измерений располагаются в самом буе (плавучести) и/или в зависимости от конструкции дрифтера подвешиваются к плавучести снизу на тросе.

Типы дрейфующих буев – поверхностные, глубинные, профилирующие, а также ледовые.

К океанографическим относятся стационарные и дрейфующие буи, с которых производятся измерения гидрологических или главным образом гидрологических (и частично метеорологических) параметров среды – в первую очередь, это скорости течений и температура воды на разных глубинах. Например, для измерений поверхностных течений были разработаны океанографические лагранжевые дрейфующие буи типа SVP. Впоследствии на буях SVP, имеющих как правило, термистор для измерения поверхностной температуры воды, стали также размещать датчики атмосферного давления; такие буи получили аббревиатуру SVPB. Тяжелые метеорологические дрейфующие буи (например, буи типа FGGE) не пригодны для адекватного отслеживания поверхностных течений.

Океанографические буи собирают информацию о скорости и направлении течений, температуре воды на различных горизонтах, высотах, периодах и направлении волн, уровне воды (приливах). С их помощью возможен мониторинг профиля течений в режиме реального времени. При необходимости океанографические буи оснащаются датчиками для определения качества воды, видимости/мутности, pH, растворенного кислорода и др. Описание ряда океанографических буев можно найти на сайте www.ckb-gmp.ru.

Типичный морской заякоренный метеорологический буй оснащен датчиками для измерения следующих параметров среды на границе воздух-вода: скорость и направление ветра, атмосферное давление, температура воздуха и воды, высота волны и период, точка росы или относительная влажность. Дополнительно на некоторых типах метеорологических буев (например, Triton) могут измеряться такие параметры, как солнечная радиация, атмосферная видимость, осадки, волновой спектр, соленость, скорости течений, подповерхностная температура до глубины несколько сотен метров (WMO/CIMOGuideNo.8, 2006, chapter 4.3).

Дрейфующие метеорологические буи главным образом измеряют атмосферное давление, а также температуру воздуха и воды. На дрейфующих буях типа FGGE измеряются также скорость и направление ветра.

Стационарные поверхностные буи - это буи, у которых основная поддерживающая плавучесть расположена на поверхности воды. Обычно в отечественной океанологической практике использовались пенопластовые несущие буи цилиндроконической формы грузоподъемностью от 175 до 2300 кг. В США в качестве несущего буя зачастую используется буй тороидальной формы грузоподъемностью до 2500 кг - см, например, описание буя 3mAXYS.

С помощью буйковой станции с поверхностным несущим буем можно проводить измерения гидрофизических характеристик во всей толще воды на заданных горизонтах наблюдений (с погрешностью примерно ±0,5 % от глубины) с достаточной стабильностью положения приборов на этих горизонтах при переменной скорости течения, и, кроме того, выполнять метеорологические наблюдения. К недостаткам такой станции следует отнести ухудшение качества измерений из-за вертикальных колебаний и горизонтальных движений буя (под действием ветра, волнения и течения), передаваемых через трос на приборы, а также сравнительно невысокая надежность при длительных постановках из-за сложных гидрометеоусловий и агрессивного воздействия морской воды на несущий трос.

Буйковые станции с притопленной несущей плавучестью не подвергаются непосредственному воздействию ветра и поверхностного волнения, в результате чего обладают более высокой надежностью и обеспечивают лучшее качество измерений, чем станции с поверхностной несущей плавучестью. Их недостатки - невозможность измерений в верхнем, деятельном слое океана, расположенном выше притопленного буя, невозможность метеорологических наблюдений и практическая невозможность размещения приборов на заданных горизонтах измерений при неровном дне. Последний недостаток затрудняет использование станций с притопленной плавучестью на гидрофизических полигонах, когда необходимо разместить приборы на единых горизонтах для всех буйковых станций. Кроме того, если у станций с поверхностной плавучестью заметные перемещения по глубине при переменной скорости течения возможны только у глубинных приборов, где вертикальные градиенты измеряемых величин обычно минимальны, то на станциях с притопленной плавучестью наибольшие вертикальные смещения приборов происходят в верхней части исследуемой толщи вод (с глубиной они уменьшаются), где градиенты значительны. Приведение данных измерений к заданному горизонту для станций с притопленной плавучестью требует измерений

гидростатического давления на горизонтах измерений и учет вертикальных перемещений приборов при обработке данных измерений.

Станции с распределенными притопленными плавучестями являются разновидностью станций с притопленной плавучестью. Распределение плавучестей по глубине станции позволяет равномерно распределить нагрузку на буйреп и в большей степени гарантировать отсутствие провисания буйрепа. Такие станции обеспечивают лучшую стабильность положения приборов на горизонтах при переменной скорости течения, чем станции с одиночной притопленной плавучестью.

Автономные придонные станции предназначены для исследования океанского дна и придонных слоев. Часто в такой станции отсутствует специальный буй, поддерживающий станцию в вертикальном состоянии, а корпусы приборов обладают положительной плавучестью и всплывают при освобождении от якоря-груза. Во многих случаях акустический размыкатель монтируется непосредственно в корпусе прибора.

В качестве примера ниже на рисунке схематически показано устройство донной станции для сейсмических исследований. В ней блок сейсмоприемников, регистрирующих сейсмические колебания, лежит на океанском грунте, а основной блок приборов, содержащий записывающую часть, размыкатель и источники питания, заякорен на расстоянии 3...20 м от дна. Между собой блоки связаны гибким кабель-тросом, демпфирующим колебания и шумы основного блока, которые могут создавать помехи в работе сейсмоприемников. Основной блок имеет достаточную плавучесть, чтобы при отсоединении якоря-груза поднять на поверхность оба блока.

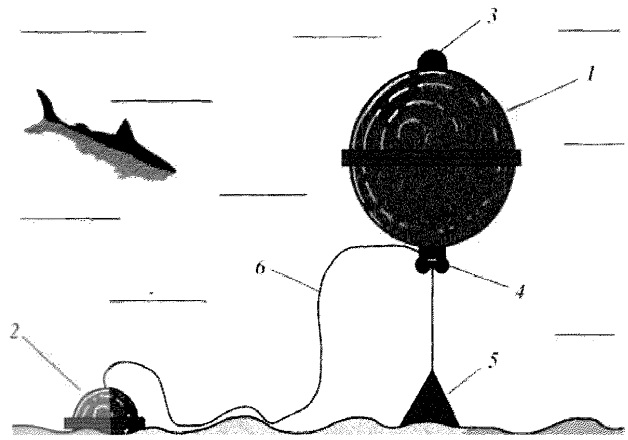


Рис. 1.1 Сейсмическая донная станция (ИО РАН):
1 - основной блок электроники; 2 - блок сейсмоприемников;
3 - гидроакустическая антенна размыкателя;
4 - механизм размыкателя; 5 - якорь-груз; 6 - гибкий кабель-трос

Другой пример донной станции для мониторинга цунами см. по адресу http://nctr.pmel.noaa.gov/Dart/index.html

Обитаемые и автономные буи-лаборатории могут эксплуатироваться в широком диапазоне морских глубин от поверхности до придонного слоя. В отличие от обычных заякоренных буйковых станций на буях-лабораториях размещаются целые измерительные комплексы для одновременного измерения большого числа параметров. Такие буи рассчитаны на длительный срок постановки. К их достоинствам следует отнести также хорошую пространственную стабилизацию и относительно высокую устойчивость, что позволяет обеспечивать океанологические измерения в заданной точке с заданной ориентацией.

Поверхностные дрейфующие буи имеют плавучесть на поверхности воды. К этой плавучести обычно подсоединен на тросе подводный парус-якорь-драга, располагающийся на некотором расстоянии (от нескольких метров до сотен метров) ниже поверхности воды. Океанографические буи лагранжевого типа свободно перемещаются вместе с водой поверхностного слоя океана; для этого их габариты, плавучесть и загрузка рассчитываются таким образом, чтобы подводная

парусность во много раз превосходила парусность надводной части, что сводит до минимума влияние ветра на движение буя. Такие буи дают информацию о скорости движения воды вдоль траектории дрейфа. На ранних этапах использования дрейфующих буев их локация осуществлялась с сопровождающего судна с помощью судовых навигационных средств. Теперь для этой цели используется система спутникового слежения за дрейфом буев.

Наиболее массовое применение в океанографии нашли поверхностные дрейфующие буи типа SVP, разработанные для подпрограммы Surface Velocity Program программы World Ocean Circulation Experiment (1988-2003).

Глубинные буи нейтральной плавучести (sub-surface floats) могут запускаться на различных заданных горизонтах, для которых они уравновешены по плавучести, и дрейфовать на этих горизонтах в течение нескольких лет. Ранее дрейф глубинных буев отслеживался при помощи акустических средств либо с судна (поплавки Своллоу), либо с береговых или буйковых станций, использовавших звуковые каналы для дальней локации источников акустических сигналов (поплавки RAFOS). Впоследствии были разработаны глубинные буи нейтральной плавучести ALACE, которые периодически всплывали и передавали данные о своем местоположении и записанную информацию (температуру) через спутники.

Профилирующий буй обычно комплектуется тремя датчиками - давления, температуры и электропроводности. Первоначально он сбрасывается на поверхность воды с судна или самолета. Далее буй несколько часов остается на поверхности, передавая на спутник свои параметры, затем погружается на горизонт дрейфа (2000 м в проекте АРГО), где свободно дрейфует в течение 10 суток. При всплытии на поверхность производятся измерения температуры и солености (электропроводности). Продолжительность работы буя составляет несколько лет.

Разработано несколько моделей профилирующих буев, однако наибольшее распространение получили буи модели APEX, обладающие лучшими эксплуатационными показателями. Являясь более дешевым средством, профилирующие буи пришли на смену традиционным измерениям профилей температуры и солености, выполняемым с борта судна с помощью различного рода зондов, в том числе и отрывных зондов XBT.

Буи, разработанные для работы в полярных условиях, предназначены для измерения традиционных метеорологических параметров, а также характеристик льда и снега (температуры льда/снега, температурного профиля внутри льда, толщины и напряжения льда) и воды подо льдом. Локация перемещения ледового буя позволяет производить оценки перемещения льда.

1.4 Сеть буев-профилемеров АРГО

Программа развертывания сети буев-профилемеров АРГО является одной из важнейших программ ВМО и МОК. В реализации программы участвуют 14 стран (Австралия, Великобритания, Германия, Дания, Индия, Испания, Канада, Китай, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Россия, США, Южная Корея и Европейская Комиссия), но все получаемые данные наблюдений температуры и солености распространяются открыто. Предполагается, что реализация программы АРГО внесет значительный вклад в совершенствование сезонных прогнозов и развитие оперативной океанографии.

Буи-профилемеры программы АРГО свободно дрейфуют на глубинах между 1500 м и 2000 м, поднимаясь к поверхности каждые 10 дней. Находясь на поверхности буи определяют координаты и транслируют измерения температуры и солености через систему АРГОС прежде, чем погрузиться на заданную глубину и продолжить новый цикл измерений. Схема работы буя представлена на Рис. 1.2. Предполагается, что каждый буй проекта АРГО будет работать от четырех до пяти лет, осуществив около 150 измерительных циклов.

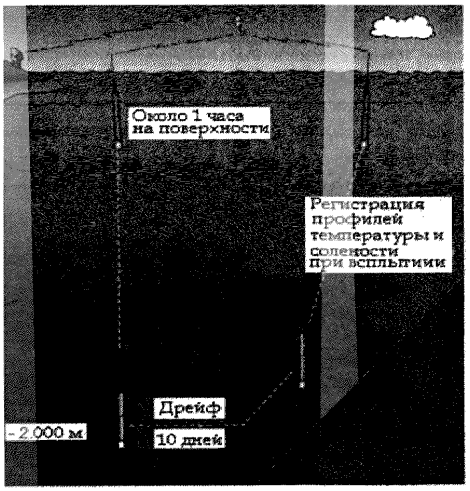


Рис.1.2 Схема работы буя-профилемера программы АРГО

К настоящему времени в программе АРГО используются три типа буев-профилемеров. Все буи работают одинаковым образом, но слегка различаются по конструкции. Производителями буев PROVOR является компания MARTEC из Франции. Буи APEX производит фирма Webb Research Corporation в США, а буи SOLO спроектированы и изготавливаются Скриппсовским Океанографическим Институтом (США). На буях используется два типа измерителей температуры и солености – фирм SBE и FSI. Датчики температуры имеют стабильность в несколько миллиградусов в течение пяти лет. Измерения температуры и солености сначала записываются на компьютер, вмонтированный в буй, а затем, когда буй всплывет на поверхность, передаются на спутник.

Большинство буев программы АРГО определяют координаты и передают результаты измерений через систему АРГОС. Скорость передачи данных в этой системе такова, что гарантирует безошибочный прием информации и определение координат при любых погодных условиях, если буй находится несколько часов на поверхности океана. Определение координат буя осуществляется системой АРГОС с точностью около 100 м в зависимости от числа спутников, доступных в течение времени, когда буй находится на поверхности, и от геометрии их расположения. Существует и используется, однако, альтернатива системе АРГОС, основанная на размещении на буе датчика Глобальной Системы Позиционирования (GPS) и передаче данных через коммуникационные спутники систем Iridium и Orbcomm. Преимущество такого подхода заключается в том, что коммуникационные системы позволяют передавать больший объем данных в течение более короткого промежутка времени нахождения буя на поверхности океана и даже осуществлять коррекцию программы работы буя.

Программа АРГО решает несколько задач. Буи-профилемеры этой программы осуществляют количественное описание изменений, происходящих в верхнем слое океана, включая теплозапас, солезапас и перенос этих субстанций. Измерения буями-профилемерами дополняют альтиметрические наблюдения реальными профилями температуры и солености и данными о скорости течении с приемлемым временным и пространственным разрешением, что позволяет существенно повысить качество интерпретации спутниковых измерений топографии морской поверхности. С использованием буев-профилемеров программы АРГО впервые в истории океанографии будет осуществлено детальное описание динамики верхнего слоя океана. Данные программы АРГО позволяют осуществить инициализацию моделей океанической циркуляции и объединенных моделей океана и атмосферы. Осуществление ассимиляции данных дрейфующих буев в моделях морской динамики в режиме времени, близком к реальному, позволит существенно улучшить качество прогнозов погоды.

Одним из основных выходов программы АРГО должно явиться документирование изменчивости полей океана на масштабах от сезона до десятилетий. Поскольку около 50%

наблюдаемого увеличения теплосодержания в климатической системе атмосфера–суша–океан в течение последних 50 лет наблюдалось в океане, программа АРГО существенно повышает уровень понимания предсказуемости климатических изменений этой системы.

Более подробные сведения о проекте «Арго» содержатся в разделе 9.4.

1.5 Наблюдения с попутных судов

Одним из относительно недорогих и одновременно эффективных методов организации регулярных наблюдений является использование коммерческих судов для производства океанографических наблюдений. При наличии современных портативных средств измерений и спутниковых каналов связи получение информации о морской и воздушной средах в открытом океане оказывается возможным при минимальном вложении средств по сравнению с использованием специализированных судов. Оборудовав соответствующим образом суда, работающие по расписанию, и обучив штурманский состав производству измерений, удается проводить гидрометеорологические наблюдения на регулярной основе. Разумеется, наблюдения с попутных судов привязаны к традиционным маршрутам мореплавания, однако они являются хорошим дополнением к спутниковым наблюдениям и к данным, получаемым с помощью свободно-дрейфующих буев. Такой комплексный подход позволяет повысить разрешающую способность сети наблюдений и восполнить недостатки прочих средств наблюдений.

С целью использования попутных судов как средства проведения гидрометеорологических наблюдений, ВМО и МОК создали программу SOOP (Shih-of-Opportunity Program). Целью этой программы является проведение наблюдений в приводной атмосфере и верхнем слое океана согласно требованиям GOOS и GCOS. Программа SOOP ориентирована, прежде всего, на поддержание оперативного функционирования сети наблюдений с помощью теряемых батитермографов (XBT), однако постепенно номенклатура оперативных наблюдений с попутных судов расширяется. Данные этой сети удовлетворяют многообразные потребности различных пользователей, таких как рыболовная индустрия, транспортные компании и др., посредством ассимиляции наблюдений в моделях циркуляции океана либо с использованием других схем анализа. Одной из важных задач программы является выработка подходов к оптимальному использованию данных, получаемых с попутных судов, свободно-дрейфующих буев и со спутников.

Помимо XBT-зондов, при проведении наблюдений с попутных судов все более широко используются также теряемые профилемеры, измеряющие электропроводность, температуру и глубину. Кроме того, многие суда оборудуются термосолинографами, с помощью которых проводится непрерывная регистрация температуры и солености поверхностного слоя на ходу судна. Забортная вода при этом закачивается насосом в специальный резервуар, а координаты точек, к которым привязываются измерения, определяются с помощью спутниковой системы глобального позиционирования GPS. Все данные измерений оперативно передаются в центр обработки через спутники.

Отдельные попутные суда оснащаются также акустическими доплеровскими профилемерами течений ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). ADCP обычно устанавливается под водой на корпусе судна. Для учета собственного движения прибора и вычисления скорости течений также используется система спутникового позиционирования.

В отдельных случаях с попутных судов проводятся измерения парциального давления углекислого газа в поверхностных водах океана. Измерения проводятся посредством приведения к равновесию пробы воды и углекислого газа известной концентрации. После установления равновесия анализ проводится стандартным хроматографическим методом.

Каждое судно, участвующее в программе оснащено системой сбора данных измерений, отвечающей общему стандарту. Данные низкого разрешения передаются через спутниковые системы связи, интернет или радио в форматах БАТИ и ТЕСАК. В дальнейшем они свободно распространяются через Глобальную Телекоммуникационную Сеть. Данные высокого разрешения записываются на магнитные носители и затем передаются в Мировые Центры Данных.

1.6 Виды океанографических наблюдений и работ

Океанографические работы — это комплекс измерений и обработки, производимых в океане (море) с целью получения информации об их состоянии и протекающих в них процессах. Для обеспечения единообразия и сравнимости получаемой информации, что является необходимым условием ее научного обобщения и практического применения, все океанографические работы должны проводиться с максимальным использованием стандартных методов проведения наблюдений с помощью поверенной аппаратуры. В зависимости от назначения все океанографические работы можно разделить на стационарные, эпизодические, попутные и специализированные.

Стационарные наблюдения необходимы для получения наиболее полных рядов наблюдений за всем многообразием явлений, протекающих в данной точке Мирового океана или в каком-то его районе, а также для исследования многолетней изменчивости океанологических характеристик. Эти наблюдения ведутся непрерывно или систематически повторяются через определенные, по возможности более короткие, промежутки времени в течение ряда лет. Стационарные наблюдения проводятся на береговых и островных гидрометеорологических станциях (ГМС) и постах (ГМП), а также с помощью автономных автоматических телеметрических гидрометеорологических станций; на рейдовых станциях; на океанографических разрезах; при выполнении океанографических съемок и т. д.

Рейдовая станция — океанографическая станция (т. е. географическая точка в Мировом океане, где производятся океанографические работы) в прибрежной зоне моря с постоянными географическими координатами, выполняется регулярно. Рейдовые наблюдения выполняются прибрежными ГМС I и II разрядов с малотоннажных судов, стоящих на якоре (а зимой со льда), один или несколько раз в месяц для изучения гидрометеорологического режима и его изменчивости в прибрежной части моря в районе расположения ГМС. Место нахождения рейдовой станции должно наиболее полно характеризовать гидрологический режим всей прилегающей акватории. В зависимости от задач и района исследований рейдовые станции бывают эпизодическими, полусуточными, суточными и многосуточными. Результаты наблюдений на рейдовой станции служат «связью» между результатами береговых наблюдений и результатами наблюдений, выполненных в открытом море. В том случае, если океанографический разрез начинается в районе расположения рейдовой станции, последняя является станцией разреза.

На морях с приливами для получения качественных данных о полном цикле приливных явлений рейдовые наблюдения проводятся на суточной станции продолжительностью не менее 26 ч в середине каждого месяца. На морях без приливов наблюдения проводятся пять раз в месяц: 1, 7, 13, 19 и 25 числа. Горизонты наблюдений (глубина, на которой проводятся измерения океанографических элементов или отбор проб) на рейдовой станции те же, что и на станциях океанографических разрезов, но с добавлением горизонтов 5, 15, 25 и 35 м. При глубинах станции менее 12 м назначается дополнительный горизонт 3 м.

На рейдовой станции выполняют следующие гидрометеорологические наблюдения: определение глубины, температуры, солености или удельного веса воды, измерения направления и скорости течения на стандартных горизонтах, определение цвета и прозрачности воды, типа, формы, направления, длины, периода волн, состояния поверхности моря, степени волнения, определение температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, облачности, метеорологической видимости, наблюдения за атмосферными явлениями, а также при необходимости и ледовые наблюдения. Все наблюдения проводятся через 3 час в синоптические сроки гринвичского времени (0,3,6,9,12,15,18,21). Наблюдения над течениями в приливных морях проводятся не реже чем один раз в час, в неприливных морях – не реже чем через 2 час.

Океанографический разрез — последовательный ряд океанографических станций, расположенных по определенному направлению и выполняющихся в кратчайшее время. Различают стандартный разрез (океанографический разрез, станции которого закреплены на много лет постоянными географическими координатами) и вековой разрез (стандартный океанографический разрез, выполняемый регулярно, через определенные интервалы времени, в

течение многих десятилетий). В настоящее время на всех морях и океанах имеются постоянные сетки океанографических разрезов. Задачей таких стационарных исследований является изучение всего комплекса процессов, протекающих в водной толще, а также исследование многолетних изменений элементов гидрологического и гидрохимического режимов отдельных морей и больших акваторий океанов. Океанографические разрезы, пересекая всю исследуемую водную акваторию, располагаются в прибрежной области, в зоне открытого моря или переходят из одной области в другую. По своему расположению разрезы носят условные названия: прибрежные океанографические разрезы и океанографические разрезы открытого моря. Океанографические разрезы располагают так, чтобы наблюдения на них были репрезентативными для всей исследуемой акватории, т.е. характеризовали гидрологические и гидрохимические элементы в изучаемом районе, их сезонный и вековой ход, условия формирования этих элементов и их аномалий. Обычно разрезы пересекают основные струи господствующих течений, а иногда располагаются по их осям с целью изучения переноса и трансформации водных масс. Разрезы должны проходить от берега через прибрежную часть в открытое море до границы исследуемого района или до противоположного берега.

При планировании расположения и протяженности разрезов нельзя опираться на какой-либо единый стандарт, применимый к любому морскому району, а всегда должны учитываться местные условия с целью обязательного достижения репрезентативности наблюдений.

Расстояние между океанографическими разрезами и размещение океанографических станций на них зависят от изменчивости гидрологических элементов в исследуемом районе, т.е. число станций должно быть больше в зоне повышенной изменчивости гидрометеорологических элементов (зоны гидрологических фронтов, прибрежные области) и меньше в зоне большего однообразия этих элементов (например, открытое море). Обычно расстояние между станциями на разрезах в открытом океане устанавливают в пределах 60—120 миль, в морях 30—60 миль, в зонах повышенной изменчивости 10—30 миль и менее. Однако число станций не должно быть большим, так как основной задачей наблюдений на океанографических разрезах являются быстрота и возможно большая их синхронность. Разрез должен быть выполнен за время, за которое изменение гидрометеорологических характеристик было бы минимальным.

При выполнении работ на океанографическом разрезе с целью выяснения возможных изменений гидрологических элементов за время проведения наблюдений целесообразно в начале, середине и конце разреза осуществлять постановку автономных буйковых станций с соответствующими самописцами на многочасовую, суточную или многосуточную работу.

При проведении работ в море выполняются океанографические станции, которые делятся: по продолжительности — на разовые, многочасовые, полусуточные, суточные, многосуточные; по положению судна, с которого ведутся работы, — на якорные и дрейфовые; по числу выполнения гидрологических серий (наблюдений, выполненных комплексом приборов, одновременно опускаемых для океанографических измерений и отбора проб на заданных горизонтах) — на односерийные и многосерийные. Кроме того, при выполнении разрезов работы проводятся и на ходу судна.

На ходу судна могут выполняться следующие виды работ: срочные гидрометеорологические наблюдения; измерения температуры поверхностного слоя моря; измерения распределения океанологических характеристик по глубинам с помощью различной буксируемой и зондирующей аппаратуры; измерение характеристик течений в поверхностном слое моря с помощью электромагнитных или акустических измерителей течений; отбор проб воды на основной химический анализ и загрязнение (в основном из поверхностного слоя), а также для определения ряда гидробиологических показателей; непрерывные измерения гидрометеорологических характеристик в пограничном слое океан — атмосфера; специальные наблюдения, например аэрологические, актинометрические, акустические и др.

С судна, лежащего в дрейфе, выполняются те же виды работ, что и на ходу судна, а также гидрологические серии; зондирование толщи воды СТД-системами; измерение характеристик волнения волнографами; измерение гидрооптических характеристик воды; постановка и снятие автономных буйковых станций с различными самописцами; гидрологические, геофизические и гидробиологические работы; при условии точного определения дрейфа судна — измерения

течений, т. е. осуществляются все основные глубоководные и поверхностные океанографические наблюдения и работы.

С судна, стоящего на якоре, выполняются все виды работ, что и с судна, лежащего в дрейфе, причем большинство океанографических работ выполнять гораздо удобнее. Недостатком здесь является сложность и длительность постановки судна на якорь (и снятия), в особенности на больших глубинах (для этого требуется специальная глубоководная якорная лебедка). В случае необходимости измерения течений в мелководных районах, с глубинами не более 50—100 м, и особенно течений в навигационном слое часто осуществляют постановку судна на якорь.

Измерения океанографических характеристик и отбор проб морской воды на океанографических станциях осуществляют на стандартных горизонтах — постоянных горизонтах наблюдений, принятых для океанографических измерений и отбора проб. Стандартные и вековые океанографические разрезы выполняются не реже одного раза в сезон. Координаты станций на этих разрезах и время выполнения на морях России устанавливаются приказами Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Утвержденные сроки выполнения разрезов могут быть нарушены только по условиям погоды или в случае тяжелой ледовой обстановки.

Океанографическая съемка представляет собой совокупность разрезов и станций, выполняемых одним судном, группой судов одновременно и другими техническими средствами для получения информации о пространственном распределении океанографических характеристик в определенный период времени. Океанографические съемки проводятся для исследования распределения различных гидрометеорологических элементов во всем море или отдельном районе океана для составления и уточнения морских гидрологических и рыбопромысловых прогнозов и их рекомендуется выполнять не реже одного раза в гидрологический сезон. Если же их невозможно выполнять ежесезонно, то съемки необходимо производить два раза в год.

Океанографические съемки могут быть ведомственные, межведомственные и международные. Расположение разрезов при выполнении океанографических съемок и их число должны способствовать при получении результатов наблюдений получению характеристик специфических особенностей исследуемого района. В число разрезов при океанографической съемке должны обязательно входить все стандартные и вековые океанографические разрезы, существующие в данном районе моря. Наблюдения при выполнении съемки должны быть по возможности синхронными, как и при выполнении стандартных океанографических разрезов. А с целью уменьшения времени проведения наблюдений съемку следует выполнять несколькими судами одновременно.

При проведении океанографической съемки одним судном необходимо добиваться максимальной скорости работы, а число разрезов и станций на них не должно быть очень большим. В некоторых случаях допускается сокращение состава наблюдений, а при глубинах свыше 1000 м часть станций иногда делают подвесными (подвесная океанографическая станция — станция, наблюдения на которой выполняются не до дна, а до определенного горизонта).

Распределение разрезов (в какой-то мере образование замкнутых полигонов) позволяет произвести оценку степени изменчивости гидрометеорологических элементов за счет повторения океанографических станций, выполняемых в начале и конце или на пересечении разрезов. Рекомендуется также для получения возможных изменений значений гидрометеорологических элементов за период съемки в нескольких точках повторных станций поставить автономные буйковые станции с автоматическими регистраторами гидрометеорологических параметров на различных горизонтах.

При выполнении океанографической съемки несколькими судами все суда делают назначенные им разрезы одновременно. Если съемка проводится судами различных ведомств, условие одновременности не всегда соблюдается. В этом случае каждое судно выполняет самостоятельно выделенные ему разрезы, но при этом устанавливается общий срок для выполнения всей съемки.

За период океанографической съемки в целях изучения изменчивости гидрологических элементов во времени и в связи с обусловливающими их метеорологическими и приливными факторами выполняются *многочасовые* или *многосуточные гидрометеорологические наблюдения* в характерных точках с помощью установки автономных буйковых станций (АБС) или с судна,

стоящего на якоре или лежащего в дрейфе. Выполнение подобных океанографических станций используется также при исследованиях ветровых и инерционных течений, приливных явлений, внутренних волн, развития и затухания ветровых волн и других океанографических параметров и, кроме того, для разработки методов океанографических расчетов и прогнозов. Продолжительность наблюдений на многосуточных станциях определяется исходя из требования, чтобы за время работ можно было наблюдать достаточное разнообразие синоптических процессов и связанных с ними значений гидрометеорологических параметров.

При выполнении многосуточных станций, если судно находится в районе постановки автономной буйковой станции (в радиусе не более 1 мили), с судна обязательно проводятся наблюдения за ветром, вертикальным распределением температуры, солености, гидрохимических элементов, а также за другими гидрометеорологическими параметрами. В случае работы одного судна с несколькими АБС наблюдения около каждой буйковой станции выполняются при постановке, снятии и при каждой проверке работы АБС.

Эпизодические наблюдения выполняются по специальным программам в основном в целях получения данных о распределении комплекса гидрометеорологических элементов или какого-либо одного компонента режима моря в исследуемом районе по возможности за минимальный период времени. Подобные наблюдения чаще всего заключаются в производстве разных океанографических съемок одним или несколькими судами, а также в выполнении разовых многочасовых или многосуточных станций для изучения влияния отдельных гидрометеорологических параметров на водный режим исследуемого бассейна. Обычно эти наблюдения приурочиваются к моментам резких изменений погодных условий или состояния моря, а также при рекогносцировочных обследованиях совершенно неизученных или малоизученных районов моря. Кроме того, эпизодические наблюдения проводятся в оперативных целях для обеспечения данными гидрометеорологических наблюдений пользователей и для составления океанографических расчетов, прогнозов и их проверки.

Попутные гидрометеорологические наблюдения проводятся регулярно в целях сбора материалов для оперативной информации о состоянии погоды и моря в районах плавания судна. Результаты наблюдений кодируются и по каналам связи передаются в соответствующие оперативные органы Росгидромета. Попутные гидрометеорологические наблюдения выполняются торговыми и рыбопромысловыми судами, кораблями и вспомогательными судами Военно-морского флота и, конечно же, всеми научно-исследовательскими судами.

Специальные океанографические наблюдения на полигонах проводятся в целях исследования процессов и явлений, протекающих в Мировом океане, изменчивости этих процессов во времени и пространстве. Состав этих наблюдений, сроки выполнения и их продолжительность зависят от задач исследования, а программа наблюдений составляется для каждой экспедиции и рейса. В работах на полигоне всегда участвует несколько судов. Исследования на полигонах обычно заключаются в выполнении сетки океанографических разрезов, многосуточных станций в характерных точках и постановках серии автономных буйковых станций. Кроме того, в работах на полигонах в последнее время стали широко применяться дистанционные методы зондирования океана (авиационно-космические методы исследования океана: ИСЗ и пилотируемые космические аппараты).

1.7 Требования к техническому оснащению и проведению океанографических наблюдений и работ

Целью Руководства является также описание новых средств и методов океанологических исследований, представление современного состояния работ в этой области и их соответствия мировым тенденциям, а также указание перспектив развития техники и методологии океанологических исследований и возможных путей практического приложения новых технологий.

Основу современной методологии океанологических наблюдений составляет многокомпонентная система сбора данных при проведении экспедиционных исследований в океане. Разработаны подводные обитаемые и необитаемые аппараты, автономные буйковые станции, донные станции и донные обсерватории, дрейфующие буйковые станции. Используются дистанционные, в том числе спутниковые, измерительные приборы. Широко используются

научно-исследовательские суда (НИС) и суда для попутных измерений изменчивости параметров гидрофизических полей, гидрохимических и гидробиологических показателей в океанах и морях.

Ниже подробно рассмотрены вопросы оснащения многокомпонентной системы наблюдения унифицированными измерительными средствами.

В зависимости от используемых платформ и задач наблюдений и технических средств и приборов океанографические работы могут иметь ряд особенностей. Однако основу традиционных работ составляют стандартные наблюдения и работы. Эти работы обеспечивают единообразие и сравнимость получаемых данных, что является необходимым условием их научного обобщения и практического использования. Стандартизация океанографических работ распространяется на технические средства и приборы, место проведения работ, горизонты наблюдений, время выполнения наблюдений, методы наблюдений, методы современной обработки данных наблюдений и формы представления результатов для архивации, хранения, обмена и электронной публикации данных.

Океанографические работы в зависимости от методов выполнения, технических средств и приборов, при помощи которых они выполняются, могут быть разделены на следующие.

1.Работы, выполняемые на ходу судна.

К этим работам относятся следующие виды:

а) комплекс стандартных гидрометеорологических наблюдений, состоящий из наблюдений за облачностью, атмосферными явлениями и состоянием погоды, видимостью, ветром, температурой и влажностью воздуха, температурой воды в поверхностном слое, атмосферным давлением, волнением, опасными явлениями, о которых даются штормовые оповещения (обледенение судна, ветер более 25 м/с, высота волн в океане 8 м и более, туман при видимости 0,5 мили и менее), ледяным покровом при плавании во льдах или вблизи кромки, свечением моря. Все метеорологические наблюдения должны выполняться с помощью судовых автоматических гидрометстанций,

б) гидрологические, гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические работы и наблюдения:

— за распределением температуры воды по глубине при помощи зондирующих устройств, СТД – систем,

— за течениями в поверхностном слое моря при помощи электромагнитных, радиолокационных и акустических измерителей течений,

— взятие проб воды на основной химический анализ, загрязнения и гидробиологические показатели (преимущественно из поверхностного слоя) с помощью современных автоматических технических средств,

— непрерывная регистрация гидрометеорологических характеристик в пограничных слоях океан-атмосфера и на глубинах с помощью буксируемых устройств,

—специальные и дополнительные наблюдения, например, аэрологические, актинометрические, геофизические, акустические, электромагнитные и др.

Недостатком наблюдений на ходу судна является необходимость применения специальных технических средств и методов, снижение точности измерения ряда океанографических характеристик по сравнению с измерениями, производимыми с неподвижных и дрейфующих средств.

2.Работы, выполняемые с судна, находящегося в дрейфе.

Осуществляются все основные глубоководные и поверхностные океанографические наблюдения и работы, т. е. работы на океанографических станциях, описанные выше:

— все виды основных работ и наблюдений,

— измерения температуры воды зондирующими устройствами и СТД – системами, и взятие проб воды на стандартных горизонтах от поверхности до дна,

— регистрация высот и периодов волн волнографами,

— измерение прозрачности и цвета воды,

— определение гидрозондами вертикального профиля температуры и солености воды, содержания кислорода, концентрации водородных ионов (pH) и других гидрологических и гидрохимических показателей,

— постановка и снятие автономных буйковых станций,

— все виды гидробиологических работ.

При наличии спутникового навигационного оборудования определяются элементы дрейфа судна и параметры поверхностных течений.

3. Работы, проводимые с судна, стоящего на якоре.

Из-за сложности и длительности процесса постановки судна на якорь (и снятия) в особенности на больших глубинах (для этого требуется специальная глубоководная якорная лебедка), этот способ применяется в исключительных случаях. Именно, когда главной задачей океанографических работ является измерение течений в мелководных районах с глубинами, не превышающими 50—100 м, и когда необходимо иметь надежные измерения течений в навигационном слое. В этом случае с судна, стоящего на якоре, для измерения течений в навигационном слое применяются современные самописцы течений, в том числе электромагнитные и акустические доплеровского типа.

Кроме того, выполняется постановка якорных буйковых станций с измерителями течений, а также подводных станций, аппаратов и других автономных средств измерений.

С судна, стоящего на якоре, а также с других неподвижных платформ можно проводить все виды океанографических наблюдений и работ. В этом случае этот способ проведения работ является наиболее удобным для большинства видов океанографических работ.

4. С неподвижных (припайных) и дрейфующих ледяных полей осуществляется основной комплекс океанографических работ для получения информации о протекающих в подледном слое морских вод физических, химических и гидробиологических процессов. Кроме того, определяется толщина льда и его физико-химические характеристики. С дрейфующих ледяных полей определяется направление и скорость их дрейфа.

5. С неподвижных и передвижных оснований и платформ производятся наблюдения в прибрежных мелководных районах океана и в мелководных морях. Например, для этого могут быть использованы неподвижные буровые платформы и основания, установленные в открытом море на значительных глубинах. Платформы и основания, установленные в открытом море, наиболее удобны для измерения всех гидрологических и метеорологических характеристик, поскольку они не испытывают влияния берегов и морского волнения. На этих платформах также устанавливаются автоматические гидрометеостанции.

6. Автономные океанологические станции (АОС) стали активно внедряться в практику океанологических исследований вместе с развитием электроники и автоматики, когда появилась возможность создания компактных и надежных устройств для автоматической записи информации и ее передачи на береговой пункт сбора данных в реальном масштабе времени. К преимуществам применения АОС прежде всего относится возможность непрерывного получения информации о состоянии выбранного участка водной толщи за длительный (достигающий нескольких лет) период, в том числе в реальном времени, что невозможно осуществить другими способами. К автономным океанологическим станциям относятся следующие основные типы: автономные буйковые станции, автономные донные станции и автономные подводные исследовательские обсерватории.

За последние два-три десятилетия в разных странах, занимающих ведущее положение в области морских технологий, было создано значительное количество автономных необитаемых подводных аппаратов, использующихся для решения широкого круга научных и прикладных задач по исследованию и освоению океана (батискафы, батисферы, батипланы и т.д.). Современные многоцелевые автономные аппараты представляют собой новый класс подводных робото-технических объектов с присущими им задачами и практическим применением, имеющие ряд особенностей технологии, состава входящих в них систем и их функциональными свойствами. К числу наиболее важных применений современных автономных подводных аппаратов относятся обзорно-поисковые работы, включающие поиск и обследование затонувших объектов, инспекцию подводных сооружений и коммуникаций (трубопроводов, водоводов, кабелей), геологоразведочные работы, включающие топографическую и фото- и видеосъемку морского дна, акустическое профилирование и картографирование рельефа, подледные работы, такие как прокладка кабеля на дне арктических морей, обслуживание систем наблюдения и освещения подледной обстановки, специальные океанографические исследования, мониторинг водной среды, работы оборонного назначения.

7. Автономные якорные буйковые станции являются основным средством, используемым для

постановки автоматических океанографических приборов на автономную длительную работу продолжительностью несколько дней, недель или месяцев. Основным преимуществом этого метода является возможность получения больших непрерывных рядов инструментальных наблюдений за важнейшими гидрологическими характеристиками: скоростью и направлением течений, температурой и соленостью морской воды на различных горизонтах водной толщи от поверхности до дна.

8. Сравнительно новым видом технических средств для проведения стандартных и экспериментальных исследований в океане являются обитаемые подводные аппараты, которые являются принципиально новым средством изучения океана. Подводные аппараты используются при проведении работ на дне и в придонном пространстве, таких как поиск и обследование затонувших объектов, контроль состояния подводных коммуникаций и инженерных сооружений, геологоразведочные работы (картографирование и профилирование дна, фото- и видеосъемки), манипуляционно-технические и аварийно-спасательные работы, подводные монтажно-прокладочные работы, выполнение океанографческих съемок и разрезов в Мировом океане.

9. Активное развитие наблюдений с помощью свободно дрейфующих буев началось в 80-х гг. прошлого столетия, когда было осознано, что этот метод позволяет проводить измерения оперативно и в глобальном масштабе. К настоящему времени широкое распространение получили свободно дрейфующие поверхностные буи (дрифтеры) разных типов и буи-профилемеры. Свободно дрейфующие поверхностные буи измеряют температуру и прозрачность морской воды, а также атмосферное давление. Конструктивно они снабжены специальным парусом, поэтому они позволяют измерять скорость приповерхностных течений. Специализированные метеорологические дрифтеры способны определять основные характеристики приводного слоя атмосферы. Классификация океанографических буев дана в разделе 1.3.

10. Особо эффективным средством для исследования крупномасштабной низкочастотной изменчивости океана являются буи-профилемеры. Эти буи вертикально перемещаются в толще вод посредством изменения их плавучести. Каждый буй способен совершить значительное число циклов всплытие-погружение, осуществляя долговременные наблюдения течений и регулярные измерения профилей температуры и солености морской воды. Позиционирование свободно-дрейфующего буя и передача данных осуществляются через спутник, что позволяет создавать в море или океане глобальные сети таких буев, располагая их в необходимой пространственной конфигурации.

11. Океанографические наблюдения с судов в течение длительного времени являлись основным, традиционным источником информации о процессах, протекающих в Мировом океане. Однако в настоящее время, когда появились принципиально новые технические средства и методы проведения экспериментальных исследований в океане, для получения общей характеристики океанографических условий в районе работ могут применяться новые компоненты наблюдательной системы, и океанографические суда чаще используются для проведения комплексных исследований в широком диапазоне пространственно-временных океанографических съемок, полигонов при более полной информации о контролируемых океанографических разрезах.

12. Одним из эффективных методов организации регулярных наблюдений является использование попутных транспортных судов, паромов, ледоколов в качестве платформ для размещения океанографических приборов. При наличии автономных средств наблюдений и спутниковых каналов передачи информации накопление метеорологических данных и наблюдений в открытом океане оказывается возможным при минимальном вложении средств. Используя суда, работающие по расписанию, удается проводить гидрометеорологические наблюдения на регулярной основе.

13. Самолеты и вертолеты применяются для океанографических наблюдений и исследований при необходимости быстрого получения данных о распределении на больших пространствах температуры поверхности моря, распределения течений, волнения и льдов, профиля морской поверхности, а также степени загрязненности моря нефтепродуктами.

14. С помощью искусственных спутников Земли проводятся наблюдения за движением циклонов и антициклонов, распределением облачности, температуры поверхности Мирового океана, распределением цвета и мутности воды, характером течений и волнения, особенностями рельефа дна в прибрежной зоне моря и распределением морских льдов. Методы спутниковой

альтиметрии позволяют получать данные о рельефе морской поверхности на значительных акваториях морей и океанов.

1.8 Единицы величин, применяемые в практике океанографических измерений

При проведении океанографических работ и наблюдений употребляются преимущественно единицы измерения, принятые Международной организацией по стандартизации (ISO), или допускаемые в практике океанографических работ.

В Таблице 1.1 приводятся наиболее распространенные в океанографии величины и единицы их измерения.

Таблица 1.1

Величина	Единица измерения	Обозначение	Примечание
Общего назначения			
Географические координаты	градус минута секунда	° ′ ″	
Скорость движения судна	узел километр в час	Уз км/ч	1 м. миля в час
Скорость движения самолета	километр в час	км/ч	
Угол наклона троса	градус		
Расстояние между океанографическими станциями	километр морская миля	км м. миля	1 м. миля = 1852 м
Скорость движения троса с лебедки	метр в секунду	м/с	
Длина троса	метр	м	
Плавучесть буя	тонна	т	
Геофизическая			
Напряженность геомагнитного поля	Ампер на метр	А/м	$1А/м = 4\pi*10^{-3}$
Ускорение свободного падения	метр в секунду в квадрате	$м/с^2$	
Сила тяжести (вес)	ньютон	Н	
Концентрация радиоактивных веществ в морской воде	пикокюри в литре	пКи/л	
Метеорологическая			
Температура воздуха	градус Цельсия	^0C	
Влажность воздуха относительная	процент	%	
Влажность воздуха абсолютная	грамм воды в кубическом метре воздуха	$г/м^3$	
Плотность воздуха		$кг/м^3$	
Атмосферное давление		гПа	Применяется также мм рт. ст.
Тенденция барометрическая	гектопаскаль в час	гПа/ч	
Направление ветра	градус	°	Откуда дует ветер
Скорость ветра	метр в секунду	м/с	Применяются км/ч
Количество облаков	балл	балл	При 11-балльной системе (0—10)
Высота облаков	метр	м	
Количество осадков	миллиметр	мм	Слой осадков
Дальность видимости	километр	км	
	метр	м	

	морская миля	м. миля	
Содержание озона в атмосфере	Сантиметр ОС	см	Толщина слоя озона
Гидрологическая			
Высота волны	метр	м	
Длина волны	метр	м	
Период волны	секунда	с	
Направление волнения	градус	°	Откуда идут волны
Температура воды	градус Цельсия	°С	
Градиент температуры воды	градус на метр	°С/м	
Направление течения	градус	°	Куда течет вода
Скорость течения	метр в секунду сантиметр в секунду	м/с см/с	
Градиент наблюдений	Величина/метр	/м	
Гидростатическое давление	паскаль	Па	
Уровень воды	сантиметр	см	
Соленость воды	промилле	‰	1 грамм солей в 1 килограмме воды
Плотность воды	Килограмм в кубическом метре	кг/м^3	
Ледовая			
Количество льда	балл	балл	При 10 -бальной системе
Сплоченность льда	балл	балл	То же
Толщина льда	Сантиметр, метр	См, м	
Скорость дрейфа льда	узел сантиметр в секунду	уз см/с	1 м. миля в час.
Направление дрейфа льда	градус	°	Куда дрейфует

Толщина снега на льду	сантиметр	см	
Оптическая			
Прозрачность воды	Глубина слоя в метра оптическая толщина слоя	м	Глубина исчезновения белого диска диаметром 30 см, равная оптической толщине слоя воды (2 релея).
Подводная освещенность	люкс	лк	Лк = лм/м^2
Солнечная радиация	Дж /м^2 в секунду	Дж/ (м^2 · с)	
Яркость света	канделла на квадратный метр	кд/м^2	
Световой поток	люмен	лм	
Электрическая			
Электрическое напряжение	Вольт/метр	В/м	
Электрический потенциал	вольт	В	
Электродвижущая сила	вольт	В	
Электрическая проводимость	сименс	См	
Электрическая емкость	фарада	Ф	
Индуктивность	генри	Г	
Сила тока	ампер	А	
Мощность	ватт	Вт	
Бактериопланктон	НВ численность Число клеток в 1мл	кл./мл	
Сухая биомасса бактерий	Мг на л	мг/л	
Фитопланктон	Численность клеток в 1 л	кл./л	
Биомасса фитопланктона	Мкг на 1 л	Мкг/л	
Зоопланктон	Численность организмов в 1 мл	Экз./мл	
Биомасса зоопланктона	Биомасса на 1 м^3	Мкг/м^3 Мг/м^3	

1.9 Особенности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ в открытом море

Гидрологические, гидрохимические и гидробиологические наблюдения в океанах и морях можно разделить на четыре вида в зависимости от их назначения:

1) наблюдения на вековых разрезах, состоящие из стандартного комплекса измерений океанографических характеристик, систематически выполняемые каждый год один раз в сезон или месяц — предназначены для изучения многолетних изменений (векового хода) элементов гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов морей и океанов;

2) океанографические съемки по сетке стандартных разрезов, на попутных судах и автономных буйковых станциях, регулярно выполняемые для оперативного обеспечения различных отраслей народного хозяйства и службы прогнозов гидрометеорологической, экологической и гидрохимической информацией о состоянии океанических акваторий и морей;

3) эпизодические океанографические наблюдения и работы, выполняемые по специальным программам для обеспечения тематики научно-исследовательских работ, в том числе работы на полигонах по синхронному изучению геофизических, гидрохимических полей и распределению гидробиологических характеристик;

4) попутные оперативные (регулярные) гидрометеорологические наблюдения, осуществляемые штурманским составом или специальными наблюдателями на транспортных и рыболовецких судах и предназначенные для оперативной информации о состоянии погоды и моря в районах плавания.

Основные виды океанографических работ и наблюдений относятся к стационарным, они проводятся регулярно, как правило, по стандартным программам и в одних и тех же закрепленных районах. Четвертый вид наблюдений также проводится регулярно по стандартной программе в районе плавания судов.

Третий вид не связан со стандартной программой и закрепленными районами работ, он целиком зависит от конкретных задач научных исследований. При этом могут быть использованы первый, второй и четвертый виды наблюдений и если не выдвигается особых требований, руководствуются общими стандартами и методами наблюдений и обработки данных.

1.10 Расположение стандартных и вековых океанографических разрезов

Изучаемый район моря в зависимости от поставленных задач исследований может быть очень большим и включать как прибрежные области, так и значительно удаленные от берега.

Все море, как правило, можно разделить на две области:

1) прибрежную, для которой характерно большое влияние близости берегов, мелководья, метеорологического режима примыкающей к изучаемому району моря суши, числа и водности впадающих в изучаемый район моря рек, геоморфологического строения побережья и прибрежной области и др. В пределах прибрежной области моря проводятся наблюдения на устьевых взморьях крупных рек, в заливах, губах, бухтах, эстуариях;

2) область открытого моря, для которой характерны относительная независимость от прилегающей суши и берегов.

Область открытого моря включает, кроме деятельного и промежуточного, также и глубинный слой. В глубоких морях глубинный слой охватывает в большинстве случаев основную массу воды, где сезонные изменения гидрологических характеристик незаметны. В глубинном слое, как показали исследования последних лет, проявляются короткопериодные изменения гидрологических элементов, связанные с приливными явлениями и внутренними волнами. Некоторые моря мелководны на всем своем пространстве (например, Азовское море, северная часть Каспийского моря и некоторые моря Северного Ледовитого океана); характер их режима в значительной степени определяется мелководьем. В других же морях глубоководная часть простирается почти до самого берега (например, Японское и Охотское), а прибрежная область занимает лишь узкую полосу. Таким образом, разделение моря на прибрежную зону и на область открытого моря является условным.

Океанографические разрезы, пересекая весь изучаемый район моря или какую-нибудь его часть, могут располагаться в прибрежной области, в области открытого моря или переходить из одной области в другую. Соответственно своему расположению разрезы носят условное название *прибрежные океанографические разрезы* и *океанографические разрезы открытого моря.*

Расположение океанографических разрезов выбирается таким образом, чтобы наблюдения на них были репрезентативными для всего моря или для отдельных его районов, т. е. характеризовали океанографические элементы в изучаемом районе моря, их сезонный и вековой ход, условия формирования океанографических характеристик данного района и их полей. Океанографические разрезы должны пересекать струи господствующих течений в изучаемом районе по возможности под прямым углом, что позволит рассчитать мощность потока (расход в свердрупах). Некоторые из них должны быть расположены по осям этих струй с целью изучения переноса и трансформации океанографических характеристик (температуры, солености и др.). Траектории разрезов должны проходить от берега через прибрежную область в открытое море до границы изучаемого района или до противоположного берега.

Расположение и протяженность траекторий разрезов не могут предопределяться каким-либо единым стандартом, применимым к любому району моря, и должны быть установлены с учетом местных условий с целью обязательного достижения репрезентативности выполняемых наблюдений и работ.

На всех отечественных и на некоторых сопредельных морях имеются установленные постоянные океанографические разрезы, называемые *стандартными.* Направления траекторий разрезов и станции на них определены и закреплены на картах, исходя из конфигурации берегов, рельефа дна, схем господствующих течений, наличия устьев крупных рек, степени расчлененности моря на заливы, наличия ледяного покрова и с учетом других характеристик режима моря. Наблюдения на стандартных разрезах обычно осуществляются несколькими судами, что позволяет выполнить их в кратчайшее время и получить более или менее синхронные данные по всему морю. Такие относительно синхронные работы на трассах стандартных разрезов называются океанографическими съемками.

В зависимости от конкретных задач наблюдения на стандартных разрезах могут осуществляться не по всей их сетке, а по разреженной или только по какому-либо району. Некоторая минимальная часть стандартных разрезов является обязательной, регулярно выполняемой каждый год (ежесезонно или ежемесячно) в течение неограниченно долгого времени. Эти разрезы, получившими название *вековых* стандартных разрезов, как правило, выполняются научно-исследовательскими судами различных ведомств.

Программа наблюдений и работ на океанографических разрезах

Все океанографические наблюдения и работы выполняются экспедиционным путем с подвижных средств наблюдений, установленных на специально оборудованных судах и других платформах, позволяющих получать океанографическую информацию из открытого моря (океана). Программа океанографических наблюдений и работ в зависимости от задач, решаемых в конкретном экспедиционном рейсе, может включать две части – стандартную (обязательную) и дополнительную.

При разработке стандартной части программы следует разделять работы, выполняемые на ходу судна; работы, выполняемые с судна, находящегося в дрейфе; работы, проводимые с судна, стоящего на якоре.

Виды работ на океанографических разрезах

Океанографические работы в открытом море в зависимости от статуса сети океанографических разрезов подразделяются на:

1) наблюдения на реперных океанографических разрезах, состоящие из стандартного комплекса измерений и наблюдений океанографических параметров и выполняемые по программам многолетних (вековых) наблюдений за изменением элементов гидрологического и гидрохимического режима морей и океанов,

2) наблюдения на основных океанографических разрезах, включающие комплекс стандартных наблюдений и выполняемые по программам работ на основной океанографической сети станций и

разрезов в открытом море. Этот вид работ служит целям оперативного обслуживания океанографической информацией общего назначения,

3) океанографические съемки по сетке разрезов и станций, выполняемые одним судном, группой судов одновременно с целью получения информации общего назначения о пространственном распределении океанографических элементов в определенный период времени,

4) дополнительные океанографические наблюдения и работы, выполняемые по специальным (дополнительным) программам для получения специализированной океанографической информации и информационной продукции.

1.11 Состав работ и наблюдений на океанографических разрезах

Выполнение океанографических разрезов – основная форма океанографических работ в море. Океанографический разрез – это последовательный ряд океанографических станций, расположенных в море по определенному направлению и последовательно выполняемых в возможно короткие сроки с целью получения информации о состоянии водных масс и степени их загрязнения. Каждая океанографическая станция представляет географическую точку в океане, где проводятся наблюдения на различных горизонтах, измеряемых глубиной, отсчитываемой от поверхности моря. Расположение океанографических разрезов выбирается так, чтобы результаты наблюдений отражали распределение океанографических элементов в заданном районе моря. Океанографические разрезы должны пересекать ветви постоянных течений под углом, близким к прямому, чтобы имелась возможность рассчитывать параметры переноса субстанций (тепла, солей и т.д.) этими течениями. В некоторых случаях разрезы можно располагать вдоль потока постоянного течения, чтобы проследить трансформацию океанографических параметров в процессе переноса вод течением. Как правило, начало разрезов располагают вблизи берега моря и разрез прокладывают до границы наблюдаемой части моря или до противоположного берега.

На морях, омывающих берега России и на некоторых сопредельных морях, установлены постоянные («стандартные») океанографические разрезы, входящие в основную сеть океанографических наблюдений. Направления разрезов и станции на них определены на картах, исходя из конфигурации морских бассейнов, рельефа дна моря, схем господствующих постоянных течений, наличия устьев крупных рек, впадающих в море, с учетом расположения заливов моря, присутствия морских льдов.

Из состава основных океанографических разрезов выделена некоторая минимально необходимая – реперная часть, которая является обязательной и должна выполняться каждый год (ежесезонно) в течение неограниченно долгого времени. Расположение реперных разрезов, порядок и сроки их выполнения определяются «Положением о морской наблюдательной системе Росгидромета».

Океанографические станции на разрезе располагаются на таких оптимальных расстояниях друг от друга, чтобы по результатам наблюдений можно было вести мониторинг океанологических элементов по всему району моря, где располагается океанографический разрез. Количество станций на разрезе не должно быть большим, так как разрез должен выполняться в возможно короткий срок, чтобы изменение океанографических параметров за время работ на разрезе не превосходило заданной точности океанографических наблюдений, которая зависит и от градиентов океанографических параметров. При выполнении океанографического разреза должно выполняться условие достижения возможно большей синхронности наблюдений на станциях. Рекомендуемое расстояние между океанографическими станциями на разрезах в открытом океане составляет 60 – 120 миль, в морях 30 – 60 миль, в небольших морях и в зонах с большими градиентами температуры и солености воды 10 – 30 миль.

В отдельных случаях для оценки временных изменений океанографических параметров на отдельных океанографических станциях разреза выполняются многосерийные, многочасовые наблюдения, а также выполняются наблюдения с заякоренных или дрейфующих буев и специальных подводных аппаратов.

1.12 Выполнение работ на океанографических съемках

Для изучения пространственного распределения океанографических элементов в море или в каком-либо районе океана производится океанографическая съемка как вид океанографических работ. Океанографическая съемка планируется как совокупность океанографических разрезов и станций, которые выполняются одним судном или группой судов и с помощью других перемещаемых платформ наблюдений для получения информации и информационной продукции общего назначения о распределении океанографических элементов в море в определенный период времени.

Океанографические съемки выполняются с целью оперативного обслуживания потребителей информацией о состоянии морской среды и ожидаемых ее изменениях.

Расположение океанографических разрезов и станций должно отражать особенности полей океанографических параметров в данном море или районе океана.

Океанографические съемки должны включать разрезы и станции, входящие в основную и реперную океанографическую сеть моря. Океанографические съемки могут выполняться одним судном или несколькими судами одновременно. При этом устанавливается оптимальный порядок следования судов при выполнении съемки.

Целесообразно использование буйковых станций в море в период выполнения океанографической съемки.

При выполнении океанографических съемок одновременно несколькими судами каждому судну отводится определенная часть разрезов и станций. Работы в этом случае проводятся строго синхронно. Для исследования временной изменчивости океанографических параметров применяются многосерийные, многочасовые и многосуточные станции, выполняемые с заякоренных или дрейфующих судов или океанографических буев.

Международные океанографические съемки какого-либо района моря проводятся в форме группового эксперимента, когда в работах на океанографическом полигоне по единой научной программе участвует несколько судов различных государств. Выполнение океанографических работ за пределами экономической зоны РФ требует специального разрешения.

1.13 Специализированные океанографические наблюдения

Специализированные океанографические наблюдения выполняются по заказу (договору) пользователя информации и за счет его средств. Эти наблюдения выполняются для решения отдельных проблем океанографии на океанских полигонах, например, для изучения основных океанических систем течений, фронтальных зон Мирового океана, энергоактивных зон в океанах. Состав этих наблюдений, сроки их выполнения определяются научными программами исследований, которые составляются для каждого экспедиционного рейса или экспедиционного группового эксперимента.

1.14 Наблюдения на многочасовых станциях

Для изучения изменения океанографических элементов во времени выполняются многочасовые и многосуточные гидрометеорологические наблюдения. Они необходимы при исследованиях приливных явлений, ветровых и инерционных течений, внутренних волн, развития и затухания ветровых волн и других геофизических и гидробиологических явлений. Такие измерения требуются для разработки методов океанографических расчетов (прогнозов).

Наиболее полные материалы для анализа дают многосуточные наблюдения.

Как правило, многосуточные наблюдения проводятся при помощи автоматических записывающих приборов, установленных на заякоренных буйковых станциях и океанографических платформах. Продолжительность и частота этих наблюдений зависят от задач исследований и длительности автономной работы аппаратуры. При наличии автономной аппаратуры наблюдения могут продолжаться многие месяцы.

Минимальная продолжительность наблюдений, необходимая для учета влияния метеорологических факторов на изучаемые океанографические элементы, может быть определена, исходя из требования, чтобы за время наблюдений было отмечено достаточное разнообразие синоптических процессов и отвечающих им значений океанографических элементов.

При наблюдениях за морскими течениями принимаются следующие промежутки времени между измерениями на каждом горизонте: на глубинах до 200 м не более 1 ч для приливных морей и 2 ч для неприливных морей, а на поверхности — соответственно не более 30 мин и 1 ч.

На многосуточных станциях в тех случаях, когда судно находится около автономной буйковой станции не далее 1 м. мили, кроме наблюдений за течениями, проводятся наблюдения за ветром, вертикальным распределением температуры, солености и других океанографических элементов.

Наблюдения за ветром проводятся не реже, чем один раз в 1 ч., за температурой воды термометрами (при отсутствии самописцев) не реже, чем через каждые 2 ч. зондами не реже, чем один раз в 1 ч. Наблюдения за соленостью и другими элементами проводятся несколько реже, но не менее 3—4 раз в сутки.

При регистрации температуры воды в автоматическом режиме частота наблюдений определяется поставленными задачами и продолжительностью наблюдений на многосуточных станциях.

При наличии нескольких буйковых станций, обслуживаемых одним судном, наблюдения около каждой буйковой станции производятся при постановке, снятии и при каждой проверке работы станции. Как правило, эти наблюдения разовые.

1.15 Океанографические наблюдения на полигонах

Для изучения процессов и явлений, происходящих в океанах и морях, их изменчивости во времени и пространстве при выполнении научно-исследовательских работ проводятся специализированные глубоководные и поверхностные океанографические наблюдения на полигонах. Состав этих наблюдений, сроки выполнения и их продолжительность зависят от задач исследования. В экспедиции обычно участвует несколько судов.

Программа наблюдений составляется отдельно для каждого судна, участвующего в экспедиционном рейсе.

Ниже в качестве примера приводится схематическое описание некоторых специализированных наблюдений.

Изучение основных океанических систем течений.

Изучение основных океанических систем течений остается одной из важнейших океанографических проблем, имеющей большое научное и практическое значение (для рыболовства, мореплавания, расчета скорости распространения и рассеивания загрязняющих веществ, совершенствования метеорологических прогнозов и др.). Для разработки этой проблемы организуются специальные крупные экспедиции, иногда международные. Примером таких работ может служить международная экспедиция по изучению Куросио, которая была рассчитана на несколько лет. Работы велись одновременно на 20— 30 судах. В задачи экспедиции входило:

1) изучение пространственно-временной изменчивости вертикальной и горизонтальной структуры потока Куросио и вод других районов, прилегающих к этой системе;

2) изучение субполярной и субтропической фронтальных зон и влияние фронтальных процессов на формирование и изменчивость вертикальной и горизонтальной структуры вод района Куросио;

3) изучение подъема промежуточных вод и его влияние на процессы, формирующие гидрологическую и гидрохимическую структуры вод потока Куросио и прилегающих районов.

Согласно международной программе, для решения этих задач один раз в сезон производилась синхронная съемка продолжительностью 15—30 сут, охватывающая всю акваторию изучаемого района от экватора до 43° с. ш. и от 160° в. д. на запад до берега. Съемка состояла из разрезов, пересекающих поток Куросио и фронтальные зоны. Расстояния между станциями в потоке 30—60, в районах субполярного и субтропического фронтов 15—20 м. миль. Состав наблюдений на станциях соответствовал указанному выше.

Между станциями производились наблюдения за температурой и отбор проб для определения химических элементов в морской воде при помощи гидрозонда или, при отсутствии его, наблюдения за температурой воды при помощи СТД – системы.

Для учета изменчивости гидрометеорологических элементов за период съемок в ряде точек, находящихся вблизи оси потока, производились многосуточные наблюдения.

Для изучения изменчивости гидрометеорологических элементов из всей сетки разрезов выбирается один или два, на них в промежутке времени между съемками ежемесячно проводятся наблюдения. Собранные по этой программе материалы наблюдений необходимы для получения трехмерного распределения гидрологических и гидрохимических элементов в изучаемом районе и изменчивости этого распределения во времени; для построения карты динамической топографии свободной поверхности и других изобарических поверхностей; вычисления поля течений и определения его изменчивости во времени и в пространстве. Помимо этого, они позволяют выделить основной поток Куросио, получить картину его меандрирования; оценить расход основного потока и его изменчивость во времени; изучить фронтальные процессы и их влияние на гидрологические условия в целом; рассчитать интенсивность и глубину проникновения ветрового и конвективного перемешивания в период съемки; рассчитать вертикальную циркуляцию и решить ряд других задач.

Для определения положения фронта следует использовать наблюдения с помощью океанографических зондов и буксируемых устройств на переходах в течение всей съемки. Для этого вблизи фронта, там, где начинают заметно увеличиваться горизонтальные градиенты температуры, производят на малом ходу судна, движущегося поперек фронта, учащенные наблюдения. Эти наблюдения заканчивают после пересечения фронта, там, где градиенты температуры малы. Необходимо сделать несколько поперечных пересечений фронта для выяснения его пространственного положения в данном районе. Наблюдения на фронтальной зоне могут быть использованы для вычисления переноса тепла, солей и других гидрофизических и гидрохимических элементов через эту зону.

По TS-кривым для станций, расположенных в зоне фронта и в прилегающих районах, можно найти зоны взаимодействия различных водных масс, проследить трансформацию этих вод и влияние их на структуру Куросио.

Важным элементом общего динамического баланса вод океана являются их вертикальные движения. Скорость этих движений можно вычислить по соответствующим формулам, исходные данные для которых выбирают из материалов океанографических наблюдений.

Зная среднюю вертикальную скорость, можно оценить возраст вод на различных глубинах.

Для изучения влияния атмосферных процессов на процессы, протекающие в море, проводят при проведении съемок метеорологические, аэрологические (температурно-ветровое зондирование), актинометрические наблюдения и градиентные наблюдения за температурой воздуха, его влажностью и скоростью ветра.

Наблюдения за внутренними волнами

Внутренние волны — явление широко распространенное в океанах и морях. Они могут быть вызваны метеорологическими факторами (давление, ветер) и приливообразующими силами. Прохождение внутренних волн в водной толще вызывает большие перемещения вод по вертикали. В связи с этим на отдельные горизонты периодически поступают воды с различных глубин. Анализ хода гидрологических характеристик на этих горизонтах во времени обычно обнаруживает их большую изменчивость.

Непосредственные наблюдения за внутренними волнами можно проводить с помощью поплавков нейтральной плавучести, однако эти наблюдения широкого применения не нашли. Для получения массовых материалов служат косвенные методы изучения внутренних волн путем наблюдений за изменением во времени вертикального распределения гидрологических и гидрохимических элементов, в основном температуры воды и солености. При этом предполагается, что в процессе прохождения внутренних волн частицы воды перемещаются по замкнутым орбитам, не изменяя сколько-либо значительно присущих им физических характеристик. Таким образом, изоплеты регистрируемого элемента дают ординаты внутренних волн, а положение изолиний этого элемента в пространстве в фиксированный момент времени соответствует профилю

внутренней волны. Изоплеты, построенные по данным наблюдений на океанической станции, дают возможность определить спектральный состав внутренних колебаний, амплитуды и фазы отдельных составляющих. По данным наблюдений на серии синхронных станций можно определить скорость и направление распространения внутренней волны, а также ее длину. Продолжительность наблюдений за внутренними волнами зависит от того, какую часть спектра внутренних колебаний предполагается исследовать. Исходя из необходимости полного статистического описания процесса внутренних колебаний, необходимо, чтобы продолжительность наблюдений по крайней мере в 8—10 раз превосходила наибольший из интересующих периодов. Так как наиболее распространенным и устойчивым классом внутренних волн являются полусуточные и суточные внутренние приливные волны, надо, чтобы при их регистрации продолжительность наблюдений была не меньше 8—10 сут. При исследовании короткопериодных внутренних волн продолжительность наблюдений иногда может быть ограничена несколькими часами.

Непрерывность и дискретность во времени.

При непрерывной регистрации внутренней волны следует также учитывать, изучаются ли длиннопериодные или короткопериодные внутренние волны, и в зависимости от этого применять датчики с той или иной инерционностью. При изучении длиннопериодных волн удобно, например, для фильтрации короткопериодных колебаний ставить датчики с большой инерцией. При дискретных наблюдениях, в частности, при многосерийных наблюдениях с помощью глубоководных термометров или зондов, следует вести наблюдения не реже чем через 1 ч., для того чтобы выделить приливные составляющие. Наблюдения через более длительные промежутки времени не дают возможности выделить приливные и инерционные внутренние волны.

Непрерывность и дискретность в пространстве.

Точность определения высоты внутренней волны по колебаниям океанологических характеристик существенным образом зависит от точности определения вертикального градиента этой характеристики. Поэтому при регистрации внутренних волн необходимо, по возможности, производить непрерывное зондирование вертикального распределения океанологических характеристик с помощью зондов. При этом в случае небольших вертикальных градиентов следует применять приборы с повышенной чувствительностью.

При дискретных по глубине измерениях для регистрации внутренних волн следует переходить, по мере возможности, к наблюдениям на учащенных горизонтах, чтобы расстояние между горизонтами не превышало высоту внутренней волны (10—15 м).

Наблюдения за внутренними волнами предпочтительно вести с неподвижной базы, а на небольших глубинах — с заякоренных судов, плавмаяков, на автономных буйковых станциях с притопленным буем и т. д. В случае наблюдений с дрейфующего судна при непрерывной регистрации короткопериодных внутренних волн наблюдения надо прекращать, когда скорость дрейфа достигает скорости распространения внутренней волны (приблизительно 1—2 уз). При серийных наблюдениях за длиннопериодными внутренними волнами перед каждой серией необходимо подходить к исходным точкам и выполнять серию в возможно более короткий период времени. При постановке синхронных станций, которых для определения скорости и направления распространения внутренней волны должно быть не менее трех, расстояния между станциями должны быть меньше, чем длина волны, т. е. для длиннопериодных внутренних волн не должны превышать 15—20 м. миль.

Учет стратификации.

Все характеристики внутренних волн существенным образом зависят от типа стратификации и устойчивости водных масс. Поэтому для исследования изменчивости режима внутренних волн необходимо повторять наблюдения в одних и тех же районах в различные сезоны года при разных типах стратификации водных масс. За исключением зимнего периода в средних и высоких широтах нужны ежемесячные циклы наблюдений за внутренними волнами. Важно учитывать изменчивость стратификации и внутри каждого цикла. Значительное изменение стратификации в результате изменения синоптической ситуации может привести к резкому изменению характеристик внутренних волн в верхнем слое. В этом случае цикл наблюдений надо продолжать, чтобы получить необходимую длину ряда наблюдений при неизменном типе стратификации.

Учет адвекции. Перенос частиц воды периодическими течениями при наличии значительных горизонтальных градиентов океанологических характеристик может явиться причиной периодической изменчивости последних. Эта изменчивость не связана с внутренними волнами. Так как надежных способов разделения влияния двух явлений (приливов и внутренних волн) не существует, то наблюдения за внутренними волнами следует ставить в районах с незначительными горизонтальными градиентами океанологических характеристик и слабыми периодическими течениями. Так, например, в районах с горизонтальными градиентами температуры порядка 10^{-3} °С/км наблюдения за внутренними волнами можно рекомендовать вести при скоростях приливного течения до 30— 35 см/с, в районах с горизонтальными градиентами температуры порядка 10^{-2} °С/км при скорости приливного течения до 10—15 см/с.

Наблюдения за колебаниями океанологических характеристик следует сопровождать наблюдениями за течениями, так как в течениях проявляется горизонтальная составляющая орбитального движения частиц в процессе распространения внутренней волны.

Исходя из всего сказанного, можно рекомендовать для исследования внутренних волн следующий объем стандартных работ на многосуточной станции.

1. Постановка автономных буйковых станций с самописцами температуры и течений, не менее трех, на расстояниях, меньших длины волны (для длиннопериодных внутренних волн не более 15—20 миль).

2. Ежечасное зондирование вертикального распределения гидрологических характеристик (гидрозонд, система СТД).

3. Непрерывная регистрация короткопериодных внутренних волн с помощью термозонда во время свободного дрейфа.

Помимо регистрации колебаний температуры, солености и течений, можно рекомендовать следующие дополнительные наблюдения:

1. Регистрация колебаний содержания некоторых гидрохимических элементов, вертикальные градиенты которых велики в районе наблюдений.

2. Регистрация колебаний глубины залегания слоя скачка плотности с помощью эхолота или гидролокатора.

1.16 Основные требования к техническому оснащению океанографических наблюдений

Требования к техническому оснащению и организации океанографических наблюдений зависят от принятых методов измерений, т.е. от способов применения принципов и средств измерений или визуальных оценок при наблюдениях. Каждое используемое средство измерений (СИ) должно иметь нормированные метрологические характеристики. Надежность выбранного метода измерений или наблюдений определяется погрешностью (ошибкой) результатов измерений. Требования к погрешности результатов измерений и оценок океанографических параметров рассмотрены в других разделах.

Основные средства океанографических измерений погружаются на горизонты наблюдений путем подвески на опускаемый с помощью лебедки трос с грузом – отвесом. Океанографическая лебедка располагается в средней части открытой палубы с тем расчетом, чтобы опускаемые с борта приборы и снаряжение находились вне зоны работающих винтов судна и выпуска охлаждающей воды и вод из фановой системы. В современных океанографических НИС приборы опускаются на горизонт наблюдений с помощью специальной лебедки, установленной над специальной закрытой шахтой, вмонтированной в корпус судна. Вблизи океанографической лебедки располагается место отбора проб воды с поверхности моря и измерения температуры поверхности моря. В ряде случаев отбор проб воды с верхних горизонтов наблюдений осуществляется с помощью погружаемого на глубину шланга и насоса.

1.17 Состав стандартного океанографического оборудования и приборов

В состав стандартного океанографического оборудования и приборов входят:

1) Средства механизации для опускания приборов за борт и их крепления. Сюда входят: океанографические лебедки, устройства для вывода приборов за борт (шлюп-балки, кран-балки и выстрелы), различного вида тросы и кабель-тросы, блок-счетчики и угломеры.

2) Приборы для отбора проб воды для различного вида химических анализов - батометры, пробоотборники разных типов (опрокидывающийся батометр, батометры на опускаемых зондах, для отбора проб на загрязнение используется специальный батометр с пластиковым корпусом).

3) Приборы для измерения температуры воды (различные термометры и датчики температуры).

4) Приборы для измерения скорости и направления течений.

5) Приборы для измерения волнения (например, струнные волнографы, гидростатические волнографы.

6) Автоматические информационно-измерительные системы для океанографических исследо-ваний (СТД-зонды, буксируемые измерительные комплексы). Комплектация НИС производится в зависимости от задач. Как правило, на небольших океанографических судах ставят лебедки (электромеханические или ручные) с кран-балкой и блок-счетчиком и снабжают их приборами для отбора проб, измерения температуры воды, морскими вертушками и СТД-зондами. На больших и среднетоннажных НИС, кроме обычных лебедок, ставят еще и кабельные. Такие суда могут иметь слипы для постановки буйковых станций. В состав оборудования на них могут входить все указанные выше приборы.

1.18 Требования к расположению океанографических приборов на НИС

Влияние судна на измерение характеристик морской среды приборами состоит в:

1) качке судна - бортовой и килевой - влияет на измерение волнения и течения, на крепление приборов и возможность работы с приборами за бортом судна (рывки троса с приборами - смена горизонтов наблюдения и возможность потери приборов);

2) сбросе сточных вод и выбросе выхлопных газов - влияние на измерения температуры и химического состава вод;

3) турбулентности от корпуса и винтов во время хода - влияет на измерения волнения, течения, на температуру, соленость, кислородный режим около корпуса судна и на буксируемые приборы;

4) дрейф судна или рыскании при стоянии на якоре (по радиусу) - влияет на измерение скорости течения (искаженные измерения скорости и направления течения);

5) металл судового корпуса может влиять на измерители направления течения (на поверхностных горизонтах - девиация магнитного компаса вертушки).

Основными критериями для выбора места расположения океанографических приборов на НИС должны быть:

- расположение приборов должно минимально влиять на мореходные качества судна;
- расположение приборов должно быть таким, чтобы уменьшить влияние судна на приборы.

Установка и размещение лебедок на палубе судна будут рассмотрены в разделе 6.9.2

1.19 Размещение океанографического оборудования на судне

На палубе, при наличии свободного места, в непосредственной близости от лебедок располагаются стойки для батометров. Приборы должны располагаться как можно ближе к помещениям, где находятся их регистраторы информации с датчиков.

На современных исследовательских судах лебедки, как правило, располагаются в трюме. Здесь же находится вспомогательное оборудование.

Приемные антенны радиосигналов от автономных измерителей параметров среды должны находиться в таком месте, где бы не было помех при приеме сигналов и где они не мешали бы навигационному и связному судовому оборудованию.

Лаборатории с аналитическим и приемным оборудованием должны находиться как правило в надстройках судна, быть теплыми и сухими (температура внутри помещения должна находиться в пределах 10-30°С,

влажность не более 85 %), иметь стабильное энергопитание и быть защищенными от электромагнитного излучения.

Корпуса автономных буев должны крепиться на открытой палубе в пределах досягаемости судовых грузовых стрел и кранов и (или) около кормового слипа.

Приборы должны опускаться с лебедок того борта, где происходит наименьшее искажение измеряемых характеристик.

Буксируемые приборы опускаются с кормовых кабельных лебедок.

При измерении волнения струнным волнографом, датчик (струна) подвешивается на крамболе по носу или корме судна на расстоянии (в зависимости от водоизмещения) 3-7 м от него. Место расположения датчиков обусловлено тем, что при положении судна на малом ходу (1-2 узла) носом или кормой на волну набегающие на него волны не деформируются корпусом судна на некотором от него расстоянии. На корме судна кран-балку с подъемным устройством и датчиками устанавливают также, когда у судна нет подруливающего устройства и активного руля.

Подъемное устройство струнного волнографа устанавливается на кран-балке или кронштейне. Кран-балка и кронштейн должны позволять устанавливать подъемное устройство на высоте не менее 2 м от фальшборта носовой части судна.

Волнограф Такера позволяет измерять с судна, идущего малым ходом, лежащего в дрейфе и или стоящего на якоре, гидростатическое давление в фиксированной точке на небольшой глубине датчиком волнения, встроенным в обшивку судна в плоскости его центра тяжести. Прибор монтируется посередине корпуса на 3 м ниже ватерлинии, как правило, по обоим бортам судна.

Температуру воды в поверхностном слое можно измерять с любой точки судна, за исключением мест сброса отработанных вод с судна. На современных судах широко применяются проточные системы.

Место установки лебедок на судне для спуска датчиков приборов за борт почти не влияет на характеристики измеряемых параметров и определяется в основном требованиями к мореходности судна и удобствами эксплуатации приборов. Влияние самого судна на водную среду и на ПИП уменьшается техническими средствами (уменьшением скорости хода, увеличением длины вытравленного троса, постановкой на два якоря, подруливающими устройствами и успокоителями качки, установкой ПИП на автономных буях).

1.20 Общие требования к техническим средствам для проведения океанографических наблюдений и работ

Все технические средства, используемые для производства океанографических наблюдений можно подразделить на палубные, лабораторные и погружаемые.

В зависимости от степени автоматизации измерений можно выделить:

1) неавтоматизированные СИ, включающие в себя ПИП (например, термометры, батометры), регистрирующие, отображающие устройства и вспомогательные устройства (например, погружаемые емкости батометров, посыльные грузы, концевые грузы – отвесы "рыболоты"),

2) автоматизированные измерительные комплексы типа "Гидрозонд", СТД.

В число палубных устройств входят стойки для батометров, лебедки океанографические с комплектом стального троса, кран-балки, откидные площадки.

Все средства измерений (в том числе и лабораторные), используемые при океанографических измерениях, должны быть в морском исполнении.

В период между работами все оборудование и технические средства должны размещаться в лабораторных помещениях. При отсутствии автоматических СИ экспедиционные суда, привлекаемые к производству океанографических измерений должны быть укомплектованы в соответствии с табелем оборудования или списком традиционного океанографического оборудования.

Требования к автоматизированным измерительным комплексам типа "Гидрозонд"и СТД следующие.

Как правило, эти комплексы представляют системы ПИП, измерительных приборов, регистрирующих устройств и других технических средств, замыкаются на бортовую РС. Забортный измерительный и пробоотборный комплекс погружается на горизонты наблюдений на

кабель-тросе с помощью палубной океанографической лебедки. Горизонт наблюдений фиксируется с помощью ПИП давления.

1.21 Выполнение наблюдений при отсутствии на судне автоматизированного измерительного комплекса

Для выполнения стандартных океанографических разрезов на экспедиционном судне должны быть гидрологическая и гидрохимическая лаборатории и 1-2 гидрологические лебедки со счетчиком вытравленного троса и обезжиренным тросом. В комплект гидрологического и гидрохимического оборудования должны входить современные батометры типа Нискина с правильно подобранными и поверенными глубоководными термометрами и термоглубомерами, СТД-зонды, приборы для измерения течений, белый диск, шкала цветности морской воды (или более современные автоматические аналоги, совместимые с ними по качеству информации), электросолемер, шкала pH с реактивами, набор реактивов и оборудования для определения растворенного кислорода, щелочности, биогенных веществ и различных видов загрязнения. Для производства метеонаблюдений на судне должны быть барометр, анемометр, психрометр, термометры для воды и воздуха. Современные суда должны быть оснащены автоматическими метеорологическими станциями. В зависимости от состава наблюдений на судне может быть больше лабораторий, оборудованных под выполнение дополнительных работ (например, гидробиологических, геологических, радиохимических и т.п.).

Во время рейса научный состав разбивается на вахты.

На каждой океанографической станции выполняются работы в следующем порядке:

1. Определяется глубина места станции.
2. Измеряется температура воды в поверхностном слое и на стандартных горизонтах.
3. С тех же горизонтов отбираются пробы воды для определения солености воды и содержания различных гидрохимических элементов.
4. Производятся наблюдения над течениями (скоростью и направлением) на заданных горизонтах.
5. Определяется прозрачность и цвет воды (в светлое время суток).
6. Проводятся батитермографные наблюдения.
7. Проводятся дополнительные наблюдения, не входящие в стандартную программу наблюдений.

Очередность работ может быть установлена таким образом, чтобы в первую очередь проводились те наблюдения, для которых приборы имеют полную готовность к моменту остановки судна, наблюдения занимают наименьшее время, а результаты их требуют оперативной передачи. Все данные наблюдений во время экспедиций записываются в специальные рабочие палубные книжки, утвержденные методическими указаниями для каждого вида наблюдений. В этих же книжках производятся все расчеты по введению поправок и получению истинного значения элемента in situ. Все расчеты обязательно независимо перепроверяются. После окончания экспедиции все обработанные данные заносятся в сводные таблицы ТГМ-3М и на носители информации для ПЭВМ.

После завершения экспедиционного рейса НИС составляется следующая отчетная документация: рейсовое донесение капитана и начальника экспедиции (пом.капитана по научной работе), или начальника рейса, сведения об океанографических наблюдениях, выполненных в рейсе, научно-технический отчет о рейсе, электронные носители с данными измерений.

1.22 Специальные требования по организации и проведению океанографических работ группами судов

Групповым экспериментом называется работа на океанографических разрезах и съемках (океанографических полигонах) в составе двух и более судов. Групповой эксперимент требует специальной подготовки и проведения работ по сравнению рабочих СИ (интеркалибрации).

1.23 Метрологическое обеспечение океанографических наблюдений на судах

Метрологическое обеспечение океанографических измерений включает применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм для достижения единства и требуемой точности измерений. Главная задача метрологического обеспечения – достижение единства и достоверности проводимых измерений, при которых результаты измерений выражены в установленных единицах и известны оценки их погрешностей с гарантированной доверительной вероятностью.

Технической основой метрологического обеспечения являются система государственных эталонов физических величин, система передачи их размеров, система обязательной поверки или метрологической аттестации. Поверку любых океанографических СИ необходимо производить для установления их пригодности к применению, которая определяется соответствием их характеристик требованиям нормативно-технической документации (НТД).

Существующие виды поверок океанографических СИ:

- первичная,
- периодическая,
- внеочередная,
- инспекционная.

Поверку СИ проводят организации метрологической службы.

Правила и нормы метрологического обеспечения СИ установлены Государственными стандартами.

Метрологическое обеспечение океанографических СИ осуществляется метрологическими подразделениями непосредственно у судовладельца (в УГМС) и в период рейса судна в океанографических (гидрологических) отрядах и группах. В каждом конкретном случае метрологическое обеспечение делится на обеспечение стандартизированных СИ заводского (промышленного) изготовления, прошедших государственные испытания, и обеспечение нестандартизированных СИ, изготовленных в единичных экземплярах, не прошедших государственные испытания, но признанных годными к применению по результатам аттестации.

1.24 Системы судовой навигации

В настоящее время существует большое количество разнообразного навигационного оборудования, всевозможных фирм и модификаций. Одна только фирма *Garmin* предлагает несколько десятков моделей GPS навигаторов. Такое обилие разнообразных GPS навигаторов объясняется тем, что они имеют малый размер и могут работать автономно достаточно долго. Как показали исследования предлагаемой продукции различных фирм, практически все модели GPS навигаторов обладают примерно одинаковыми точностными характеристиками. Основные отличия моделей в основном сводятся к следующим:

-размеры дисплея;
-наличие (отсутствие) цветности дисплея;
-объем внутренней памяти для хранения карт;
-длительность работы в автономном режиме;
-поддержка различных форматов загружаемых карт;
-количество запоминаемых путевых точек, маршрутов;
-наличие (отсутствие) путевого журнала;
-дополнительные функции (информация о приливах и отливах, таблицы движения Луны и Солнца и т.п.).

С точки зрения установки GPS навигатора на судне все перечисленные свойства не являются важными. Судовой навигационный комплекс должен быть сопряжен с компьютером, в связи с чем размеры и цветность дисплея не имеют особого значение, требование хорошего разрешения дисплея может понадобиться только в случае выхода из строя компьютера к которому будет подключен судовой навигационный комплекс, но это событие маловероятное, хотя теоретически возможное. Большой объем внутренней памяти от навигатора не требуется, так как для работы с электронными картами будет использоваться компьютер, находящийся в штурманской рубке, то

же самое касается и совместимости форматов загружаемых карт, возможностей запоминания путевых точек, маршрутов и путевого журнала, все эти возможности могут понадобиться только в случае неисправности компьютера. По питанию прибора нет ограничений, навигационный комплекс будет получать энергию от судовой электросети. Дополнительные функции (информация о приливах и отливах, таблицы движения луны и солнца и т.п.) могут быть целиком реализованы на компьютере.

Исходя из всех вышеперечисленных соображений, целесообразно иметь в составе судового комплекса два GPS навигатора. Один из которых должен обеспечивать получение данных о координатах суднах и его скорости, через компьютер все данные должны поступать пользователям (штурманская рубка, *ADCP* и др.). Второй, дублирующий GPS навигатор, должен иметь графический дисплей с хорошим разрешением на случай выхода из строя компьютера. Работать оба навигатора должны параллельно, для обеспечения непрерывной проверки показаний друг друга, в случае существенных отличий в показаниях приборов, можно сделать вывод о неисправности одного из них. Отметим также, что оба навигатора должны быть дифференциальными, т.е. поддерживать прием сигналов от береговых станций, это существенно повысит точность получаемых данных.

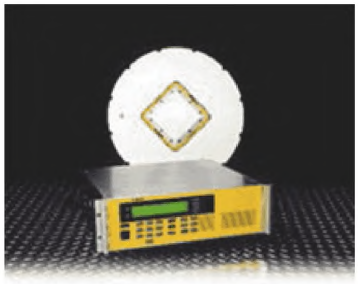


Рис. 1.3 GPS навигатор

Наиболее предпочтительной моделью согласно приведенным требованиям можно считать приемоиндикатор *4000 DS* (Рис. 1.3).

Краткие характеристики:

- 9-канальный DGPS-приемоиндикатор, L1 C/A код;
- антенна Compact Dome;
- точность 1-3 м в реальном времени при приеме RTCM-104;
- генерация сообщений NMEA-0183 с частотой 2 Гц, скорость передачи 50÷57.6 Кбод;
- 2 последовательных порта;
- жидкокристаллический буквенно-цифровой дисплей 4 строки по 40 символов;
- питание 10,35÷35 В.

Навигационный DGPS-приемоиндикатор *NT-200D* TRIMBLE NAVIGATION. Приемник предназначен для использования при навигации, а также дублирования основного приемоиндикатора 4000 DS. Оснащен графическим дисплеем повышенной контрастности с разрешением 320x240 точек. Имеет встроенный приемник дифференциальных сообщений маячного диапазона 283.5÷325.0 Кгц. Производит автоматический поиск и переключение на опорную станцию с наилучшими параметрами сигнала.

Краткие характеристики:

- 6-канальные DGPS-приемоиндикатор, L1 C/A-код;
- точность определения 5÷10 м в дифференциальном режиме, 100 м – в автономном при включенном S/A;
- компактная антенна GPS/CB;
- 2 последовательных порта;
- генерация сообщений NMEA-0183 с частотой 1 Гц;
- прием дифференциальных поправок RTCM от внешнего приемника;
- регистрация по выбору координат (широта/долгота), скорости, курса;

- возможность подключения гирокомпаса, лага (NMEA);
- возможность ввода до 500 путевых точек, организованных в маршруты;
- аварийное возвращение;
- питание 12÷24 В, 10 Вт.

Приемник установлен в водонепроницаемом корпусе.

Под номером 50767 в Государственный реестр включена навигационная аппаратура ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС-3М. Ниже приводится описание этой аппаратуры.

Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС-3М.

Назначение средства измерений

Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС-3М (далее - аппаратура) предназначена для измерений текущих навигационных параметров, определения на их основе координат и скорости потребителя и выдачи шкалы времени (ШВ), синхронизированной с ШВ UTC(SU), UTC(USNO), системными ШВ систем ГЛОНАСС и GPS.

Описание средства измерений

Принцип действия аппаратуры основан на измерении псевдодальностей, псевдофаз, доплеровских смещений частот по сигналам ГНСС ГЛОНАСС (код СТ) и GPS (код С/А) в час- тотном диапазоне L1, подстройке секундной метки (PPS) под ШВ UTC(SU), UTC(USNO) или системные ШВ систем ГЛОНАСС и GPS.

Конструктивно аппаратура представляет собой печатную плату с расположенными на ней входными и выходными разъемами. К входному разъему подключается антенный блок, к выходному разъему – ПЭВМ с программным обеспечением. Аппаратура выпускается в двух вариантах исполнения: ГеоС-3 и ГеоС-3М. Варианты исполнения отличаются внешним видом, габаритными размерами, также ГеоС-3М не имеет вывода секундной метки (PPS).

Управление режимами работы и отображение навигационной информации осуществля- ется с помощью программного обеспечения «GeoSDemo3», устанавливаемого на внешнюю ПЭВМ. Обмен данными с аппаратурой осуществляется в соответствии с протоколом BIN/GS3 или NMEA-0183.

Внешний вид аппаратуры в различных вариантах исполнения приведен на Рис. 1.4. и Рис.1.5.

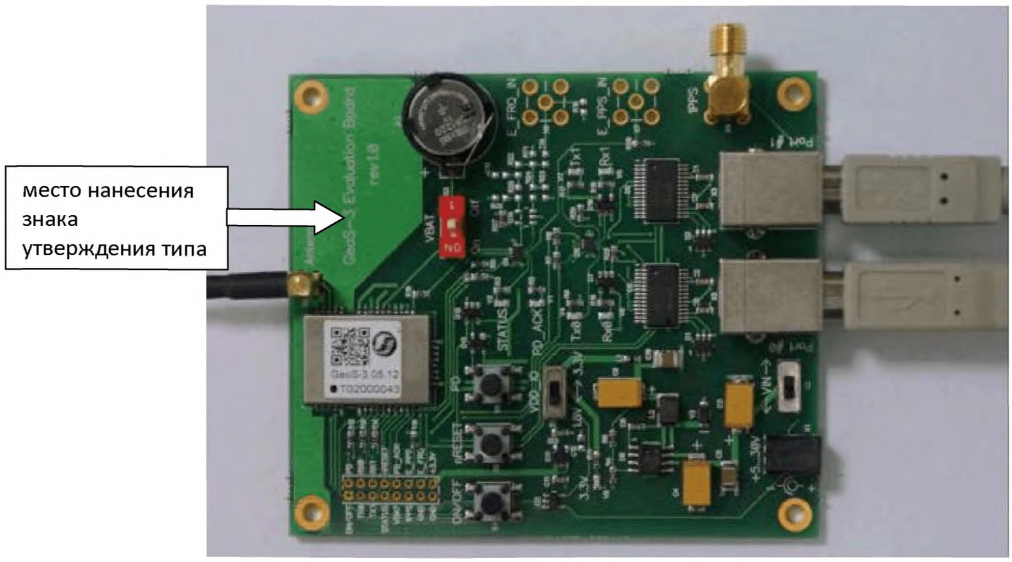


Рис.1.4 Внешний вид аппаратуры ГеоС-3



Рис.1.5 Внешний вид аппаратуры ГеоС-3М

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) «GeoSDemo3», предназначено для управления режима- ми работы аппаратуры и отображения навигационной информации.

Метрологически значимая часть ПО и измеренные данные не требуют специальных средств защиты от преднамеренных и непреднамеренных изменений. Идентификационные данные (признаки) ПО приведены в Таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
GeoSDemo3	GeoSDemo3.exe	3.02	e58a9782d39eb53c ceee09f16daf2a74	md5

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «А» по МИ 3286-2010.

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики аппаратуры приведены в Таблице 1.2.

Таблица 1.2

Наименование характеристики	Значение характеристики	
	Исполнение ГеоС-3	Исполнение ГеоС-3М
Пределы допускаемой инструментальной погрешности (по уровню вероятности 0,67) определения координат в плане при работе по сигналам ГЛОНАСС и GPS в автономном режиме, м	±3,0	
Пределы допускаемой инструментальной погрешности (по уровню вероятности 0,67) определения высоты при работе по сигналам ГЛОНАСС и GPS в автономном режиме, м	±5,0	

Пределы допускаемой инструментальной погрешности (по уровню вероятности 0,67) определения скорости (при скоростях до 515 м/с) при работе по сигналам ГЛОНАСС и GPS, м/с	± 0,05	
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей инструментальной погрешности формирования метки време- ни ШВ КНС ГЛОНАСС, КНС GPS, UTC(SU), UTC(USNO) при работе по сигналам ГЛОНАСС и GPS, нс	30	-
Напряжение питания от сети постоянного тока, В -основное -резервное	1,8 ± 0,18 от 1,6 до 3,6	
Пиковое ударное ускорение механических ударов многократного действия при длительности 1-5 мс, м/с^2	1470	
Амплитуда виброускорения в диапазоне частот от 20 до 1000 Гц, м/с^2	От 20 до 100	
Габаритные размеры (длина х ширина х высота), мм, не более:	87х76х15	60х43х6
Масса, г, не более:	60	40
Максимальная сила тока, потребляемая от цепи питания при напряжении 1,8 В, мА	65	
Рабочие условия эксплуатации: температура окружающего воздуха, ^{0}С	от минус 40 до 85	

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится в верхнем левом углу документа «Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС- 3 и ГеоС-3М. Руководство по эксплуатации» типографским или компьютерным способом, на плату аппаратуры в виде наклейки.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки аппаратуры приведен в Таблице 1.3.

Таблица 1.3

Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3, ГеоС-3М	1 шт.
Демонстрационное ПО для ПК GeoSDemo3	1 шт.
Руководство пользователя программы GeoSDemo3	1 шт.
Руководство по эксплуатации на аппаратуру	1 шт.
Этикетка	1 шт.
Методика поверки	1 шт.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП 53513-13 «Инструкция. Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС-3М. Методика поверки», утвержденному руководителем ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИФТРИ» в 2013 г.

Основные средства поверки:

- имитатор сигналов СН-3803М (рег. № 36528-07), предел допускаемого среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности до НКА КНС ГЛОНАСС и GPS по фазе дальномерного кода 0,1 м; по псевдоскорости СКО 0,005 м/с;

- частотомер универсальный CNT–90 (рег. № 41567-09), диапазон измерений частоты от 0,001 Гц до 300 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

Сведения о методиках (методах) измерений

Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС-3М. Руководство по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к аппаратуре навигационно-временной потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС3М

Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС-3М. Технические условия. ИЯФК.464316.003 ТУ.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений Аппаратура навигационная потребителей глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ГеоС-3 и ГеоС3М используется для измерений навигационных параметров с целью определения на их основе координат и скорости потребителя и выдачи ШВ, синхронизированной с ШВ UTC(SU), UTC(USNO), системными ШВ систем ГЛОНАСС и GPS в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Изготовитель

ООО «Конструкторское бюро ГеоСтар навигация»
125319, г. Москва, 4-я ул. 8-го Марта, д.3, стр.3
ИНН 7714773104.
Тел.: +7 (495) 784-66-27
Факс: +7 (495) 784-66-27

Кроме того, под номером 53638 в Государственный реестр 55 включена аппаратура ГЛОНАСС/GPS Trimble Geo Explorer 6000XH/6000XT, описание которой приводится ниже.

Аппаратура спутниковая геодезическая двухчастотная космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT

Назначение средства измерений

Аппаратура спутниковая геодезическая двухчастотная космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT (далее - аппаратура) предназначена для измерений координат и определения относительного местоположения объектов по сигналам навигационных космических аппаратов (НКА) систем ГЛОНАСС и GPS.

Описание средства измерений

Принцип действия аппаратуры основан на параллельном приеме и обработке сигналов навигационных космических аппаратов КНС GPS и ГЛОНАСС на частотах L1 и L2, а также сигналов спутниковых систем дифференциальной коррекции SBAS.

Конструктивно аппаратура выполнена в моноблочном корпусе, который содержит приёмник сигналов ГНСС со встроенной антенной, GSM модем, модули связи Bluetooth, Wi-Fi, запоминающее устройство, фотокамеру и пр. На боковой панели корпуса расположен разъем для подключения дополнительной внешней антенны. На верхней панели расположены: цветной сенсорный дисплей, кнопка включения и выключения аппаратуры, кнопка включения и выключения подсветки дисплея, кнопки управления режимами работы.

Предусмотрены следующие режимы измерений: автономный, кодовый дифференциальный (SBAS), статический, кинематика в реальном времени (RTK). Модификация GeoExplorer 6000XH отличается более высокой точностью.

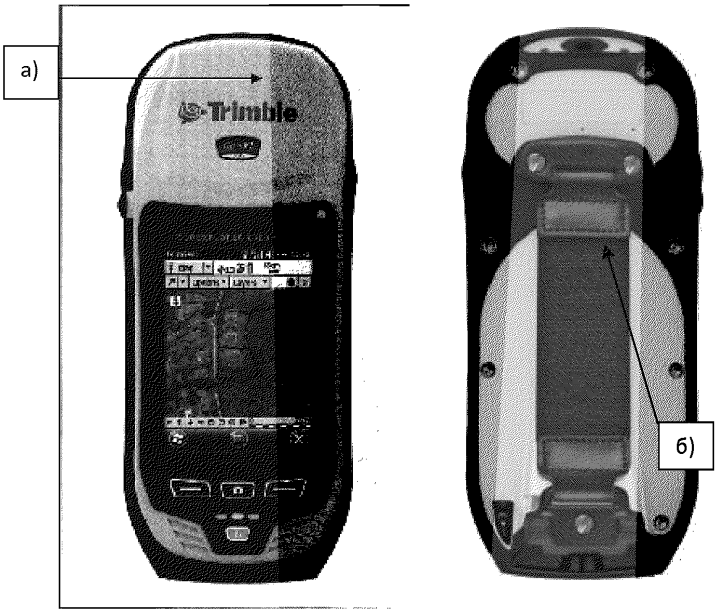


Рис.1.6 Внешний вид аппаратуры Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT
а) место нанесения наклейки со знаком утверждения типа; б) место пломбировки.

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) «Trimble TerraSync», предназначено для управления режимами работы аппаратуры, сбора и отображения навигационной информации.

Дистрибутив ПО генерируется для каждого комплекта аппаратуры отдельно, в соответствии с серийным номером, согласно файлу лицензии, который хранится в базе данных производителя. ПО подлежит обновлению через сеть Интернет, аналогично генерации дистрибутива. Таким образом, ПО защищено от преднамеренных и непреднамеренных изменений производителем.

Метрологически значимая часть ПО и измеренные данные не требуют специальных средств защиты от преднамеренных и непреднамеренных изменений.

Идентификационные данные (признаки) ПО приведены в Таблице 1.4.

Таблица 1.4

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО (подлежит обновлению)
Аппаратно-встроенное ПО Trimble TerraSync	Trimble TerraSync	не ниже 5.21

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики аппаратуры приведены в Таблице 1.5.

Таблица 1.5

Наименование характеристики	Значение характеристики	
	6000XH	6000XT

Границы допускаемой погрешности (по уровню вероятности 0,67) определения координат в плане в автономном режиме ГЛОНАСС/GPS, м	±3	
Среднеквадратическое отклонение (СКО) измерений приращений координат в плане в режиме «Статика» (ГЛОНАСС/GPS), м, где D – длина измеряемого базиса.	$0,1+Dx10^{-6}$	$0,5+Dx10^{-6}$
Среднеквадратическое отклонение (СКО) измерений приращений координат в плане в режиме «Навигация с дифференциальными поправками (SBAS)» (ГЛОНАСС/GPS), м	1	
Среднеквадратическое отклонение (СКО) измерений приращений координат в плане в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)» (ГЛОНАСС/GPS), м, где D – длина измеряемого базиса.	$0,1+Dx10^{-6}$	$1+Dx10^{-6}$
Габаритные размеры (длина х ширина х высота), мм, не более	234x99x56	
Масса (с батареей), кг, не более	0,925	
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 20 до 50	
Диапазон температур хранения, °С	от минус 30 до 70	
Относительная влажность воздуха (неконденсированная), %	до 95	

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится в верхнем левом углу Руководства по эксплуатации типографским или компьютерным способом, на корпус аппаратуры в виде наклейки.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки аппаратуры включает:

Аппаратура спутниковая геодезическая двухчастотная космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT	1 шт.
Мягкий чехол для переноски	1 шт.
Сетевой адаптер	1 шт.
Сервисный CD-диск	1 шт.
Комплект антибликовых плёнок	1 шт.
USB-кабель	1 шт.
Наручный ремешок	1 шт.
Стилус со шнурком	1 шт.
Аккумулятор	1 шт.
Внешняя ГНСС антенна*	1 шт.
Антенный кабель*	1 шт.
Штатив*	1 шт.
Веха*	1 шт.
Трегер*	1 шт.
Адаптер трегера*	1 шт.
Крепление к автомобилю*	1 шт.
Крепление к вешке*	1 шт.
Жесткий чехол для переноски*	1 шт.
Транспортировочный рюкзак*	1 шт.
МИ 2408-97 «ГСИ. Аппаратура пользователей космических навига- ционных систем геодезическая. Методика поверки»	1 шт.

Руководство по эксплуатации	1 шт.

Примечание: * - по заказу.

Поверка

Поверка осуществляется по МИ 2408-97 «ГСИ. Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Основные средства поверки:

- эталонный базис длины;
- рабочий эталон - электронный тахеометр TDA 5005 (Рег. №~440117), СКО измерений разностей координат по измерениям углов и длин линии 0,4 мм;
- линейка измерительная металлическая (Рег. № 34854-07) 300 мм;
- барометр-анероид метеорологический БАММ-1 Рег. № 5738-76), диапазон измерений от 86 до 106 кПа, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ± 0,2 кПа;
- психрометр аспирационный М-34 (Рег. № 10069-96), диапазон измерения относительной влажности воздуха при температуре от 5 до 40°С – от 10 до 100%; диапазон измерения температуры воздуха от минус 25 до 50°С.

Сведения о методиках (методах) измерений

Аппаратура спутниковая геодезическая двухчастотная космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT. Руководство по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к аппаратуре спутниковой геодезической двухчастотной космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT

Техническая документация фирмы-изготовителя.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Аппаратура спутниковая геодезическая двухчастотная космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS Trimble GeoExplorer 6000XH/6000XT используется для измерений координат и определения относительного местоположения объектов по сигналам навигационных космических аппаратов систем ГЛОНАСС и GPS в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Изготовитель

Фирма «Trimble Navigation Ltd», США.
935 Stewart Drive, Sunnyvale, CA 94085;
645 North Mary Avenue, CA 94086, тел. +1-408-481-8940.

Глава 2. Состав наблюдений и работ. Стандартные горизонты

2.1 Наблюдения на глубоководных океанографических станциях

На каждой глубоководной станции проводят следующие работы:

1) определяют глубину места;

2) измеряют температуру воды в поверхностном слое и на других заданных (стандартных) горизонта и непрерывных профилях;

3) берут пробы воды с тех же горизонтов, на которых измеряется температура воды для определения солености воды и содержания различных гидрохимических элементов: кислорода, pH, щелочности, фосфатов, силикатов, нитратов, нитритов, угольной кислоты, сероводорода, окисляемости, биохимического потребления кислорода (БПК) и веществ, характеризующих загрязнение вод: нефтепродуктов, фенолов, детергентов, тяжелых металлов и других веществ в соответствии с программой исследований;

4) определяют направление и скорость течений в поверхностном слое и на заданных глубинах

и непрерывных профилях;

5) определяют относительную прозрачность воды (в светлое время суток);

6) определяют цвет воды (в светлое время суток);

7) ведут вертикальное зондирование;

8) определяют гидрооптические свойства воды

Глубоководные наблюдения на каждой станции сопровождаются гидрометеорологическими наблюдениями.

По специальному заданию производят волнографные измерения, берут образцы грунта, проводят гидробиологические работы и берут пробы воды для определения ее радиоактивности.

Состав наблюдений на многосуточных станциях такой же, как и на остальных станциях, с добавлением волнографных измерений.

Наблюдения на каждой океанографической станции сразу после обработки должны быть зашифрованы по кодам КН-05 и КН-06 и переданы по каналам связи в соответствующие адреса для оперативного использования.

2.2 Судовые гидрометеорологические наблюдения

Производство гидрометеорологических наблюдений является повседневной научно-производственной работой судна, обеспечивающей Всемирную службу погоды (ВСП), капитана, штурманский и экспедиционный составы основными гидрометеорологическими данными наблюдений, выполненными в стандартные сроки (00, 06, 12, 18ч. – ВСВ, всемирное скоординированное время).

В течение всего рейса на экспедиционном судне должны проводиться регулярные гидрометеорологические наблюдения в соответствии с Наставлением гидрометстанциям и постам вып.9, ч.II. Наставлением предусматриваются наблюдения: за атмосферным давлением, температурой и влажностью воздуха, ветром, облачностью, осадками, туманами, видимостью, грозами, оптическими явлениями, температурой поверхностного слоя моря, состоянием ледяного покрова, волнением, текущей и прошедшей погодой, особо опасными и редкими явлениями.

К особо опасным (стихийным) явлениям (ОЯ) в океане относятся: волнение при высоте волн 8м и более, тропические циклоны (тайфуны) при скорости ветра 35 м/с и более; быстрое обледенение судов — скорость нарастания льда 0,7 см/ч и более; увеличение содержания загрязняющих веществ в воде до 100 ПДК (предельно допустимая концентрация) и более; покрытие более 1/3 видимой поверхности моря нефтяной или масляной пленкой. Возможны и другие ОЯ. Сведения об опасных явлениях в виде штормового оповещения передаются немедленно.

В точках океанографических станций гидрометеорологические наблюдения выполняются в соответствии с программой гидрологических и других наблюдений и, кроме того, не менее 4 раз в сутки (0, 6, 12 и 18 ч. ВСВ). При наличии специальных заданий или программ количество сроков гидрометеорологических наблюдений может быть доведено до 8 или 12 в сутки.

На всех переходах в течение всего рейса через 1—2 ч. выполняются наблюдения за температурой поверхностного слоя моря и берутся пробы воды для определения солености. При возможности желательно отбирать также пробы для определения нефтепродуктов (в поверхностном слое).

По специальным заданиям проводятся инструментальные наблюдения за волнением.

На крупных экспедиционных судах при работах в открытом море дополнительно к указанным выше наблюдениям выполняют: 1) аэрологические наблюдения 1—4 раза в сутки (температурно-ветровое зондирование), 2) актинометрические наблюдения 6— 8 раз в сутки (через 4—3 ч). Наблюдения проводятся за прямой солнечной радиацией, рассеянной радиацией, радиационным балансом и отраженной радиацией.

Кроме того, на некоторых экспедиционных судах проводят дополнительно:

1) градиентные наблюдения за температурой, влажностью воздуха и скоростью ветра;

2) наблюдения за атмосферным электричеством, электропроводимостью, напряженностью электрического поля и осуществляется регистрация грозовой деятельности;

3) наблюдения за радиоактивностью воздуха и атмосферных осадков,

4) гидробиологические наблюдения.

При наблюдениях следует руководствоваться Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, ч. II, 1964 г.

Результаты гидрометеорологических и аэрологических наблюдений немедленно кодируют соответственно кодами КН-09 и КН-03 и передают в адрес ближайшего оперативного органа Гидрометслужбы.

При наличии на судне синоптической группы последняя составляет синоптические карты, которые используются для обеспечения экспедиции прогнозами погоды и данными об атмосферных процессах. Число карт, составляемых в сутки, зависит от состава группы и программы работ экспедиции.

2.3 Стандартные горизонты наблюдений

Температура и взятие проб воды. Глубоководные наблюдения за температурой воды и взятие проб батометрами для определения гидрохимических элементов производят на следующих стандартных горизонтах:

1) для океанов и глубоководных морей — Карского, Баренцева, Норвежского, Гренландского, Черного, Каспийского (кроме северной части), Японского, Охотского, Берингова и др.— 0, 10, 20, (25), 30, 50, 75, 100, (125), 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600. 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 м и далее через 1000 м и на придонном горизонте;

2) для мелководных морей — Белого, Балтийского, Азовского, Северного Каспия, Аральского, Чукотского, Восточно-Сибирского, Лаптевых и мелководных районов глубоких морей, указанных выше,—0, (5), 10, 15, 20, (25), 30, 40, 50, 60, (75), 80, 100, (125), 150, 200 м и на придонном горизонте. В скобках обозначены необязательные горизонты.

Наблюдения в придонном горизонте проводят на возможно близком расстоянии от дна. Однако это расстояние должно быть достаточным, чтобы не рисковать повреждением приборов. Глубины всех горизонтов отсчитывают по показанию счетчика от поверхности моря. При получении данных с зондирующего комплекса в реальном времени можно использовать показания датчика давления.

Расчет глубин при работах на многочасовых станциях в мелководных районах приливных морей (бухтах, губах, заливах) в местах, где прилив соизмерим с глубиной, проводят от дна.

В случае обнаружения слоя скачка, т. е. резкого изменения температуры воды на двух смежных горизонтах, что наблюдается преимущественно в теплое время года, необходимо определить границы слоя. Для этого следует измерить температуру и взять пробы на промежуточных горизонтах.

При выборе дополнительных горизонтов руководствуются следующими соображениями: стараются расположить дополнительные горизонты таким образом, чтобы они пришлись на верхнюю и нижнюю границы слоя скачка.

Пример

Температура на стандартных горизонтах

Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С
5	26,3	20	21,2
10	26,1	25	15,4
15	26,0	30	14,1

Для определения границ слоя скачка измеряют температуру на горизонтах 18 и 23 м. Температура на глубине 18м равна 25,5°С (верхняя граница слоя скачка), на горизонте 23 м и 15,6°С (нижняя граница слоя скачка).

Если разность температур на выбранном дополнительном горизонте и на соответствующем стандартном горизонте велика (дополнительный горизонт находится в пределах слоя скачка), то берут еще один промежуточный горизонт.

Если толщина слоя скачка невелика (не больше 5 м), то можно ограничиться только одним дополнительным горизонтом. Например, температура на 0 м равна 10, а на 5 м 7,8°С, то следует измерить температуру на глубине 3 м.

Определив положение слоя скачка, берут на его границах пробы воды для определения гидрохимических элементов.

Течения. Наблюдения за течениями проводятся на тех же горизонтах, что и за температурой воды и ADCP-профилях. Однако, в связи с тем, что эти наблюдения более сложны, часть горизонтов может быть пропущена. Рекомендуются следующие горизонты: 0; (5), 10, 25, 50, 100, 200, 300, (400), 500, 750, 1000; 1200, 1500, 2000 и далее через 1000 м.

Кроме того, наблюдения проводят с учетом вертикальной структуры водных масс и при наличии слоев скачка температуры или солености вводят дополнительные горизонты, или несколько изменяют глубину указанных стандартных горизонтов, чтобы получить распределение течений в зависимости от структуры водных масс.

2.4 Коды для оперативных передач океанографических данных

Результаты ежедневных океанографических и гидрометеорологических наблюдений оперативно передаются по радио в органы Гидрометслужбы, где они используются для оперативной информации различных отраслей хозяйства и других заинтересованных организаций и для составления гидрометеорологических прогнозов.

Для этой цели используются специальные коды.

Подробно этот вопрос рассмотрен в Главе 5.

Глава 3. Участие в глобальных системах океанографических наблюдений и работ

3.1 Участие в глобальной системе наблюдений, сбора, анализа и распространения информации (ВМО-МОК)

Всемирная служба погоды (ВСП) является глобальной системой для сбора, анализа и распространения информации о погоде и другой информации об окружающей природной среде. Она представляет собой комплексную систему, состоящую из национальных средств и услуг, которые принадлежат отдельным странам, являющимся членами ВМО, и эксплуатируются ими. Функционирование Всемирной службы погоды базируется на основополагающей концепции, согласно которой 160 стран - членов берут на себя, соответственно своим возможностям, определенные обязательства по согласованной глобальной схеме с тем, чтобы все страны могли получать выгоды от объединенных усилий. ВСП - уникальное достижение международного сотрудничества, ни в одной другой сфере человеческой деятельности, в частности, в науке и технологии, не существует и никогда не существовала такая подлинно глобальная оперативная система, в которую ежедневно вносит вклад на общее благо фактически каждая страна мира. Важным компонентом этой системы является система морских и океанских станций и пунктов наблюдений, осуществляемых судами разных стран.

Всемирная служба погоды состоит из трех основных компонентов:

а) Глобальная система наблюдений, которая включает средства на суше, на морях и Мировом океане, в воздухе и в космосе для наблюдения и измерения метеорологических элементов;

б) Глобальная система телесвязи, всемирная система телесвязи для быстрого обмена наблюденной информацией, а также проанализированной и обработанной информацией, включая прогнозы.

в) Глобальная система обработки данных, которая представляет собой сеть мировых и региональных компьютеризированных центров обработки данных.

Функционирование ВСП требует пристального внимания к стандартизации методик, методов наблюдений и измерений, к разработке общих процедур телесвязи, а также представления как данных наблюдений, так и обработанной информации способом, понятным всем, независимо от языка.

Все наблюдения организуются и координируются ВМО для обеспечения такого положения, при котором каждая страна может получать любую необходимую ей информацию для обеспечения метеорологического обслуживания в целях экономического развития на ежедневной основе, а также для долгосрочного планирования исследований.

Россия, являясь преемницей СССР, не может не продолжать исследования в Мировом океане, т.к. может лишиться информации о состоянии природной среды, получаемой гидрометеорологическими и океанографическими центрами разных стран.

Следует отметить, что изменчивость погоды и климата России во многом определяют процессы, происходящие в Мировом океане и атмосфере над ним. Для России важно иметь непрерывные ряды наблюдений за центрами действия атмосферы, расположенными в Северном Ледовитом, Атлантическом, Тихом и Индийском океанах.

Большой вклад в изучение глобальных процессов, происходящих в атмосфере и океане и необходимых для изучения природы климата, внесли СССР и Россия, активно участвуя в международных климатических и геосферно-биосферных программах TOGA, WOCE, JGOFS, GLOBALCHANGE, РАЗРЕЗЫ, ВЕСТПАК, ПИКЕС, Карбонатная система океана, Озоновый слой атмосферы (океанские наблюдения), на основе объединенной глобальной системы океанических служб (ОГСОС) и в специальных программах натурных наблюдений в океане.

Важнейшим элементом развития систем прогноза и информации об опасных явлениях природы является развитие систем спутникового мониторинга. Системы эффективной обработки спутниковой информации не могут быть созданы без сети океанографических (подспутниковых) наблюдений и системы долгопериодных наблюдений на буйковых станциях.

К концу XX столетия число наземных наблюдательных станций превысило 9000, а подвижных судовых станций достигло 7000, что для Мирового океана очень незначительная величина. По-настоящему пробелы стали восполняться в 70-е годы по мере быстрого развития метеорологической спутниковой технологии и автоматизированных систем наблюдений.

Наиболее важным требованием к выполнению комплексного мониторинга и прогноза, выполнение которого приносит наибольшие преимущества, является вклад в обеспечение безопасности жизни. Такие преимущества получают, в частности, за счет предупреждения об особо опасных явлениях погоды, которые выпускаются для широкой общественности в специальном метеорологическом обслуживании авиации, морской деятельности и морского транспорта. Вероятно, самое большое воздействие на обеспечение безопасности оказывают предупреждения о тропических циклонах. В среднем за год над теплыми океанскими водами в ряде районов тропиков формируется около 80 тропических циклонов, поражающих около 30 стран, в том числе дальневосточные берега России. В значительной степени жертв и ущерба можно избежать при условии надежных заблаговременных предупреждений о характеристиках и пути движения каждого циклона. Национальные метеорологические службы во всех районах мира, подверженных воздействию циклонов, обеспечивают такое обслуживание предупреждениями по своим зонам ответственности: это обслуживание координируется в рамках Программы ВМО по тропическим циклонам, основой которой служит ВСП. По мере роста населения и увеличения капиталовложений в прибрежных районах, подверженных воздействию циклонов, все возрастающее значение для многих стран приобретает обнаружение, прослеживание траектории перемещения и предсказание тропических циклонов, а также прогнозирование сопутствующих им паводков и штормовых нагонов.

Существует много других типов опасных явлений погоды, таких как сильные штормы местного значения (включая грозы, град, ураганы и внезапные паводки), обильные снегопады, сход лавин, затопление береговых зон вследствие штормовых нагонов, которые приводят к многочисленным жертвам и разрушениям ежегодно. В конце 1987 г. Генеральная Ассамблея Организации объединенных Наций приняла резолюцию, в которой 90-е годы были объявлены как Международное десятилетие по борьбе с природными бедствиями (ИДПДР). Цель ИДПДР заключалась в том, чтобы уменьшить, особенно в развивающихся странах, число жертв, объем

материального ущерба и социально-экономические убытки в результате стихийных бедствий. Цель десятилетия - содействовать международной, региональной и национальной деятельности по сокращению последствий природных бедствий, причем особое внимание уделялось системам раннего предупреждения. Во всем мире и в дальнейшем будет возрастать значение потребности в краткосрочном прогнозировании и в предупреждениях об опасных последствиях морских метеорологических явлений.

Помимо технических и организационных достижений в проектировании и эксплуатации технических средств, на Всемирную службу погоды оказывают очевидное воздействие изменяющиеся потребности общества и приоритеты задач. В настоящее время ожидается наибольшая потребность в метеорологических данных и информации в таких областях, как:

- Глобальные климатические изменения;
- Безопасность для жизни и сокращение последствий природных бедствий;
- Сельское хозяйство и производство продовольствия для растущего населения в изменчивых и, в большинстве случаев, неблагоприятных климатических условиях;
- Сохранение ресурсов, особенно водных и энергетических, и управление природными ресурсами;
- Исследование и эксплуатация морских ресурсов (нефть, газ, минералы, рыбные ресурсы);
- Защита окружающей среды (атмосфера, внутренние воды, океан, почва и биота);
- Транспорт (сухопутный, морской и воздушный);
- Строительство и производство;
- Здравоохранение, отдых и туризм.

ВСП стала одним из наиболее плодотворных направлений применения революционных достижений в области телесвязи и обработки данных. Прогресс космической технологии в значительной степени обусловлен метеорологическими потребностями. Перед ВСП, ее оперативными компонентами и деятельностью в поддержку осуществления стоят далекоидущие цели по созданию инфраструктуры для оперативного метеорологического, океанографического и гидрологического обслуживания; по обеспечению оптимального использования фондов, людских ресурсов и оборудования; по обеспечению такого положения, при котором все страны могут получать максимальные преимущества от системы путем свободного обмена данными и продукцией и постоянной передачи технологии.

Изучение океана по силам только большим научным коллективам, объединенным единой программой изысканий и включающих физиков, химиков, геологов, биологов, океанологов, располагающим морскими экспериментальными станциями, океанским флотом, опытным производством.

Однако океан не только дает возможность получать материальные ценности, но он и грозная стихия, способная разрушать созданное человеком. Одно из его проявлений - цунами, громадные океанские волны гигантской силы, способные в несколько секунд разрушить прибрежный город. Цунами возникает в результате подводных землетрясений и с огромной скоростью, до1000 километров в час, движется к побережью. У побережья суши высота волны возрастает до 25-30 метров и цунами наносит ущерб хозяйству, на восполнение которого необходимы годы.

Это бедствие обрушивается на все морские страны, но в большей степени на государства Тихоокеанского бассейна, где регистрируется до 90 % цунами.

Изучением и предупреждением цунами занимаются многие научно-исследовательские институты, но наибольший опыт в мировой практике накоплен Росгидрометом. Разработана и успешно внедряется в жизнь система прогнозирования цунами, которая позволяет с большой точностью предсказать катастрофу и дает возможность организовать своевременную эвакуацию людей и техники.

Долгое время для этого существовал единственный метод прогноза - сейсмический. Сейсмостанции регистрировали землетрясения во всех точках океана, выдавали информацию головной станции "Южно-Сахалинск", на которой ЭВМ с помощью специальной системы математического обеспечения прогнозировала появление цунами. Для современной науки, требующей идеальной точности, этого уже недостаточно.

Сейчас разработан гидрофизический метод прогноза цунами и создана аппаратура, не имеющая аналогов в мировом приборостроении. Теперь по гидростатическому давлению,

температуре воды, электрическому полю, скорости течений и другим параметрам донные и плавучие датчики из всех прибрежных районов океана дают обширную геофизическую информацию, исключающую неточность в предсказании цунами.

3.2 Международный опыт участия в Глобальной системе наблюдений в океане (GOOS)

В течение многих десятков лет в мире действовали различные национальные наблюдательные системы, собирающие данные о параметрах океана и атмосферы над ним. Унификация методик наблюдений и координация международного обмена данными осуществлялись Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Межправительственной океанографической комиссией (МОК). В последние годы усиливаются тенденции к интеграции и оптимизации наблюдательных систем приморских государств, что связано с попытками сократить расходы отдельного государства на проведение наблюдений при одновременном увеличении эффективности использования данных наблюдений при подготовке информационной продукции. Механизмом интеграции служат различные международные программы, которые так или иначе связаны с программой создания Глобальной системы наблюдения океана (ГСНО) и ее региональных сегментов.

ГСНО задумана как интегрированная наблюдательно - информационная система, задачей которой является не просто получение данных наблюдений, но их обработка, интерпретация и доведение до конкретных пользователей.

Официальными целями ГСНО являются:

- выявление видов экспериментальных данных, необходимых для обеспечения потребностей морских природопользователей;
- разработка и претворение в жизнь скоординированной на международном уровне стратегии получения данных наблюдений и их международного и внутрирегионального обмена;
- обеспечение возможности для развивающихся стран получить доступ к данным о морской среде.

ГСНО базируется на существующих наблюдательных системах, в том числе ИСЗ, оперативных наблюдательных сетях и службах прогнозов. ГСНО охватывает большое количество береговых и прибрежных наблюдательных станций, научно-исследовательские суда, суда, добровольно проводящие метеонаблюдения и попутные суда, выполняющие океанографические наблюдения в верхнем слое океана. Данные прямых измерений сопрягаются со спутниковыми наблюдениями за льдом, измерениями температуры поверхности океана (ТПО), цвета океана, вариаций уровня моря и топографии его поверхности, а также ветра, волнения и течений. Очень важно, чтобы запуск новых океанографических спутников был скоординирован с тем, чтобы минимизировать затраты на получение спутниковых данных.

ГСНО подразделяется на ряд модулей:

- климат и морские службы;
- окраинные моря;
- живые морские ресурсы;
- экология океана;
- оперативное морское метеорологическое и океанографическое обслуживание.

Развитие ГСНО началось с опытных проектов в отдельных регионах с тем, чтобы отработать методику создания системы измерений. Наиболее важными региональными проектами являются проект ГСНО для Северо-Восточной Азии (NEAR-GOOS) , Арктический, Балтийский, Средиземноморский и Северо-Западного Шельфа Европы. Рассматривается возможность создания ряда других проектов региональных ГСНО - для западной части Индийского океана, юго-востока Азии, юго-западной части Тихого океана, для Африки и Карибского бассейна. На региональных проектах отрабатывается технология создания интегрированных наблюдательно - информационных систем. В дальнейшем, развитие ГСНО будет следовать двумя параллельными направлениями - (а) мониторинг и прогнозирование состояния прибрежных акваторий и (б) мониторинг и прогнозирование состояния открытого океана.

Важнейшими шагами при развитии береговой ГСНО являются следующие:

- развитие береговых наблюдательных сетей;
- создание и практическое использование автоматизированных биологических и химических датчиков и методов, необходимых для развития интегрированных наблюдательных систем, включая получение данных прямых физических, химических и биологических измерений, а также дистанционных измерений, развитие телесвязи, методов усвоения данных и моделирования;
- проведение в жизнь длительных программ развития наблюдательных систем с параметрами, позволяющими проводить анализ и прогноз полей различных характеристик;
- расширение географического охвата наблюдательных сетей с включением в них областей, плохо обеспеченных наблюдениями;
- развитие моделирования с целью расширения набора прогнозируемых характеристик морской среды;
- создание подробных баз данных о шельфовых и прибрежных областях, в первую очередь по батиметрии, с тем, чтобы дать возможность проведения численного моделирования в шельфовых зонах;
- выполнение приоритетных задач, сформулированных в региональных проектах ГСНО.

Развитие ГСНО открытого океана включает следующие шаги:
- проведение экспериментов по моделированию наблюдательных сетей с целью их оптимизации для задач прогнозирования на временных интервалах от сезона до нескольких лет;
- разработка сетей контактных наблюдений, дополняющих спутниковые наблюдения;
- проведение Глобального эксперимента по усвоению океанографических данных, объединяющих усилия исследователей и оперативных служб;
- расширение возможностей наблюдательных систем путем добавления новых или модифицированных датчиков и увеличение зоны охвата систем метеорологических буев;
- продолжение выполнения регулярных наблюдений на наиболее важных океанских станциях;
- оказание поддержки работам по региональному мониторингу и моделированию морской среды в Арктике, Антарктике и северной части Тихого океана.
- развитие приоритетных технических разработок в области акустической томографии и измерения температуры, измерений солености, ныряющих буев, автономных подводных аппаратов, акустических доплеровских измерителей течений для их размещения на судах, выполняющих наблюдения по Программе Добровольных Наблюдений, более точного определения характеристик ледяного покрова вблизи кромки льда, оптических и акустических приборов для биологических измерений.

Предполагается, что в будущем ГСНО открытого океана будет ориентирована на прогноз погоды и климата, тогда как береговая ГСНО, опирающаяся на значительно более густую наблюдательную сеть, будет решать более широкий круг задач, включающий загрязнения и живые морские ресурсы. Особенности построения системы в каждом регионе зависят от степени его подверженности опасным природным явлениям, таким как ураганы, тропические циклоны, штормовые нагоны и т.п.

Инфраструктура ГСНО должна включать в себя:
- информационный центр, который должен оказывать потребителям помощь в поиске необходимых данных и информационной продукции;
- усовершенствованные телекоммуникационные сети, обеспечивающие передачу данных в реальном времени, их усвоение в моделях, а также быстрое распространение информационной и прогностической продукции;
- процедуры передачи данных в соответствии с принципами ГСНО;
- распространение технологий и организацию обучения в целях дальнейшего наращивания потенциала ГСНО.

3.3 Наблюдательные системы, методы и средства измерений ГСНО (GOOS)

Базой ГСНО являются уже существующие наблюдательные системы, а именно:
- оперативная система наблюдения Эль-Ниньо - Южного Колебания в тропической части Тихого океана, включая сеть метеобуев TAO/ TRITON;

- метеорологические измерения с судов, включенных в Программу добровольных наблюдений ВМО;
- океанографические измерения в верхних слоях океана по Программе попутных судов;
- заякоренные и дрейфующие буи, измерения с которых координируются Координационной группой ВМО по данным с буев;
- сеть самописцев уровня, входящая в глобальную систему наблюдений за уровнем моря (GLOSS);
- глобальная программа измерений температуры и солености (GTSSP);
- сеть мониторинга коралловых рифов;
- глобальная система телесвязи (ГСТ);
- Центр глобальных данных Атлантической океанографической и метеорологической лаборатории НОАА;
- наблюдения за океаном с оперативных спутников НОАА и др. организаций;
- программа измерений с помощью самописца планктона Фонда морских наук им. А. Харди;
- международная программа глубинного траления в Северном море;
- вековая станция "S" вблизи Бермудских островов;
- вековая станция "B" (BRAVO) в море Лабрадор.

3.4 Единая система информации о состоянии Мирового океана (ЕСИМО)

Важной составляющей практической работы по получению сведений о состоянии океанов и морей является Единая (государственная) система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).

ЕСИМО представляет собой межведомственную распределенную систему информации об обстановке в Мировом океане:

-функционирующую на основе существующих информационных систем Росгидромета, Минобороны России, МПР России, Росрыболовства и других ведомств в соответствии с согласованным порядком и стандартами взаимодействия;

-поддерживающую на постоянной основе базы метаданных и информации регламентированного содержания, технологии доступа, обмена, интеграции информационных ресурсов ведомств для полноценного информационного обеспечения деятельности по изучению Мирового океана, мониторингу его состояния и использования его ресурсов.

ЕСИМО состоит из нормативно-правовых, информационных, технологических и других взаимосвязанных компонентов, и строится на базе существующих ведомственных Информационных систем посредством их развития и интеграции.

Средства достижения целей ЕСИМО – создание единого правового и информационного пространства, координация деятельности по производству наблюдений, сбору, накоплению, обработке и распространению информации об обстановке в Мировом океане.

Единым правовым пространством ЕСИМО называется совокупность правовых норм в области производства наблюдений, сбора, наполнения, обработки и распространения информации об обстановке в Мировом океане, обязательных для исполнения всеми участниками деятельности в ЕСИМО.

Единым информационным пространством ЕСИМО является совокупность методов, средств и технологий наблюдения за обстановкой в Мировом океане, сбора, обработки, хранения и распространения информации, формирования и ведения государственных информационных ресурсов, а также совокупность баз и банков данных, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе общих принципов и по общим правилам.

Государственными ресурсами информации по Мировому океану являются полученные и оплаченные за государственный счет данные наблюдений о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении, произведенная на их основе продукция и другая информация об обстановке в Мировом океане.

ЕСИМО охватывает весь жизненный цикл информации об обстановке в Мировом океане – от производства наблюдений до получения конечной информационной продукции и доведения ее до пользователя.

3.5 Система заякоренных буев TAO-TRITON

Система заякоренных буев в тропической части Тихого Океана существует с начала 90-х годов в рамках программы ТОГА (Тропический океан - глобальная атмосфера), а после ее прекращения - под эгидой ВМО-МОК-ЮНЕП-МСНС. В январе 2000 г. система переименована в TAO/TRITON (Треугольная трансокеанская сеть буев). Данные предназначены для использования как в оперативном, так и в задержанном режимах и распространяются через систему Argos в формате BOUY в оперативные метеоцентры.

Система состоит из 70 заякоренных буев типа ATLAS и TRITON , а также буев - измерителей течений. Буи размещены между 8°с.ш. и 8°ю.ш. и 95°з.д. и 137°в.д. Характерное время пребывания каждого буя в море - около года, после чего их снимают, ремонтируют, а датчики калибруют. Обслуживание буев проводится силами США и Японии. Для обслуживания всей сети буев требуется около 350 судо-суток в год.

Буи собирают и передают данные об основных метеорологических и океанографических (поверхностных и глубоководных) параметрах. Стандартный набор датчиков измеряет скорость и направление ветра у поверхности, температуру воздуха, относительную влажность, ТПО и температуру на 2 горизонтах в верхних 500 м. Течения измеряются в пяти точках вблизи экватора и во всех точках, где установлены буи сети TRITON. Оперативный контроль качества данных проводится в метеоцентрах. Контроль качества данных, распространяемых в задержанном режиме, проводится в центрах управления проектами. Данные, прошедшие контроль, объединяются в массивы, которые помещаются на Вебсайте в Интернете.

Данные высокого разрешения (ежечасные или 10 мин) хранятся в элементах памяти буя и собираются после его извлечения из воды. Данные измерений подповерхностных течений с помощью акустических профилометров, установленных на буях, также обрабатываются. Все данные сети ТОГА, собранные в течение календарного года, передаются в Национальный центр океанографических данных США.

Программа добровольных судовых наблюдений ВМО

Программа добровольных судовых наблюдений ВМО существует уже несколько десятилетий. Согласно этой программе, метеорологические наблюдения проводятся штурманским составом на судах различного назначения (грузовых, пассажирских, рыболовных и др.) и передаются по ГСТ в оперативные метеорологические центры для использования в прогностической деятельности. Кроме того, данные в задержанном режиме собираются Мировыми метеорологическими центрами, где подвергаются процедуре контроля. Судовые метеоданные, прошедшие контроль, направляются в Центры архивирования судовых данных в Германии и Англии. Форматы обмена данными установлены ВМО.

К сожалению, судовые метеорологические данные имеют довольно низкое качество и основаны преимущественно на визуальных наблюдениях. Измеряются только атмосферное давление, температура воды и воздуха, в отдельных случаях – относительная влажность воздуха. Скорость ветра оценивается по состоянию моря, причем переход от баллов шкалы Боффорта к скорости ветра неоднозначен. Все это делает данные судовых наблюдений малопригодными для целей мониторинга климата. Учитывая это, Рабочая подгруппа Совместной Комиссии МОК-ВМО по океанографии и морской метеорологии (СКОММ) по добровольным судовым наблюдениям (метеорологическая компонента) выступила с предложением провести проект, посвященный сбору прецизионной судовой метеоинформации, которую можно было бы использовать для решения различных задач мониторинга климата. Для этих целей предполагается использовать около 200 коммерческих судов, хорошо оборудованных для метеонаблюдений. Центр сбора данных предполагается создать в Англии (мониторинг в реальном времени) и в США (данные в задержанном режиме).

Программа попутных судов ВМО-МОК

Данные об океанографических параметрах собираются в рамках программы попутных судов ВМО-МОК. В отличие от метеорологических наблюдений, океанографические наблюдения выполняются с помощью приборов и имеют более высокую надежность.

Программа попутных судов ВМО-МОК представляет собой программу по сбору океанографических данных (преимущественно о температуре и в меньшей степени – о солености) с неспециализированных судов до глубины от 400 до 1000 м (в зависимости от используемого оборудования). Измерения проводятся с помощью обрывных батитермографов (XBT) или обрывных измерителей электропроводимости и температуры (английская аббревиатура – XCTD). Данные наблюдений передаются в ГСТ в коде BATHY, а также накапливаются в специальных центрах (информация в задержанном режиме) Несмотря на это, программа попутных судов является скорее научно-исследовательской, чем оперативной, поскольку основная масса данных не используется в оперативных целях. Осуществляют ее научно-исследовательские организации, а не оперативные подразделения национальных гидрометслужб, а выбор районов (линий) для проведения измерений определяется научно-исследовательскими приоритетами конкретных государств. В Программе попутных судов участвуют Австралия, США, Франция, Германия, Япония, Индия, Канада.

Программа попутных судов – это программа открытого океана. Измерения в морях проводятся только в Балтийском и Северном морях (Германия), а с конца 1999 г. – в Средиземном море (группой государств Евросоюза, при координации Италии).

Измерения делятся на крупномасштабные (не связанные с определенными маршрутами) и учащенные (проводящиеся вдоль определенных линий). Линии измерений обслуживаются судами одной или двух стран.

Данные измерений накапливаются в нескольких центрах в Австралии, США и Канаде.

С появлением программы ARGO Программа попутных судов претерпела некоторые изменения. В перспективе, после того как основная масса буев по программе ARGO будет размещена в Мировом океане, они возьмут на себя крупномасштабные (распределенные по площади) измерения в океане. Измерения же с помощью XBT и CTD будут сосредоточены вдоль определенных линий (разрезов). Несомненно, что сеть попутных океанографических измерений в океане в целом сохранится. Вместе с тем, в будущем частота измерений в отдельных регионах Мирового океана будет, помимо прочего, зависеть от степени климатической изменчивости океанографических полей, определяемой на основе анализа накопленных данных. Можно предполагать также, что, помимо открытого океана, линии с регулярными попутными океанографическими измерениями в ближайшее время появятся и в морях, как это уже имеет место в Средиземном море.

Центры сбора данных

Данные XBT, попавшие в ГСТ, направляются в MEDS (Marine Environmental Data System) (Канада). Накопленные данные три раза в неделю передаются в Национальный центр океанографических данных США. Один раз в год данные разделяются по трем океанам и направляются специалистам-океанографам для контроля качества. Считается, что полностью автоматизированный контроль данных нежелателен и рекомендуется контроль на основе визуальной оценки каждого профиля. В некоторых центрах, в частности в Австралии, в качестве критериев отбраковки используются статистические данные для данного района (критерии типа 3-сигма).

Данные, прошедшие контроль, возвращаются в НЦОД и архивируются. Приблизительно около 20% данных наблюдений с помощью XBT поступают в центр сбора данных от национальных военно-морских флотов. Часть данных поступает в режиме реального времени по ГСТ (от ВМФ Германии, Австралии и, частично, Канады), а часть - в так называемом отложенном режиме, т.е. спустя некоторое время).

3.6 Глобальная программа измерений температуры и солености (GTSSP)

Измерения температуры и солености на поверхности океана осуществляются с помощью судовых термосоленографов. Как правило, он устанавливается в машинном отделении и измеряет координаты судна (по GPS), температуру и соленость каждые 15 сек. За каждые 5 мин определяется медианное значение. Через каждые 3 часа данные передаются через спутник в оперативные метеоцентры.

Данные о поверхностной температуре и солености собираются Канадской службой данных о морской среде (MEDS) и Национальным центром океанографических данных США.

Программа ARGO

Программа ARGO предусматривает создание и размещение автоматизированных дрифтеров в Мировом океане. Дрифтеры опускаются на глубину до 2000м, перемещаются под водой в течение некоторого времени, а затем всплывают на поверхность. При этом они собирают данные о вертикальном профиле температуры и солености, которые после всплытия буя передаются по спутниковым каналам связи в центры сбора данных. Программа финансируется вкладами ряда стран (Австралии, Канады, Франции, Германии, Японии, Кореи, Великобритании, США, Европейского Союза). Всего предполагается разместить около 3000 дрифтеров, по 500 – 700 дрифтеров в год. Данные о вертикальных профилях температуры и солености передаются по ГСТ и размещаются в Интернете в течение 6 часов после получения. Международный координатор программы и Информационный центр ARGO располагается в Тулузе (Франция). Одной из важнейших функций этого центра является отслеживание положения буев, прогноз их перемещения с учетом течений и оповещение заинтересованных стран о возможности вхождения буя в их экономическую зону и /или территориальные воды. Другая проблема – прекращение передачи данных буем при попадании его в территориальные воды прибрежного государства пока не решена.

Предполагается, что буи проекта ARGO заменят крупномасштабную (не связанную с определенными линиями) съемку, выполняемую попутными судами с помощью XBT. Наибольший интерес для проекта ARGO представляют океанские акватории южнее 60° южной широты, в которых коммерческое судоходство ограничено. Однако, с размещением буев в антарктических водах у океанографических организаций некоторых стран уже возникли юридические проблемы. Так, германские юристы не дают разрешение на размещение буев в антарктических водах с германских судов, ссылаясь на протокол о защите окружающей среды в Антарктике, являющегося частью Договора об Антарктике. При этом они рассматривают сброс любых предметов (в том числе, научных приборов) с судов как загрязнение окружающей среды.

Приборы, используемые при контактных океанографических измерениях.

Для измерения температуры, солености и течений *in situ* используются следующие приборы.

Для измерения распределения температуры по глубине: механические батитермографы; обрывные батитермографы (XBT); обрывные батитермографы, сбрасываемые с летательных аппаратов; обрывные батитермографы, запускаемые с подводных аппаратов; цепи термистров; опрокидывающиеся термометры.

Для измерения распределения температуры и солености по глубине: гидробатометры; зонды, измеряющие проводимость-температуру–глубину (ПТГ); обрывные ПТГ; буи ПАЛАСЕ (автономный дрифтер, определяющий траектории циркуляции по Лагранжу) или ныряющие дрифтеры (глайдеры).

Для измерения температуры и солености поверхностного слоя по маршруту движения судна: перечисленные выше приборы или термосолинографы.

Для измерения поверхностных течений: геомагнитный электрокинетограф (ГЭК); акустические доплеровские измерители; показатели сноса и дрейфа судов; дрейфующие буи.

Для измерений вертикального распределения течений: заякоренные измерители течений; доплеровские системы определения профилей течений.

3.7 Пространственно-временное разрешение измерений

Пространственно-временное разрешение измерений должны соответствовать масштабам соответствующего физического явления или структуры. Принята следующая классификация пространственно-временных масштабов измерений.

Масштаб	По горизонтали, км	По вертикали, м	По времени
Мезомасштаб	10-100	1-100	Часы - недели
Крупный масштаб	100 - 1000	100 - 1000	Недели - месяцы
Планетарный	Свыше 1000	На всю глубину	Месяцы - годы

масштаб

Приведенные масштабы характеризуют минимальное пространственно–временное разрешение измерений, необходимое для описания процесса. Однако во избежание потери информации используются и более частые измерения в пространстве и времени. Так, для судов, обслуживающих океанские станции, желательно проведение измерений каждые 4 часа, а при движении выполнение измерений с помощью обрывных батитермографов с дискретностью около 100 км или даже меньше (в случае пересечения фронтов, течений или шельфовой зоны).

3.8 Дистанционные (спутниковые) измерения. Альтиметрия

Были выполнены специальные теоретические исследования для оптимизации количества спутников, необходимых для решения различных задач. Эти исследования, а также опыт оперативной работы ИСЗ TOPEX/POSEIDON показывают, что для разрешения мезомасштабных процессов достаточно иметь на орбите в каждый конкретный момент времени два спутника такого типа, имеющие различные периоды обращения. Комбинация данных с этих спутников позволяет выявить важные детали, которые не могут быть определены при использовании только одного спутника.

ИСЗ типа TOPEX/POSEIDON могут также предоставить данные, для выявления крупномасштабных долговременных изменений. Опыт использования данных этих спутников продемонстрировал возможность постоянного слежения за явлениями с самыми разнообразными масштабами временной изменчивости, включая годовой ход и межгодовую изменчивость уровня океана.

Спутниковые альтиметрические измерения должны сопровождаться одновременными измерениями уровня моря на береговых и островных станциях. Важной задачей является обеспечение оперативного получения данных об уровне моря со станций.

3.9 Пространственно-временное разрешение спутниковых измерений

Требования (оптимальные и минимально допустимые) к пространственно-временному разрешению спутниковых измерений с целью решения различных задач, связанных с наблюдениями за океаном, приведены в Таблице 3.1

Таблица 3.1

Требования к пространственно-временному разрешению для спутниковых измерений

Наименование измерения			Оптимальные требования				Предельно допустимые требования			
N	Приложение	Переменная	Расстояние, км	Период	Время	Точность	Расстояние, км	Период	Время	Точность
АЛЬТИМЕТРИЯ										
1	Мезомасштабная изменчивость	Топография морской поверхности		7сут	2сут	2см	100	30сут	15сут	10см
2	Крупномасштабная изменчивость	Топография морской поверхности	100	10сут	2сут	2см	300	10сут	10сут	2см
3	Изменения уровня морской поверхности	Топография морской поверхности	200	>10 лет	10сут	1мм/ сут	1000	>10лет	10сут	5мм/ год

Наименование измерения			Оптимальные требования				Предельно допустимые требования			
N	Приложение	Переменная	Расстояние, км	Период	Время	Точность	Расстояние, км	Период	Время	Точность
4	Циркуляция, перенос тепла	Топография морской поверхности	100	-	-	1см	500			5-10 см
					СОЛЕНОСТЬ					
5	Циркуляция, перенос водных масс	Поверхностная соленость	200	10сут	10сут	0.1 Е.П.С.	500	10сут	10сут	1 Е.П.С.
					СКАТТЕРОМЕТРИЯ					
6	Циркуляция, вызванная ветром	Поле поверхностного ветра		1сут	1сут	1-2м	100	7сут	7сут	2м
					ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ					
7	Климатические, мезомасштабные модели	Температура поверхности	10	6ч	6ч	0.1К	300	30сут	30сут	1К
					МОРСКОЙ ЛЕД					
8	Предупреждения о состоянии морского льда	Протяженность морского льда, концентрация		1сут	3ч	2%	100	1сут	10сут	10%
					ЦВЕТНОСТЬ ОКЕАНА					
9	Биогеохимия	Цветность	25	1сут	1сут	2%	100	1сут	1сут	10%

Необходимо подчеркнуть, что для восстановления и дальнейшего развития морской наблюдательной программы России достаточно иметь 5-6 научно-исследовательских судов, оснащенных современными средствами измерений и передачи информации.

В ходе выполнения наблюдений в рамках национальных и международных программ получен огромный массив данных, который хранится в Международном центре данных «В» при Всероссийском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте Росгидромета (ВНИИГМИ-МЦД).

К настоящему времени во ВНИИГМИ-МЦД накоплены более 30 тысяч отчетов об экспедициях, выполненных отечественными научно-исследовательскими и экспедиционными судами в 1885-2000 годах, включающие более 3 млн. океанографических станций, около 6 тысяч постановок автономных буйковых станций и измерений течений с борта судна, более 380 тысяч химических определений и результаты других видов наблюдений.

Океанографическими организациями Росгидромета (Государственный океанографический институт - ГОИН, Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт - ААНИИ, Дальневосточный гидрометеорологический институт – ДВНИГМИ), Академии Наук (ИО РАН, ТОИ ДВО РАН, ММБИ РАН, ИБМ ДВО РАН и др.), Госкомрыболовства (ВНИРО, ТИНРО, ПИНРО, АзНИРХ, АтлантНИРО и др.), ВМФ (ГОСНИНГИ) с использованием информации, полученной в морских экспедициях, выпущены и широко используются в производственной деятельности организаций различных министерств и ведомств для принятия управленческих решений справочные пособия, атласы океанографических характеристик, монографии по климату

и режиму морей России и Мирового океана, ежегодных данных о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек, таблиц приливов, атласы ледовых условий и т.д.

Наблюдательные системы являются фундаментом любой измерительно-информационной системы, без которой не могут существовать все остальные ее компоненты, поэтому на восстановление и развитие морских наблюдательных систем России следует обратить первостепенное внимание.

Основой морской наблюдательной системы России может стать морская наблюдательная сеть Росгидромета, восстановленная на новых принципах, обеспечивающих комплексный мониторинг процессов в воде, воздухе и на морском дне и работающая на единой нормативно-правовой базе и унифицированной метрологии средств измерений, обеспеченных поверочно-тарировочными средствами, поддерживаемая в тематических экспедициях всех министерств и ведомств, ведущих экспедиционные исследования в Мировом океане.

В плане создания многоуровенной многопрофильной морской наблюдательной системы России, функционирующей на основе контактных и дистанционных, включая спутниковые и акустические средства измерений, была проведена оценка состояния и намечены пути оптимизации морской наблюдательной и телекуммуникационной систем России. Намечены пути реализации наблюдений на вековых и стандартных океанографических разрезах, автономных буйковых станциях, дрифтерах и полигонах открытого моря, в прибрежных зонах и морских устьевых областях.

На основе анализа состояния морской наблюдательной системы России в новой геополитической обстановке оценены перспективные средства измерений, установленные на различных наблюдательных платформах наземного и космического базирования. Сделан вывод, что концепция развития морской наблюдательной системы России, как основа измерительно-информационной системы о состоянии Мирового океана, должна строиться на следующих основных принципах:

- создание оптимизированной сети регулярных контактных наблюдений за состоянием Мирового океана с использованием перспективных средств измерений в качестве подспутниковых систем, интегрированных в международные наблюдательные системы и в Глобальную систему телекоммуникаций;
- широкого развития спутниковых наблюдательных систем за океаном, атмосферой и континентами, сопряженных с контактными средствами наблюдений;
- развития интерактивных систем обработки информации, полученной с различных наблюдательных платформ, на основе гидродинамических и динамико-стохастических методов расчета полей в плане реализации тезиса об информационном единстве теории и эксперимента.

Эти принципы положены в основу национального варианта развития морской наблюдательной системы России.

Предполагается ориентироваться на спутниковые измерительные системы и современные контактные средства измерений: STD-зонды, заякоренные, ныряющие буи и дрифтеры, акустические измерители течений, методы акустической томографии и термометрии, с передачей информации по спутниковым каналам связи в Глобальную сеть телекоммуникаций.

Морские и океанские экспедиции должны иметь безусловную поддержку спутниковых наблюдательных систем и интерактивных систем обработки информации для работ в режиме управляемого эксперимента.

Контактные средства измерений функционально необходимо применять в мониторинге как подспутниковые наблюдения, необходимые для уточнения спутниковой информации и расшифровки данных по пространству и времени.

Должны быть созданы методы обработки информации для восстановления полей в областях, недоступных контактным и дистанционным измерениям с помощью динамико-стохастических математических моделей на основе интерактивных компьютерных систем.

Необходимо провести оптимизацию и восстановление на новой технологической основе, включающей контактные и дистанционные методы, систематические экспедиционные исследования на вековых и стандартных разрезах и сети ОГСН.

Средства измерений должны быть ориентированы на автоматическую передачу информации по космическим, радио и телефонным каналам связи, сопряженным с аппаратурой

автоматизированной системы передачи данных (АСПД) Росгидромета, системами сбора информации: «Транспортная корпоративная компьютерная сеть (ТККС) МЕКОМ», циркуляционного распространения информации «ТВ-информ-Метео», сеть электронной почты (ЭП) ИНТЕРНЕТ.

Система мониторинга должна реализовать принцип комплексности наблюдений за физическими, биологическими и химическими параметрами морской среды. Сеть пунктов наблюдений за загрязнением морских вод и донных отложений должна быть предназначена для получения данных о химическом составе и загрязнении вод и донных осадков морей и океанов по химическим и биологическим показателям.

Морские и рейдовые экспедиционные работы должны быть ориентированы, в первую очередь, на восстановление регулярных наблюдений на вековых и стандартных разрезах, а также на станциях ОГСН с внедрением методов спутникового сопровождения экспедиционных работ, оптических и акустических измерений на основе новых технологий, использующих интерактивные методы обработки информации, полученной с различных наблюдательных платформ.

Под измерительно-информационной системой в широком смысле понимается совокупность взаимодействующих элементов системы первичной (получение) и системы вторичной (обработка) информации, организованной на основе однородных носителей измерительных средств, называемых платформой наблюдения.

Исходя из этого определения, необходимо ориентироваться на следующие наблюдательные платформы (системы), каждая из которых структурно может быть обособлена в соответствующую информационную подсистему:

- система морских береговых и устьевых наблюдений, включающая береговые и устьевые станции и посты, а также рейдовые наблюдения;
- система судовых наблюдений, как совокупность экспедиционных и попутных наблюдений открытого моря, а также добровольных наблюдателей;
- система получения спутниковой информации;
- система получения информации с автономных буйковых станций (заякоренных, дрейфующих, ныряющих);
- системы получения информации по метеорологии, аэрологии, гелиофизике, океанографии с помощью лидаров, радиолокационных и акустических методов.

В некоторых случаях, когда определенному элементу наблюдения придается особое значение по контролю за его изменением, на его основе организуется стационарная сеть наблюдений и соответствующая подсистема наблюдений, например, платформа береговых наблюдений за уровнем моря, сеть вековых судовых гидрологических наблюдений и станций ОГСН по загрязнению, наблюдения за уровнем моря с использованием спутниковых систем и методов спутниковой геодезии.

Морские научные экспедиции Росгидромета, других ведомств и РАН должны быть ориентированы в первую очередь на восстановление регулярных наблюдений на вековых и стандартных разрезах, а также на станциях ОГСН с внедрением методов спутникового сопровождения экспедиционных работ, оптических и акустических измерений на основе новых технологий.

Сеть вековых и стандартных разрезов и порядок работы на ней определены нормативно-методическими документами. Эти документы должны быть уточнены и доработаны в соответствии с новыми требованиями.

Объектом исследований является Мировой океан, включающий внутренние и окраинные моря, прибрежные территории, устьевые области рек, Арктику и Антарктику, а также атмосферу, тропосферу и стратосферу над морскими бассейнами и морское дно.

Методы исследований определяются необходимостью получения регулярной и эпизодической океанологической, включая гидрометеорологическую, гидрохимическую, в том числе загрязнения, геофизическую, геологическую и гидробиологическую информацию.

Океанографические, морские метеорологические, аэрологические, геофизические и гелиофизические измерения должны проводиться с любых наблюдательных платформ контактными, дистанционными и иными методами в прибрежной зоне морей и морских устьев

рек, на континентальном шельфе, в территориальных водах и исключительной экономической зоне Российской Федерации, в открытых районах океанов и морей, на основании методических Руководств, Наставлений и методических указаний Росгидромета, согласованных с РАН, МПР, Госкомрыболовства, ВМФ и аттестованных в соответствии с международными нормами и правилами.

Для осуществления контактных измерений в Мировом океане предполагается переход на новую стратегию проведения НИР, связанную с использованием долговременных заякоренных буйковых станций, дрифтерных гидрометстанций и работой с STD-зондами на ходу судна, а также выполнение подспутниковых полигонов в ключевых районах Мирового океана.

Важным компонентом Морской наблюдательной системы России в XX1 веке должны быть дистанционные методы измерения полей: спутниковые, лидарные, радиолокационные и морские акустические системы, а также контактные средства измерений в виде автономных буйковых станций, дрифтеров (поверхностных, ныряющих и нейтральной плавучести).

Аппаратура, установленная на спутниках, позволяет получать информацию о морских параметрах в реальном масштабе времени: температура поверхности океана, волны, приповерхностный ветер, цвет океана и ледовые условия. Указанные параметры могут быть получены с помощью следующих спутниковых приборов:

температура поверхности океана - инфракрасный радиометр;

топография морской поверхности - альтиметр;

волны - альтиметр и радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА)

ветер - скаттерометр;

цвет *океана* - сканеры с высоким спектральным разрешением;

скорость ветра у поверхности - радиолокатор с реальной апертурой (РРА)

ледовые условия - радиолокатор с синтезированной апертурой (РСА).

Важная роль спутников заключается в передаче информации от глубоководных океанологических систем по акустическому и спутниковому каналам связи, интегрированным в глобальную систему телекоммуникации (ГСТ) и INTERNET.

Управление данными, полученными с различных наблюдательных платформ, их синтез с целью расширения объемов информации в недоступных для измерений районах, должно осуществляться в региональных центрах сбора информации или на крупнотоннажных судах на основе интерактивных систем сопровождения комплексного мониторинга и создания проблемно-ориентированных баз информации. Современные технологии мониторинга океана можно с успехом использовать для решения прикладных задач в области поиска биоресурсов океана и обеспечения безопасности мореплавания.

Глава 4. Подготовка к экспедиционному рейсу. Планирование, организация работ в рейсе.

4.1 Подготовка к экспедиционному рейсу

Подготовительные работы к экспедиционному рейсу включают:

1. оформление заявки на рейс,
2. составление программы и плана рейса, четко отражающих цель исследований в данном рейсе и предполагаемые результаты;
3. составление перечня приборов, оборудования, расходных и бланковых материалов, необходимых для выполнения программы работ, и доставки указанного на судно;
4. размещение оборудования, приборов и инструментов в помещениях и на палубах судна;
5. проверку исправности оборудования и приборов и, в случае необходимости, ремонта или замены их;
6. организацию обеспечения судна прогнозами погоды, штормовыми предупреждениями и синоптическими консультациями;
7. распределение личного состава по отрядам и вахтам;

8. пробный (испытательный) выход в море (перед длительными рейсами после большого ремонта, установки нового оборудования или на новом судне) и проведения 1—2 пробных станций.



Рис.4.1 Научно-экспедиционнное судно «Академик Трешников»

4.2 Составление программы и плана рейса

Рейсовые программы и план составляются учреждением — владельцем научно-исследовательского судна.

В программе указывают цель и задачи рейса, район работ, расположение океанографических разрезов и виды наблюдений, координаты постановок буйковых станций и их продолжительность, сроки и методику наблюдений, а также степень обработки материалов наблюдений, сроки и объем оперативной информации, передаваемой в береговые центры. Программа должна иметь экономический раздел, в котором дается расчет стоимости всех затрат на проведение рейса.

На основании программы рейса составляется план работ, в котором даются начальные и конечные координаты разрезов, расстояния между станциями (или координаты всех океанографических станций), последовательность выполнения разрезов, затраты времени в сутках по отдельным разрезам, этапам и всего рейса. В зависимости от предварительного анализа материалов проведенных наблюдений план некоторых видов работ может быть уточнен во время рейса.

Устанавливают: 1) время работы на станциях, 2) время, затрачиваемое на переходы, 3) время на заходы в порты для пополнения запасов воды и топлива, 4) штормовой запас времени.

Время работы на станциях зависит от глубины, до которой выполняются станции, числа горизонтов, возможности одновременного проведения различных видов наблюдений (например: батометрии, зондирования, взятие проб грунта, волнографных измерений, сбор фито- и зоопланктона и др.) и используемого оборудования.

При расчете ходового времени учитывается время, необходимое на переходы из базы в район работ и обратно, время на переходы между станциями и время на заходы в промежуточные базы для пополнения запасов воды и топлива. Продолжительность этапов рейса планируется в зависимости от автономности судна по запасам топлива и воды (этап — время между заходами в базы). В приложении даются указания к расчету продолжительности рейса с учетом ветроволновых условий.

Штормовой запас (резерв) времени зависит от района работ, времени года, типа и водоизмещения судна. При планировании учитываются вероятные метеорологические условия в районе плавания для данного сезона года.

При планировании штормового запаса времени учитываются:

1) вероятные метеорологические условия (сила ветра и степень волнения) в районе плавания для каждого сезона года;

2) потери скорости хода данного типа судов в зависимости от силы ветра, направления и степени волнения;

3) возможность проведения океанографических работ с данного типа судна в штормовых условиях;

4) парусность судна, которая при сильных ветрах приводит к увеличению угла наклона троса, что увеличивает затраты времени на выполнение станций.

В среднем штормовой запас планируется от 10 до 15% от общей продолжительности рейса. Для точного планирования необходимо иметь данные затрат времени при различных погодных условиях, для разных типов судов. Эти данные могут быть получены путем анализа нескольких предыдущих рейсов, проведенных в различные сезоны года.

В результате расчета времени уточняют протяженность разрезов, число станций на разрезах и в конечном итоге продолжительность отдельных этапов и всего рейса.

К рейсовой программе должна быть приложена схема расположения разрезов, станций и список координат.

4.3 Обеспечение рейса оборудованием, приборами и расходными материалами

Количество и наименование оборудования, приборов и расходных материалов, необходимое для обеспечения выполнения программы рейса, подбираются в соответствии с планом предстоящего рейса.

Кроме рабочего комплекта оборудования и приборов, необходимо иметь на судне полный комплект запасного оборудования и приборов, запасных частей, электрических батарей, контрольно-измерительных приборов и инструментов.

Наиболее часто выходят из строя термометры, термоглубомеры, бюретки, пипетки, изнашивается и теряется трос, протачиваются шкивы блок-счетчиков, теряются концевые грузы и посыльные грузики.

С внедрением в практику океанографических работ большого количества электро- и радиоизмерительной аппаратуры в рейсе необходимо иметь комплект контрольно-измерительных приборов, модулей, нужные номиналы сопротивлений и конденсаторов, монтажные провода и кабели. Химические и фотореактивы берутся в рейс в количестве, превышающем норму на 10-15%.

При подборе и получении оборудования, приборов, расходных материалов и реактивов необходимо на месте проверить комплектность, внешнюю сохранность, наличие свидетельств о тарировке и поверке (сертификатов), описаний, паспортов, а если возможно, то испытать приборы в работе. Этого правила следует придерживаться при получении оборудования и приборов из ремонта.

Отобранное оборудование, приборы и расходные материалы должны быть доставлены на судно под присмотром ответственного лица заблаговременно до выхода в рейс. На судне еще раз проверяется наличие и сохранность всего доставленного оборудования.

Следует помнить, что отсутствие прибора, реактива и т. п., обнаруженное после выхода в море, может привести к возвращению судна в порт.

4.4 Подготовка оборудования и приборов к наблюдениям

До выхода в море все рабочее оборудование и приборы должны быть расставлены по своим постоянным местам и соответственно закреплены. Запасное оборудование и материалы размещаются в отдельных помещениях и надежно крепятся до выхода в море.

После установки проводится проверка приборов и оборудования в работе. Готовятся растворы и навески реактивов с тем, чтобы до выхода в море убедиться в их пригодности для работы.

Бланковый материал, пособия и таблицы размещаются в рабочих помещениях по принадлежности.

Особое внимание следует обратить на исправность лебедок, для чего наиболее опытные работники экспедиции, совместно с судовыми механиками, проводят опробование механизмов и электрооборудования на холостом ходу, а затем и под нагрузкой. Вновь установленные лебедки или не проверенные под нагрузкой после заводского ремонта нельзя считать готовыми к рейсу.

После проверки исправности лебедок проводится проверка годности тросов (если они набраны на лебедки ранее). С тросов снимается консервирующая смазка, участки троса с проржавевшими прядями, калышками, ослабленными сплеснями вырубаются, а пригодный к работе трос заново сращивается. Проверяют, проворачиваются ли кран-балки, исправны ли оттяжки или поворотные механизмы кран-балок. Проверяют исправность креплений и лееров откидных площадок, надежность крепления стоек, исправность палубного и забортного освещения рабочих мест.

Одновременно проводится проверка в работе приборов и аппаратуры, установленных в лабораториях. Способы проверки приводятся в руководствах по эксплуатации приборов.

В процессе подготовки личный состав экспедиции знакомится с правилами по технике безопасности и перед выходом в море принимаются зачеты. При этом следует руководствоваться действующими «Правилами по технике безопасности при производстве гидрометеорологических работ».

Порядок подготовки судовых механизмов, навигационного обеспечения, материально-технического снабжения и т. п. регламентируется действующим «Уставом службы на судах Росгидромета».

4.5 Пробный (испытательный) выход в море

Пробный выход в море проводится, как правило, на судах, вновь оборудованных, после установки нового оборудования и приборов, а также после переоборудования или большого ремонта. Пробный выход в море для испытания нового оборудования перед основным рейсом является обязательным, независимо от длительности предстоящего рейса.

В пробном рейсе проверяются палубное оборудование (лебедки, кран-балки, откидные площадки, стабилизирующие установки, якорные устройства и т. п.), работа тралов, дночерпателей, грунтовых трубок, чувствительная к условиям качки аппаратура, приборы с забортными датчиками, опускаемые на большую глубину или на ходу судна, производится пробная постановка буйковой станции.

1. Океанографические лебедки испытываются, начиная с малых нагрузок, которые постепенно доводятся до близких к рабочим нагрузкам. В процессе испытаний проверяются:

а) навивка тросов на барабан под рабочим натяжением,

б) плавность набора лебедкой скоростей при переключении контроллера,

в) стабильность мощности электромотора лебедки под нагрузкой при всех положениях контроллера,

г) ровный без рывков и остановок ход тросоукладчика,

д) исправное действие механических тормозов и электромагнитного тормоза мотора.

2. У погружаемых приборов испытываются герметичность корпусов и надежность работы регистрирующих механизмов.

3. Буи автономных станций проверяются на грузоподъемность.

4. Проверяется схема связи с базой и другими судами экспедиции.

При проведении испытаний оборудования и приборов выполняется несколько океанографических станций. Производится траление, работа с грунтовыми трубками и дночерпателями, планктонными сетками и т. п. Осуществляется постановка и снятие буйковой станции. Попутно проверяется лабораторная аппаратура, организация работ, уточняется распределение личного состава по отрядам и вахтам.

Обнаруженные в пробном рейсе недостатки и неисправности устраняются в процессе испытаний или по возвращении на базу.

4.6 Личный состав и организация работ

Команда судна и научно-технический состав экспедиции выполняют общие задачи, поставленные программой рейса, и поэтому объединяются в единый коллектив. В течение рейса принятый на экспедиционных судах порядок не должен нарушаться ни командой, ни экспедиционным составом при производстве всех видов работ.

При комплексных океанографических исследованиях, когда в программе рейса помимо гидрометеорологических работ имеются и другие исследования, например, по аэрологии, геологии, по геофизике, гидрохимии, гидробиологии, экспедиционный состав делится обычно на отряды. Число отрядов и состав их зависит от задач и объема работ, предусмотренных программой. В соответствии с числом отрядов и их загруженностью на весь рейс устанавливается численность научно-технического состава экспедиции.

Ниже будет разбираться работа океанографического отряда, в состав которого входит гидрохимическая группа.

Наблюдательский состав при продолжительности работ в рейсе более суток распределяется по вахтам.

Длительность вахт не должна превышать восьми часов. Наиболее благоприятными, не снижающими трудовой активности и внимания, являются вахты по четыре часа через восемь, что совпадает с судовыми вахтами. При больших переходах между станциями и продолжительной работе на них смена вахт производится через одну или две станции, но не более чем через сутки.

Если работа в рейсе ограничивается только наблюдениями за температурой воды на разных горизонтах, гидрохимическими и гидрометеорологическими наблюдениями, то при удобном расположении лебедки, кран-балки и стойки с батометрами вахта обычно состоит из трех человек — двух океанологов и одного гидрохимика. Если в программе работ имеются еще наблюдения за течениями, волнением, состав вахты увеличивается до 4—6 человек. Работой вахты руководит старший вахты, в обязанности которого входят контроль за соблюдением установленного порядка работы на станции и ведение записи в палубном листке или журнале наблюдений.

На больших судах, когда забортные и другие работы одновременно ведут несколько отрядов, целесообразно выделять дежурных по экспедиции для координирования последовательности работ отрядов. Обязанности и права дежурных определяются инструкцией, утверждаемой на рейс начальником экспедиции и капитаном.

На основе плана рейса иногда полезно составлять более детальные планы на отдельные этапы рейса, в которых уточнять, когда и сколько времени может работать каждый отряд.

Между производством наблюдений и обработкой материалов на ПЭВМ в виде электронных и бумажных отчетных форм не должно быть большого разрыва во времени. Вся обработка материалов наблюдений ведется на ПЭВМ.

Начальник отряда обязан осуществлять личный контроль за соблюдением методики наблюдений и обработки данных на ПЭВМ всеми подразделениями отряда.

4.7 Порядок наблюдений на океанографических станциях

Работы на океанографической станции ведутся в порядке, установленном в соответствии с программой рейса и объемом работ различных отрядов. Очередность забортных работ должна быть установлена таким образом, чтобы все наблюдения выполнялись с наименьшей затратой времени без возникновения аварийных ситуаций (сцепления и обрыва тросов, потерь приборов и т. п.) и излишних маневров судна. Необходимо, чтобы в первую очередь проводились те наблюдения, для которых приборы имеют полную готовность к моменту остановки судна, наблюдения занимают наименьшее время, а результаты их требуют оперативной передачи. Стремление одновременно опустить за борт как можно больше приборов, зачастую, заканчивается сцеплением тросов, потерей приборов и времени.

Например, на судне в дрейфе ведутся наблюдения за температурой воды, гидрохимическими и гидрометеорологическими элементами:

а) за 15—20 мин. до начала станции с мостика предупреждают о начале работ, вахта выходит на рабочее место;

б) наблюдатели при необходимости вываливают за борт откидные площадки, проверяют крепления и ограждающие устройства площадок, состояние опускаемых приборов, заполняют палубный листок предварительными записями; гидрохимики готовят посуду для проб, расходные реактивы, заполняют палубный листок;

в) до полной остановки штурман приводит судно рабочим бортом на ветер, наблюдатели выводят концевой груз за борт, опускают его до воды;

г) после сообщения с мостика о глубине места и разрешения вахтенного штурмана начать работу определяют предельный горизонт наблюдений, проводят зондирование 200-метрового слоя и опускают серию батометров (измерителей) на нижние горизонты;

д) если работа ведется с двух лебедок, то после опускания глубоководной серии батометров (измерителей) опускается серия батометров (измерителей) на верхние горизонты; опускание и подъем верхней серии производится во время выдержки и прохождения посыльных грузиков на глубоководной серии;

е) во время выдержки верхней серии батометров наблюдатели определяют цвет и прозрачность воды, проводят гидрометеорологические наблюдения (или берут данные в метеорологическом отряде); на высокобортном судне и при большой прозрачности белый диск опускается на тросе океанографической лебедки (в этом случае определение прозрачности и цвета производится после подъема первой серии батометров);

ж) по истечении времени выдержки батометров на горизонтах и прохождения посыльных грузиков серии поднимаются на борт; при подъеме батометров наблюдатель, снимающий приборы с троса, делает предварительные (без записи) отсчеты термометров и ставит батометры в стойку; предварительные отсчеты дают представление о том, как сработали приборы данной серии; отсчеты термометров последнего батометра серии производят более тщательно с тем, чтобы иметь гарантию в том, что приборы достигли заданной глубины;

з) из установленных в стойку батометров вахтенным гидрохимиком набираются в первую очередь пробы на кислород, pH и щелочность, а затем на биогенные элементы и хлор;

и) за 10—15 мин до окончания подъема батометров старший по вахте предупреждает вахтенного штурмана о скором окончании работ; после того как все приборы подняты на борт судно дает ход и ложится курсом на следующую станцию; на переходе проводятся отсчеты по термометрам, определения солености и других гидрохимических элементов, первичная обработка температуры и солености, подается информация по кодам КН-05 *{TESAC)* и КН-06 *{BATHY).*

Одновременное выполнение большого количества забортных наблюдений требует четкой организации и координации работы всех отрядов и вахт во время выполнения станций.

Во время перехода судна приборы и оборудование проверяются и готовятся к дальнейшей работе.

На океанографической станции обычно работают не менее двух наблюдателей. Обязанности между ними распределяются следующим образом:

- первый наблюдатель перед началом станции готовит палубный листок, проверяет готовность лебедки к работе, стоит у контроллера, производит опускание и подъем приборов, записывает показания счетчика, измеряет углы наклона троса, вычисляет поправки, записывает время наблюдения, бросает грузик, записывает первые отсчеты термометров и термоглубомеров и результаты гидрометеорологических наблюдений;

- второй наблюдатель перед станцией проверяет исправность приборов, наличие грузиков, расставляет склянки для проб в гнезда стойки, подносит, навешивает на трос и снимает с троса батометры, устанавливает их в стойку, делает первые отсчеты термометров и термоглубомеров, производит инструментальные наблюдения за гидрометеорологическими элементами, опускает и поднимает белый диск-прозрачномер, определяет цвет воды во время выдержки серии и т.п.

Первичную обработку и подачу информации наблюдатели выполняют с помощью ПЭВМ.

При производстве многих видов наблюдений на одной станции, каждый комплекс должен обслуживаться отдельной группой специалистов-исполнителей. Одновременная работа одних и тех же наблюдателей на производстве различных видов наблюдений, как правило, приводит к понижению качества материалов наблюдений, потере приборов и времени.

4.8 Отчетная документация

После завершения экспедиционного рейса научно-исследовательского судна составляется следующая отчетная документация: рейсовое донесение капитана и начальника экспедиции (заместителя капитана по научной работе), или начальника рейса, сведения об океанографических наблюдениях, выполненных в рейсе, научно-технический отчет о рейсе.

Рейсовое донесение капитана и начальника экспедиции. Рейсовое донесение составляется в пятидневный срок после завершения рейса. Донесение состоит из двух разделов и содержит следующие сведения.

Отчет капитана:

1. Краткая навигационная характеристика рейса, мероприятия по обеспечению безопасности плавания, состояние и эффективность использования технических средств судовождения.
2. Особые случаи (повреждения корпуса судна, главных двигателей, механизмов и оборудования) с описанием обстоятельств, причин и последствий.
3. Отработка мероприятий по борьбе с водой, пожарами, использованию спасательных средств.

Отчет начальника экспедиции (заместителя капитана по научной работе):

1. Выполнение программы исследований.
2. Последовательность выполнения работ, гидрометеорологические условия плавания, схема маршрута.
3. Особые случаи (потери экспедиционных приборов и оборудования и др.) с описанием обстоятельств, причин и последствий.
4. Наиболее важные научные и практические результаты рейса.
5. Техническое состояние и эффективность эксплуатации в рейсе экспедиционных приборов и оборудования, рационализаторская работа.

Подробно требования к отчетной документации изложены в разделе 5.2.

Глава 5. Методические рекомендации по оформлению данных морских научных исследований

Наблюдения, проводимые в морских научных экспедициях, как правило, имеют комплексный характер и охватывают различные дисциплины, например, метеорологию, биологию, геофизику и т.д. Данные наблюдений, направляемые в государственные фонды данных, должны быть оформлены в соответствии со стандартами, определенными для каждого вида наблюдений, и сопровождены описанием, обеспечивающим их идентификацию и правильное использование в научно-исследовательской и практической деятельности.

Длительность камеральной обработки данных в отдельных дисциплинах, которая может достигать несколько месяцев, диктует необходимость предварительного информирования государственных органов власти и заинтересованных пользователей о полученных данных до завершения их полной обработки. Поэтому первый раздел главы 5 посвящен вопросам предварительного информирования о выполненных морских научных исследованиях в виде предварительного отчета и специальной формы описания данных экспедиционных наблюдений (ФОДЭН).

Во втором разделе Главы 5 изложены правила оформления научно-технических отчетов и данных наблюдений, полученных в результате морских научных исследований. В приложениях представлены: А - описание и пример заполненной формы ФОДЭН; В - образец титульного листа научно-технического отчета о выполненных морских научных исследованиях; Г - примеры описания данных морских наблюдений различных видов в соответствии со спецификацией обменного формата данных.

Разработка рекомендаций выполнена в Центре океанографических данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Росгидромета.

5.1 Подготовка информации о выполнении морских научных исследований

Предварительный отчет

В соответствии с Правилами проведения морских научных исследований [1] заявители обязаны после завершения морских научных исследований представлять в федеральный орган исполнительной власти по науке и технологиям предварительный отчет о выполненных исследованиях.

В предварительном отчете должна быть приведена утвержденная программа научных исследований и дана оценка полноты ее выполнения и достижения поставленных целей по каждому тематическому направлению. Должны быть отмечены все имевшие место изменения программы исследований и указаны причины этих изменений.

В качестве дополнения к предварительному отчету рекомендуется прилагать сводное описание полученных данных по форме ФОДЭН.

5.1.1 Описание морских научных исследований по форме ФОДЭН

Для оперативного уведомления заинтересованных пользователей о составе данных, полученных в результате океанографических исследований, в соответствии с решением Межправительственной океанографической комиссии (МОК) при ЮНЕСКО, начиная с 60-х годов прошлого столетия, использовалась форма **РОСКОП** [2,3]. Примерно в 1990 году за рубежом стали использовать аналог этой формы, именуемый как **Cruise Summary Report** [4,5]. В Центре океанографических данных ВНИИГМИ-МЦД в ходе реализации научной программы Международного полярного года 2007/2009 на основе формы РОСКОП была разработана расширенная форма описания данных экспедиционных наблюдений **ФОДЭН,** позволяющая дать более детальное описание наблюдений с разделением их по дисциплинам, видам и указанием количественных характеристик объемов, полученных данных.

Форма состоит из нескольких разделов. В первый раздел формы вносятся признаки, позволяющие однозначно идентифицировать экспедицию (название наблюдательной платформы, район, период экспедиции, название организации, проводившей экспедицию и некоторые другие характеристики). В разделе «Район работ» приводят сведения о районе исследований в виде наименований частей океанов, морей, заливов, а также в виде номеров географических десятиградусных квадратов. Этот раздел также может быть дополнен файлом, содержащим сведения о координатах маршрута судна и района исследований. В последнем разделе дается перечень видов выполненных наблюдений с указанием их объемов. Инструкция по заполнению формы и образец с примером заполнения формы даны в приложении А.

Заполненная форма в течение 5 дней после завершения экспедиции направляется в учреждение, ответственное за проведение экспедиции, и в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» по адресу электронной почты cbmd@meteo.ru. Форма в виде файла текстового редактора Word вкладывается в сообщение электронной почты с темой под наименованием «ФОДЭН» или «FODEN». Сам файл рекомендуется именовать по образцу «ФОДЭН-Название_платформы-ГГГГММДД», где последняя группа символов означает Год, Месяц и День начала экспедиции. Расширение имени файла “doc”. Если к описанию прилагается файл с координатами, то ему рекомендуется давать то же имя, но расширение имени “csv”.

В учреждении, ответственном за экспедицию, сведения из полученной формы ФОДЭН в течение 5 дней переносятся в центральную базу метаданных (ЦБМД) ЕСИМО. Для этого используется АРМ удаленного доступа к ЦБМД (http://www.esimo.net).

Во ВНИИГМИ-МЦД при получении электронной формы ФОДЭН проводится проверка наличия соответствующего описания в ЦБМД и в случае его отсутствия в течение 15 дней после завершения экспедиции сведения из формы ФОДЭН переносятся в центральную базу метаданных ЕСИМО.

5.1.2 Удаленный ввод сведений о выполненных морских научных исследованиях

Информация о выполненных морских научных исследованиях может быть оперативно доведена до широкого круга заинтересованных пользователей через систему ЕСИМО. Для этого в ЕСИМО создано автоматизированное рабочее место для ввода в ЦБМД описаний морских научных исследований в удаленном режиме из любой точки, где доступен Интернет. При этом пользовательский интерфейс удаленного ввода максимально приближен к форме ФОДЭН. Введенные описания в режиме реального времени становятся доступными в Интернет через портал ЕСИМО (http://www.esimo.ru/portal/).

5.2. Рекомендации по подготовке отчета о морских научных исследованиях и данных наблюдений

5.2.1 Порядок подготовки научно-технического отчета

Полный научно-технический отчет о выполненных морских научных исследованиях составляется научным руководителем этих исследований.

Рекомендуется соблюдать следующую структуру полного научно-технического отчета:

- отчет научного руководителя с общей характеристикой программы и результатов проведенных исследований;
- отчеты по отдельным видам исследований;
- приложения с материалами наблюдений.

5.2.1.1 Отчет научного руководителя

В отчете научного руководителя должны быть отражены цель и программа исследований, задачи научных отрядов, сведения о маршруте экспедиции, приведена характеристика работы оборудования и измерительной техники, дана оценка достижения целей и полноты выполнения программы исследований, отмечены наиболее важные научные результаты.

Отчет научного руководителя должен включать в себя перечисленные ниже разделы.

1) Программа исследований

Приводится утвержденная программа морских научных исследований.

2) Сведения о маршруте и районе исследований

Приводится подробная карта (схема) каждого района морских научных исследований, которая составляется в одной из общепринятых картографических проекций и на которую наносятся:

географическая сетка координат;

границы района морских научных исследований;

маршрут движения судна (другого транспортного средства) в период выполнения морских научных исследований;

пункты постановки автономных измерительных средств, используемых в морских научных исследованиях;

Сведения о маршруте, районе исследований, пунктах постановки автономных измерительных средств также приводятся в табличном виде с указанием координат основных точек маршрута и дат их прохождения по нижеприведенной форме.

Таблица 5.1

Сведения о маршруте судна (транспортного средства)

Номер точки	Дата прохождения (число, месяц, год)	Широта (+)-LL.lll	Долгота (+)-LLL.lll	Примечание
1	17.08.2013	68.935	33.107	Порт выхода Мурманск
2	18.08.2013	69.641	33.154	Выход в Баренцево море

3) Схема расположения палубных устройств и приборов.

Приводится схема расположения на судне стационарных палубных устройств и приборов, используемых для проведения исследований.

4) Навигационные особенности в период исследований.

Дается характеристика влияния навигационных особенностей на программу научных исследований, описываются особенности управления судном (транспортным средством), способы и точность определения географических координат.

5) Состав научных отрядов.

Приводится списочный состав каждого научного отряда по следующей форме:

№	ФИО	Должность	Организация

6) Ход и особенности выполнения программы научных исследований.

Оцениваются достижения поставленных в программе научных исследований целей, полноты реализации программы, возможных отклонений от программы исследований, приводятся сведения об объеме выполненных работ по всем направлениям научных исследований. Дается характеристика работы научных отрядов и экипажа по обеспечению выполнения программы исследований. Рассматривается характеристика воздействия на окружающую среду транспортного средства и технических мероприятий, осуществляемых в ходе исследований.

7) Наиболее важные научные результаты исследований.

8) Замечания и предложения по улучшению организации исследований и технического оснащения.

5.2.1.2 Отчеты по отдельным видам исследований

Отчеты по отдельным видам исследований составляются руководителями научных отрядов и должны включать в себя перечисленные ниже разделы.

1) Программа исследований по научному направлению (дисциплине)

Приводится программа запланированных морских научных исследований по данному тематическому направлению.

2) Сведения о технических средствах.

Приводятся сведения о приборах и иных технических средствах, использованных для проведения научных исследований по данному тематическому направлению, методах и регламенте их поверки. Сведения рекомендуется представлять по нижеприведенной форме

№	Наименование прибора (устройства)	Данные о производителе	Год выпуска	Дата поверки

Также по каждому прибору должны быть представлены сведения о его технических характеристиках, в частности о диапазоне и точности измерения параметров, о внесении в Государственный реестр средств измерений и наличии поверочных сертификатов.

Пример описания измерительного устройства дан ниже.

Автоматическая метеостанция АМС МЛ-101 (изготовитель «Vaisala», Финляндия)

В основном варианте комплектации станции использованы датчики температуры, относительной влажности, атмосферного давления, скорости и направления ветра, а также установочная плата с источником питания и регистратором (сборка MAWS с регистратором QML201A). Тип автоматических метеорологических станций MAWS зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 21141-02.

Наименование измеряемого параметра	*Диапазон измерений*	*Точность*	*Порог чувствительности*
Температура	*-40 ... +60 °С*	*±0,5 °С*	
Давление	*600 ... 1100 гПа*	*±0.3 гПа*	
Скорость ветра	*0.5 ... 60 м/с*	*± 0.3 м/с (< 10 м/с); < 2 % (> 10 м/с)*	*< 1.0 м/с*

3) Сведения о методах наблюдения и обработки данных.

Приводятся сведения о методах наблюдений и анализа проб и образцов, включая ссылки на используемые нормативные документы, дается детальное описание нестандартных методов.

Приводятся сведения о методах аналитической и компьютерной обработки данных, в том числе, о процедурах контроля качества полученных данных.

4) Предварительные результаты исследований.

Приводятся предварительные результаты анализа полученных материалов, включая отличительные особенности проведенных исследований, основные выводы.

5) Перечень полученных материалов исследований (файлов данных, образцов).

Приводится перечень подготовленных в результате исследований файлов данных и образцов, подлежащих передаче в государственные фонды данных и научные организации.

5.2.1.3 Форма и регламент представления научно-технического отчета

Научно-технический отчет оформляется в соответствии с правилами ГОСТ 7.32-2001. Пример титульного листа приведен в Приложении В. В нем указываются наименование ведомства и организации, ответственной за проведенные морские научные исследования, наименование программы исследований, их фактический период, место (город) и год составления отчета. Отчет подписывается руководителем морских научных исследований и утверждается руководителем организации, ответственной за проведение исследований.

Научно-технический отчет не позднее 3 месяцев после завершения исследований направляется в федеральный орган исполнительной власти по науке и технологиям, а копия отчета в электронном виде во ВНИИГМИ-МЦД. Электронная копия научно-технического отчета должна быть представлена в формате текстового редактора Word или PDF.

5.2.2 Порядок подготовки данных наблюдений

Соблюдение единых стандартов особенно важно при оформлении данных, так как они должны быть не только понятны людям, но и без дополнительных преобразований включены в государственные фонды данных с помощью автоматизированных технологий.

Общие рекомендации по оформлению данных и метаданных экспедиционных научных исследований даны в [6]. В этом документе дается их развитие, дополнение и конкретизация применительно к морским научным исследованиям. Это связано с необходимостью обратить внимание лиц, занимающихся подготовкой данных, на важность стандартизации и сохранения идентификационных признаков информации. Одним из принципиальных положений спецификации формата обмена [6] является требование, чтобы комплект данных, состоящий из одного или нескольких файлов, всегда сопровождался файлом описания данных, который будем называть файлом метаданных. Данные морских научных исследований, как правило, объединяются в массивы (файлы) по дисциплинарному признаку, когда группируются данные, полученные различными измерительными устройствами, но в одно время и в рамках одной дисциплины, либо данные полученные одним измерительным устройством в течение всего периода измерений в ходе научных исследований. Каждый комплект данных должен иметь свой файл метаданных. Например, состав данных наблюдений может быть таким, какой изображен на Рис.5.1.

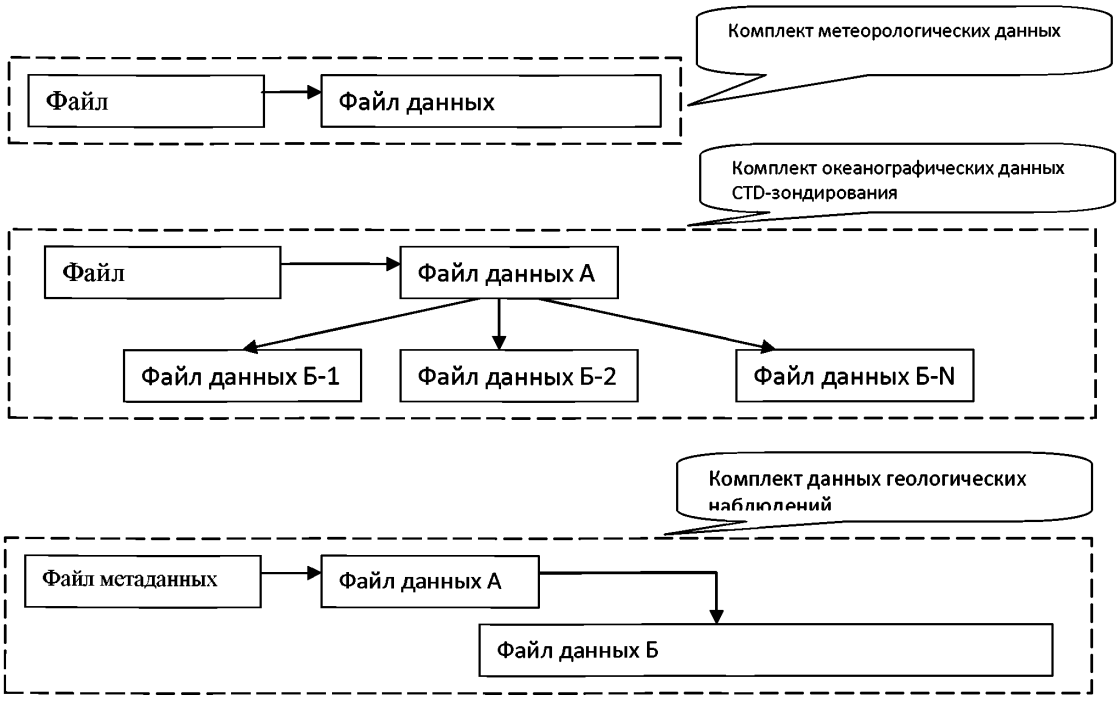


Рис.5.1 Типовые структуры наборов данных экспедиционных наблюдений

Каждый комплект обычно включает в себя все данные определенного вида, полученные в экспедиции. Если по каким-то причинам в фонд данных передается часть материалов, то это отмечается в соответствующей рубрике файла метаданных, структура которого рассматривается в следующем разделе. Файлы данных оформляются в соответствии с форматами, принятыми в каждой дисциплине, либо в общем формате обмена [6], уточненная спецификация которого рассмотрена ниже в подразделах 5.2.3 и 5.2.4.

Комплектация данных наблюдений определенного вида в один или несколько файлов, как правило, зависит от их объема и удобства обработки и не является принципиальным моментом. Но если данные сохранены в нескольких файлах, то их внутренняя структура должна быть "плоской" и одинаковой, позволяющей объединение данных в один файл путем простой конкатенации без дополнительных преобразований и, в то же время, содержащей идентификационные признаки, необходимые для обратного выделения первоначальных групп данных из объединенного массива. Так, например, если данные океанографических наблюдений сохранены в множестве файлов, по принципу файл-зондирование, то в каждой строке (записи) такого файла должен быть записан идентификатор зондирования (станции). Подробнее этот вопрос рассматривается в подразделе 5.2.4.

Для данных наблюдений, получаемых с подвижных платформ, рекомендуется формировать отдельный файл координат и времени наблюдений (см. раздел 5.2.4).

5.2.3 Правила оформления файла описания данных

Файл метаданных «Общее описание комплекта данных» создается в текстовом редакторе в кодировке Windows-1251.

Общее описание комплекта данных состоит из трех **разделов**:

1) общие характеристики;

2) дополнительные сведения;

3) структура файла данных.

Разделы, в свою очередь, содержат **рубрики**, в которых раскрывается содержание данных, методы их получения, форма представления и другие аспекты. В некоторых случаях допускаются пропуски отдельных рубрик, а также отсутствие второго и третьего разделов, если это не влияет на понимание общего содержания и структуры обменных файлов. Текст рубрик, за исключением специально оговоренных случаев, не формализован. Пример файла «Общее описание комплекта данных» приведен в Приложении Г.

Правила оформления файла описания данных в соответствии с [6] заключаются в следующем:

1) все строки (записи) в файле начинаются с первой позиции;

2) все заголовки разделов и рубрик стандартизованы по написанию и должны быть заключены в квадратные скобки, например: [Заголовок];

3) заголовки разделов начинаются со знака «звездочка»(*), например, *[Заголовок раздела];

4) все расшифровки и пояснения даются в информационных строках, следующих после строк обычных заголовков.

5.2.3.1 Содержание раздела *[Общие характеристики]

В этот раздел включаются самые общие сведения о комплекте данных. Раздел содержит следующие обязательные рубрики:

[Наименование]

В наименовании необходимо указать дисциплину и (или) инструментальное средство. Также для выделения названия массива в ряду подобных названий, если он, например, станет частью серии массивов, целесообразно указать период наблюдений, либо район, либо наблюдательную платформу и подобное. Так, для наблюдений, выполняемых с судов, в названии можно указать название судна и номер рейса.

[Содержание] - дается развернутая характеристика содержания и назначения данных.

[Форма представления данных] – указывается форма представления информации в файлах данных: текстовая, графическая, текстово-графическая, или картографическая.

[Географический район] - в соответствии со спецификацией формата обмена указывается тип географической области из следующего списка [Материк], [Страна] [Федеральный округ], [Республика], [Область], [Город], [Поселок], [Океан], [Море], [Залив], [Пролив], [Остров], [Полуостров], [Река], [Озеро] и в следующей строке - наименование области или областей (через запятую), если их несколько. Например:

[Залив]

Финский, Ботнический.

[Дата начала] – дата начала периода, к которому относятся данные, представленные в комплекте обмена, (дата наиболее раннего наблюдения), в форме ДД-ММ-ГГГГ;

[Дата окончания] – дата окончания периода, к которому относятся данные, представленные в комплекте обмена, (дата последнего наблюдения), в форме ДД-ММ-ГГГГ;

[Временное разрешение] - распределение данных во времени (регулярные данные с интервалом 1 час, 4 часа, сутки и т.д., регулярные данные с пропусками, нерегулярные, эпизодические и пр.);

[Пространственное разрешение] - распределение данных по пространству (регулярные данные на сетке с разрешением 1 градус, данные по отдельным станциям, в точке и пр.)

[Упорядочение] - перечисляются в порядке старшинства признаки, по которым упорядочены данные в файле и способ упорядочения по каждому из них, например, данные упорядочены по рейсам, по времени, по глубине. Старшим признаком считается наиболее медленно меняющийся признак при последовательном чтении записей файла данных. Способ упорядочения возможен по возрастанию или убыванию значения признака.

[Элементы данных] - приводятся полные наименования элементов, составляющих данные, точность их представления, единицы измерения и границы области допустимых значений (*для структурированных данных, описываемых в отдельном разделе 3, эта рубрика может быть опущена*)

[Словари] - даются ссылки на используемые таблицы кодов (словари), принятые в ЕСИМО (http://www.esimo.net/meta/codes/index.jsp), или приводятся сами таблицы кодов.

[Файловая структура] - указывается файловый состав комплекта обмена, приводится перечень (идентификация) имен всех файлов, входящих в комплект, с указанием их содержания. Например:

Имя_файла**.met** – Файл описания комплекта данных (данный файл)
Имя_файла**.csv -** Файл данных о координатах и времени наблюдений
Имя_файла_1**.csv -** Файл CTD данных, зондирование 1
Имя_файла_2**. csv -** Файл CTD данных, зондирование 2
.....
Имя_файла_N**.csv -** Файл CTD данных, зондирование N

[Источник] - для однозначной идентификации массива данных экспедиционных наблюдений в качестве источника нужно указать название экспедиции, тип и название наблюдательной платформы.

[Выходные реквизиты] - указывается организация-изготовитель комплекта данных, ФИО ответственного за подготовку комплекта, информация для контактов и дата создания комплекта в форме ДД-ММ-ГГГГ.

5.2.3.2 Содержание раздела *[Дополнительные сведения]

Состав рубрик этого раздела зависит от особенностей данных, включенных в комплект обмена.

[Приборы] - приводится перечень приборов и устройств наблюдений (измерений), с помощью которых получены данные, год выпуска, данные о производителе.

[Методы обработки] - даются описания методов наблюдения, обработки, анализа, расчета.

[Привязка] - для данных в узлах сетки приводятся координаты границ сеточной области в виде набора чисел:

Ш1;Ш2;Д1;Д2, где
Ш1 – широта южной границы района в виде ЗГГММ (знак, градусы, минуты),
Ш2 – широта северной границы района в виде ЗГГММ (знак, градусы, минуты),
Д1 – долгота западной границы района в виде ЗГГГММ (знак, градусы, минуты),
Д2 – долгота восточной границы района в виде ЗГГГММ (знак , градусы, минуты).

Полнота - указывается характеристика полноты данных по отношению ко всей их совокупности, полученной в результате наблюдений или расчетов за указанный период в названном районе.

Объем - указывается объем данных в байтах и в подходящих структурных единицах (число рейсов, станций и т.п.).

5.2.3.3 Содержание раздела *[Структура файла данных]

В этом разделе в формализованном виде приводятся структуры записей файлов данных, входящих в комплект обмена. В случае, если комплект обмена содержит сеточные данные, то этот раздел должен содержать две рубрики:

[Сетка] – заголовок рубрики для описания структуры записи файла данных с характеристиками сеточной области и временного обобщения;

[Данные] - заголовок рубрики для описания структуры записи файла данных со справочными, наблюденными или обобщенными данными, в том числе и по заданной сеточной области. После заголовка рубрики дается описание соответствующей структуры записи передаваемых файлов данных. Если комплект обмена содержит файлы с различными, но связанными между собой данными, например, если в одном файле помещены сведения о координатах, дате и времени наблюдений, а в другом (других) представлены результаты этих наблюдений, то рубрика **[Данные]** должна быть повторена столько раз, сколько различных структур данных представлено в комплекте.

5.2.4 Правила оформления структурированных данных

Под структурированными данными понимают данные, в которых могут быть выделены (идентифицированы) отдельные элементы, размещенные в файле по определенным правилам, задающим его структуру. К структурированным данным можно отнести большинство данных наблюдений, за исключением графических изображений, фото-, видео-, аудиоматериалов и подобных им, которые тоже имеют определенную структуру, но она связана с технической стороной записи информации, а не с отображаемыми данными.

5.2.4.1 Табличная структура данных

В соответствии со спецификацией [6] для обмена структурированными данными предлагается использовать **табличный текстовый формат (ТТФ).** Под **табличным текстовым форматом** понимается формат хранения таблиц фактографических данных (текстовых и числовых), обладающий следующими свойствами:

- файл данных в табличном текстовом формате состоит из строк (записей), которые заканчиваются символом конца строки (в файле текстового формата ОС Windows кодируется двумя однобайтовыми служебными символами - «возврат каретки», «перевод строки», имеющими в шестнадцатеричном коде значения «0D,0A»);
- каждая строка состоит из полей, в которых хранятся значения элементов данных. Их число (n) одинаково во всех строках. Совокупность полей с номером i (i = 1...n) на множестве всех строк образует колонку (графу) таблицы;
- поля в таблице отделяются символом-разделителем (;). В конце последнего поля символ-разделитель не ставится, его роль выполняет признак конца строки.

Такой формат широко применяется при экспорте/импорте данных из баз данных и других программно-информационных систем, например, Excel.

Поля характеризуются типом и форматом представления значений данных. Допускаются два типа полей;

- текстовое поле, в котором может быть записано любое алфавитно-цифровое значение, кроме символа разделителя;
- числовое поле, предназначенное для записи цифровых данных.

Формат полей описывается следующим образом:

AA(w)– символьный формат для представления текстовой информации, где w – длина поля в символах;

FC(w[,d])– символьный формат для представления целых чисел и чисел с десятичной точкой. Количественные характеристики формата в общем случае описываются двумя параметрами **w**, и **d**, где **w** - длина поля в символах (**w**≤15), а **d** - число цифр после десятичной точки (**d**≤7). Не допускается в поля числовых значений вносить какие-либо другие символы кроме цифровых и знаков плюс, минус и точки, для отделения дробной части числа от целой. Именно точка, а не запятая рекомендуется в качестве разделителя дробной и целой частей числа. Лидирующий знак плюс (+) перед цифровыми значениями проставлять не рекомендуется.

Основная характеристика формата – максимальная ширина поля (обозначается w). В пределах каждой из колонок действительная ширина поля (**v**) может изменяться от строки к строке в пределах от 0 до **w** и таблица получается не выровненной.

В не выровненных таблицах действительная ширина поля совпадает с размером помещенного в поле значения. При отсутствии значения два разделителя следуют один за другим (**;;**) без пробела.

5.2.4.2 Правила оформления рубрики [Данные]

Предлагаемые правила по некоторым положениям отличаются от спецификации [6], поскольку здесь выдвигаются более жесткие требования к стандартизации данных.

Содержание рубрики состоит из набора строк (Рис. 5.2), описывающих элементы (поля) данных. Одна строка соответствует одному полю данных. Порядок размещения строк описания должен строго соответствовать порядку полей файла данных.

Строка состоит из следующих описательных элементов:

- имя поля данных;
- формат поля данных;
- комментарий, отделяемый двумя косыми чертами.

```
[Данные]
ДАВЛМПС;        FC(5,1);  // Атмосферное давление, гПа
ТЕМВОЗПС;       FC(4,1);  // Температура воздуха, 0,1°С
МЕТОПРВЛ;       AA(1);    // Метод определения влажности, таблица А.10
ВЛЖОТНС;        FC(3);    // Относительная влажность, проценты
```

Рис. 5.2 Пример рубрики [Данные]

Каждый элемент описания так же, как и элемент в файле данных, завершается разделителем (;). В комментарии должны быть даны полные наименования элементов данных, обязательно указаны единицы измерения, в которых они представлены, даны ссылки на таблицы кодов.

В качестве имен элементов рекомендуется использовать имена из «Словаря параметров ЕСИМО» [7], или, по крайней мере, соблюдать одинаковые наименования элементов, присутствующих в различных видах данных, например, таких как широта, долгота, дата, время.

Если комплект обмена содержит файлы с различными, но связанными между собой данными, например, если в одном файле помещены сведения о координатах, дате и времени наблюдений, а в другом (других) представлены результаты этих наблюдений, то рубрика **[Данные]** должна быть повторена столько раз, сколько различных структур данных (таблиц) представлено в комплекте. После названия рубрики должно быть дано условное наименование таблицы, имя файла в котором размещены данные (имя первого файла, если их множество) и сделано пояснение к связи и иерархии таблиц следующим образом. Одна из таблиц «главная», другая (другие) «подчиненная» к главной, или к другой подчиненной. В этом случае строки с рубриками **[Данные]** должны выглядеть следующим образом:

[Данные] Таблица 1 (главная), Имя_файла данных

[Данные] Таблица 2 (подчиненная к таблице 1), Имя_файла_данных

[Данные] Таблица 3 (подчиненная к таблице 1), Имя_файла_данных

[Данные] Таблица 4 (подчиненная к таблице 3), Имя_файла_данных

Если данные какой-либо из таблиц размещены во множестве файлов, различающихся окончанием имен (см. раздел 3.5), то в поле «Имя_файла_данных» заносится постоянная часть имен.

Для связи данных двух таблиц с различными структурами, в них должны быть включены общие поля (элементы-идентификаторы), имеющие одинаковые имена. Рекомендуется таким элементам давать имена, начинающиеся с символов '**ID**', при использовании латиницы, или '**ИД**' при именовании на русском языке. Для связи двух таблиц может быть использовано одно и более полей. Если данные дочерней таблицы распределены по нескольким файлам, то в родительскую таблицу необходимо включить поле для записи имен этих файлов.

5.2.4.3 Правила оформления файлов данных

Файлы данных оформляются в текстовом формате, описанном выше. В первой строке файла должны быть записаны имена полей, одинаковые с именами, приведенными в рубрике **[Данные]** файла метаданных. Имена разделяются символом (;).

Все данные определенного вида могут быть записаны в одном файле, например, метеорологические данные, полученные в течение всей экспедиции, либо разбиты на совокупность файлов, как, например, океанографические данные вертикального зондирования, когда бывает более удобно хранить данные каждого зондирования в отдельном файле. При этом возможно, что состав измеряемых параметров меняется от зондирования к зондированию.

Например, на одних станциях это температура, соленость и содержание кислорода, а на других - температура, соленость и водородный показатель. В таких случаях перечень параметров в рубрике **[Данные]** должен быть исчерпывающим. Заголовок во всех файлах данных одного типа должен соответствовать рубрике **[Данные]** и быть одинаковым. Структура всех файлов также должна быть одинаковой, т.е. соответствовать рубрике **[Данные]** и заголовк по количеству полей и порядку размещения данных. Это значит, что в каждом файле должны быть отведены поля даже под отсутствующие данные. Если используется не выровненная структура файла данных, это не приводит к существенной избыточности объема файла, так как под отсутствующее значение отводится только один байт под разделитель полей (;).

В первом поле каждой строки (записи) файла рекомендуется размещать ее последовательный номер. Это необходимо для выявления возможных потерь при обработке или передаче данных.

Если данные файла связаны с данными других файлов, например, файлом координат, то для размещения связующего ключа (идентификатора) рекомендуется использовать второе поле.

Если в файле данных помещаются такие призначные элементы как дата и время наблюдений, координаты, то рекомендуется для них использовать формат, описанный в подразделе 5.2.4.4

Рекомендуется вслед за полем каждого элемента, вводить поле для характеристики его качества, в которое на основании контроля данных проставляется оценка качества каждого значения. В качестве имени такого поля рекомендуется вновь использовать имя элемента, но уже заключенное в скобки и с присоединенным символом ‘Q’.

5.2.4.4 Правила оформления файла координат и времени наблюдений

Такие элементы данных как координаты и время выполнения наблюдений широко применяются в качестве метаданных при информировании о проведенных наблюдениях, включая картографическое отображение точек наблюдений. Поэтому, рекомендуется независимо от того, приведены ли эти элементы в файлах вместе с данными наблюдений, формировать отдельный файл, содержащий координаты и время выполнения наблюдений. Файл оформляется в том же формате, который рекомендован в дополнении к электронной форме ФОДЭН.

Вследствие неодинаковых алгоритмов обработки данных, применяемых в различных организациях, одни и те же данные могут быть представлены в формах, которые затрудняют, а порой, делают невозможной их однозначную идентификацию, что приводит к появлению многочисленных дублей в объединенных массивах, формируемых центрами данных. Поэтому наряду со стандартизаций представления необходимых идентификационных признаков, таких, например, как координаты и время наблюдений, предлагается дополнять данные искусственными идентификаторами, получаемыми по определенным правилам или в виде псевдослучайных чисел.

Поэтому в соответствии с рекомендуемым форматом в каждой строке (записи) файла указываются:

- порядковый и идентификационный номера записи (станции, профиля, срока в зависимости от вида наблюдений);
- дата и время наблюдений в спецификации ISO 19115 [8];
- широта места в градусах и долях градуса с отрицательным знаком у южной широты;
- долгота места в градусах и долях градуса с отрицательным знаком у западной долготы;
- возможный комментарий.

В Таблицах 5.1 и 5.2 даны примеры содержания файла (шапка таблицы служит для иллюстрации и в файл не включается). Ширина полей не фиксирована, в качестве разделителя полей используется символ «точка с запятой» (Таблица 5.1) или символ табуляции \t (Таблица 5.2). В последнем случае повышается читабельность таблиц, т.к. данные выстраиваются в колонки, но при этом следует избегать включения в строки данных пробелов (символы табуляции при просмотре данных в текстовых редакторах не отображаются).

Таблица 5.2

Образец оформления файла с датой и координатами точек наблюдений
(разделитель – точка с запятой)

Номер записи	**Идентификатор записи (станции)**	**Дата и время наблюдений** YYYY-MM-DD **T**hh:mm:ss	**Широта** (+)-LL.lll	**Долгота** (+)-LLL.lll	**Приме-чание**

1;3930017460;2007-05-11**T**00:00:00;-27.821;-168.602;калибровочная станция
2;3930046628;2007-05-11**T**03:15:00;-27.8;-169.5;Разрез 1
3;3930097004;2007-05-11**T**06:05:00;-27.815;-171.43;Разрез 1
.....
108;3930097004;2007-06-27**T**18:25:00;12.628;155.75;Разрез 5

Таблица 5.3

Образец оформления файла с датой и координатами точек наблюдений
(разделитель – табуляция)

Номер записи	**Идентификатор записи (станции)**	**Дата и время наблюдений** YYYY-MM-DD **T**hh:mm:ss	**Широта** (+)-LL.lll	**Долгота** (+)-LLL.lll	**При-мечание**
1	3930017460	2007-05-11**T**00:00:00	-27.821	-168.62	Калибр. стан.
2	3930046628	2007-05-11**T**03:15:00	-27.8	-169.5	Разрез 1
3	3930097004	2007-05-11**T**06:05:00	-27.815	-171.43	Разрез 1
.....					
108	3930097004	2007-06-27**T**18:25:00	12.628	155.75	Разрез 5

Порядковый и идентификационный номера используются для связи таблицы координат с таблицами данных, т.е. эти номера должны быть повторены в последних. В качестве идентификационного номера рекомендуется использовать текущее время, взятое из компьютерной системы как целое число миллисекунд относительно начала отсчета и записанное в виде последовательности из 10 цифр. Хотя полученное значение и будет связано со временем наблюдений (по крайней мере, оно будет возрастать), однако назначение его заключается только в обеспечении глобальной уникальной идентификации отдельных наблюдений (с вероятностью примерно 10^{-9} степени). Поскольку идентификационный номер предназначен для обработки компьютером и неудобен для восприятия человеком, перед ним проставляется обычный порядковый номер. С этой же целью в случаях, когда данные распределены по множеству файлов, в рассматриваемую таблицу необходимо включить поле для записи имен этих файлов.

Колонка таблицы «Примечание» может быть использована для группировки данных по полигонам наблюдений, локальным географическим районам и в иных целях.

Время должно быть приведено к **всемирному скоординированному времени (UTC)**. Формат записи времени

YYYY-MM-DD **T**hh:mm:ss

Допускается усечение поля данных даты с правого края, т.е. значений секунд и минут, если точность определения времени меньше, либо они выполняются ровно в установленные регламентом часы.

Координаты выражаются в градусах с точностью не менее 0.01 градуса, формат поля определяется как числовой FC (m, n).

Допускается также форма записи координат в градусах, минутах и долях минут. Но в этом случае формат поля определяется как символьный AA(m) и, в зависимости от точности представления, может быть следующим:

15°46.75′, или 15°46.7′, или 15°46′.

Допускается опускание лидирующих нулей с левого края, кроме последнего перед символом градуса и минут, например, 0° 6.7′, или 0°0′.

5.2.4.5 Правила именования файлов данных

При именовании файлов данных рекомендуется следовать следующим правилам.

Маска имени файла выглядит следующим образом:

EUUUiV_XXXXXXXX_GGMMDD-HH, где:

1. E – признак обменного файла

2. UUU – код учреждения - производителя данных (используются коды ЕСИМО [1],

i – тип информации (O – наблюденная, K - обобщенная, A – диагностическая (анализ), F - прогностическая, I – справочная, D – описательная),

V – код геосферы, к которой относятся данные:

V = Код	Геосфера
1	Литосфера
2	Гидросфера
4	Атмосфера
6	Криосфера
7	Биосфера
8	Социосфера
9	Техносфера

3. XXXXXXXX – условное наименование обменной информации. Для данных наблюдений рекомендуется заполнять это поле кодом (названием) наблюдательной платформы, номером рейса и кодом вида наблюдений из формы ФОДЭН, например, E003O1_AkFedorov_26_G02 или E003O2_AkFedorov_26_H10.

4. GGMMDD-HH - дата и время подготовки комплекта данных, выполнения анализа или составления прогноза. Это поле может быть урезано справа до подходящего для конкретных данных уровня детализации. В случае представления в комплекте множества файлов его следует заменить на порядковый номер файла в комплекте, например, E003O2_AkFedorov_26_H10-D_001, E003O2_AkFedorov_26_H10-D_002 и т.д.

В наименование файла описания данных (файл метаданных) рекомендуется включать идентификатор "**met**", например, E*003O2_AkFedorov_26_* met.*txt*

В наименование файла с данными о координатах и времени наблюдений рекомендуется включать идентификатор "**pos**", например, E003O2_AkFedorov_26_pos.csv

Файлы данных в текстовом табличном формате с разделителями должны иметь расширение имени '*.csv'.

Таким образом, комплект файлов с данными наблюдений определенного вида, должен иметь примерно следующий состав (в квадратных скобках необязательные файлы):

1) файл метаданных
(*E003O2_AkFedorov_26_met.txt);*
2) [файл с данными о координатах и времени наблюдений]
(*E003O2_AkFedorov_26_pos.csv*)
3) файл с данными наблюдений
E003O2_AkFedorov_26_H10-D_001. csv
4) [группа файлов с данными наблюдений]
E003O2_AkFedorov_26_H10-D_002. csv
E003O2_AkFedorov_26_H10-D_003. csv
……..

5.3 Список использованных источников

1. Правила проведения морских научных исследований во внутренних морских водах, в территориальном море, в исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе Российской Федерации. Утверждены постановлением правительством РФ №391 от 30 июля 2004 г. (В редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 21.10.2011 г. N 855; от 11.10.2012 г. N 1038; от 25.04.2013 г. N 372). -URL: http://pravo.fso.gov.ru/ (дата обращения: 30.10.2013).

2. Инструкция по заполнению формы "РОСКОП". - Обнинск,1975. - 9с.

3. Межправительственная океанографическая комиссия. Руководство по международному обмену океанографическими данными, третье издание. // Техническая серия МОК №9 –Париж: ЮНЕСКО 1973.

4. Guide to International Marine Data Services. – Paris: UNESCO, 1975.

5. Lesley Rickards, Friedrich Nast. IODE data flow (National Oceanographic Programmes (NOPs) and Cruise Summary Reports (CSRs)). / IODE Session Working Documents, IOC/IODE-XIX. 2007. - URL: http://www.iode.org/, (дата обращения: 20.11.2013).

6. Технические спецификации обмена файлами данных об обстановке в Мировом океане. Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». – 2007. – 11 с.

7. Методические рекомендации по организации метаданных ЕСИМО. - Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД. – 2005. – 43 с.

8. International Standart ISO 19115 Geographic information – Metadata.– ISO, 2003. – 140 p.

9. Руководство по оформлению результатов морских научных исследований. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2013.

5.4 Форма описания данных экспедиционных наблюдений (ФОДЭН)

Форма предназначена для уведомления центров данных и иных пользователей о проведенных морских научных исследованиях и полученных в ней данных наблюдений. В данном документе дан образец формы с примером ее заполнения, а также таблицы кодов, используемых для описания наблюдений. Форма разработана на базе известной формы описания океанографических наблюдений РОСКОП, но отличается от нее более широким составом описываемых видов наблюдений, способом описания географических координат наблюдений и рядом других характеристик. Кроме того, она может быть использована для последующего перенесения информации через WEB-формы в центральную базу метаданных (ЦБМД) единой системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).

Форма (Таблица 5.4) состоит из нескольких разделов. В разделе «Общее описание» приводится название программы морских научных исследований Название должно быть развернутым и отражать цель исследований, включать в себя название географического района исследований. Например, «**Получение данных о ледяном покрове и гидрометеорологическом режиме Баренцева и Карского морей**». Если исследования проводились в соответствии с утвержденным годовым Планом морских научных исследований Российской Федерации, то приводится название, соответствующее Плану и заявке, поданной в федеральный орган исполнительной власти по науке и технологиям.

В этом же разделе указывается тип экспедиции (морская/наземная/ледовая), научные проекты или программы, в рамках которых выполняются исследования. Приводится общая информация о целях и задачах исследований. Указываются страна и организация, ответственные за организацию и проведение экспедиции, даты и географические пункты начала и окончания экспедиции.

Во втором разделе приводится контактная информация о руководителе экспедиции, которая в дальнейшем используется для более надежной идентификации экспедиции и удовлетворения возможных запросов пользователей.

Следующая часть формы предназначена для идентификации наблюдательной платформы. Для указания типа наблюдательной платформы рекомендуется использовать справочную Таблицу 5.5. В сведения о наблюдательной платформе включены такие признаки как позывной судна, идентификационный номер Международной морской организации (IMO), номер судна в морском или речном регистре Российской Федерации, позволяющие однозначно ее идентифицировать. Достаточно указать один из перечисленных признаков, но если, ни один из признаков неизвестен, то помимо названия наблюдательной платформы также необходимо указать страну и организацию, которым она принадлежит.

В разделе «Район работ» приводят сведения о районе исследований в виде наименований частей океанов, морей, заливов и т.д. В следующей строке может быть дана уточняющая информация, особенно полезная в тех случаях, если экспедиционные наблюдения велись в отдельных географических точках. В строке ниже перечисляются номера 10-градусных квадратов, в которых проводились наблюдения. Номера составляются из семизначного кода следующим образом. В первую позицию помещается код северного (N) или южного (S) полушария. В следующие две позиции помещается значение широты границы 10-градусного квадрата, являющееся меньшим по абсолютной величине из двух возможных значений. В четвертую позицию помещается код восточного (E) или западного (W) полушария и в остающиеся три позиции записывается значение долготы границы 10-градусного квадрата, являющееся меньшим по абсолютной величине из двух возможных значений. Например, код S00W000 обозначает квадрат, расположенный между нулем и 10 градусами южной широты, нулем и 10 градусами западной долготы. Вместо простановки номеров квадратов к описанию может быть приложен файл с координатами полигона или маршрута экспедиции, оформленный в соответствии с образцом, приведенным ниже (Таблица 5.8). В таблице указывается порядковый номер, дата и время наблюдений в спецификации ISO 19115, широта и долгота места в градусах и долях градуса с отрицательным знаком у южной широты и западной долготы, и в последнем поле - коды видов наблюдений. Ширина полей не фиксирована, в качестве разделителя полей используется символ

«точка с запятой». Такой файл всегда может быть использован для компьютерного картографического отображения маршрута экспедиции.

В последней части формы дается перечень видов выполненных наблюдений и их объемы. Для этого необходимо в таблице кодов видов наблюдений (Таблица 5.6) найти строку с описанием нужного вида наблюдений и скопировать код и его описание в первый столбец формы. Во втором столбце необходимо привести наименование единиц, в которых будет выражен объем наблюдений, и в третьем столбце дать его количественную оценку. Если в таблице видов наблюдений нет нужного вида, то нужно дать его наименование без кода. В качестве единиц объема данных наблюдений рекомендуется использовать подходящие для каждого вида наблюдений определения (станция, зондирование, проба, профиль, снимок, разрез и т.д.).

Таблица 5.6 содержит коды научных дисциплин и играет справочную роль по отношению к Таблице 5.7.

Заполненная форма в течение 5 дней после завершения экспедиции направляется в учреждение, ответственное за проведение экспедиции, и во ВНИИГМИ-МЦД по адресу электронной почты cbmd@meteo.ru. Форма в виде файла редактора Word вкладывается в сообщение электронной почты с темой под наименованием «ФОДЭН» или «FODEN». Сам файл рекомендуется именовать по образцу «ФОДЭН-Название_платформы-ГГГГММДД», где последняя группа символов означает Год, Месяц и День начала экспедиции. Расширение имени файла “doc”. Если к описанию прилагается файл с координатами, то ему рекомендуется давать то же имя, но расширение имени “csv”.

В учреждении, ответственном за проведение морских научных исследований в конкретной экспедиции, сведения из полученной формы ФОДЭН в течение 5 дней после завершения экспедиции переносятся в центральную базу метаданных (ЦБМД) Единой системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО). Для этого используется АРМ удаленного доступа к ЦБМД (http://www.esimo.net).

Таблица 5.4

Форма описания данных экспедиционных наблюдений ФОДЭН с примером заполнения

Общее описание	
Название экспедиции	Получение данных о ледяном покрове и гидрометеорологическом режиме Баренцева и Карского морей.
Тип экспедиции (морская/ наземная/ледовая …)	Морская
Проект или программа, в рамках которой выполняется экспедиция	АВЛАП/NABOS-2013
Общая информация об экспедиции	Получение данных по морфометрии ледяного покрова, площадному распределению зон деформированного льда, торосистых образований, а также внутренней структуры торосов. Определение физико-механических свойств льда и исследование характеристик его дрейфа. Оценка гидрометеорологических условий. Получение физико-механических и экологических характеристик ледников Новой Земли и Земли Франца-Иосифа.
Страна, ответственная за экспедицию	Россия
Организация, ответственная за экспедицию	ФГБУ «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» Росгидромета
Дата начала экспедиции (ДД-ММ-ГГГГ)	17-08-2013
Дата окончания экспедиции (ДД-ММ-ГГГГ)	22-09-2013
Пункт/порт убытия	Архангельск
Пункт/порт прибытия	Мурманск
Руководитель экспедиции	
ФИО	Иванов Кирилл Юрьевич
Должность	Зав. отделом ФГБУ «ААНИИ»
Адрес	199397, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д.38
Телефон	(812) 525-45-16
E-mail	kivanov@mail.ru
Платформа наблюдений	
Тип наблюдательной платформы	31 – Исследовательское судно
Название наблюдательной платформы (судна)	АКАДЕМИК ФЕДОРОВ
Позывной (для судна)	UCKZ
Номер судна IMO	8519837
Номер судна в морском регистре РФ	860742
Номер судна в речном регистре РФ	
Страна и организация-	РФ, ААНИИ Росгидромета

владелец платформы		
Район работ		
Районы наблюдений	Баренцево и Карское моря, Байдарацкая губа.	
Уточняющая информация о районе работ	Высадка на ледники архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа.	
Номера 10-градусных квадратов	N60E040, N70E040, N70E050	
Наблюдения		
Виды наблюдений	**Структурная единица**	**Количество**
M - Метеорология		
M04 - Ледовые наблюдения	Определение	120
M05 - Эпизодические стандартные измерения	Комплекс измерений	255
HP - гидрология		
H10 - Вертикальные профили (СТД/ЭТД)	Профиль	68
H13 - Обрывной батитермограф	Профиль	96
HC – Химическая гидрология		
H21- кислород	Определение	144
H22 - фосфаты	Определение	144
H26 - силикаты	Определение	120
P - загрязнение		
P02 – тяжелые металлы	Определение	36
P03 – остатки нефти	Определение	30
G – геология и геофизика		
G02 – Захват	Число захватов	15
G04 – Колонки мягкого дна	Число колонок	28
G27 - Магнетизм	Определение	365
B - биология		
B02 - Пигменты фитопланктона	Определение	87
B54 - Определение биомассы	Определение	87
B55 - Описание сообществ	Описание	25
ФИО и должность автора описания	Иванов Петр Иванович, инженер-океанолог	

Таблица 5.5

Коды типов наблюдательных платформ

Код типа наблюдательной платформы	Название типа наблюдательной платформы
00	Тип платформы точно не установлен
10	Платформы на суше, море и дне моря
11	Неподвижная платформа на дне океана
12	Подвижная платформа на дне океана
13	Наблюдательная платформа на берегу или в приливной зоне
14	Неподвижная наблюдательная платформа на суше или в прибрежной зоне
15	Подвижная платформа на суше или в прибрежной зоне
16	Неподвижная платформа в открытом море (платформа добычи нефти/газа и др.)
17	Неподвижная платформа на берегу (пирс, маяк и др.)
18	Речная станция
20	Подводное судно
21	Самоходный обитаемый подводный аппарат
23	Неуправляемое буксируемое подводное судно
24	Дрейфующий обитаемый подводный аппарат
25	Автономное подводное транспортное средство
30	Судно
31	Исследовательское судно
33	Лодка
34	Судно в фиксированной точке
36	Рыболовное судно
39	Военное судно
40	Буй
41	Заякоренный буй на поверхности моря
42	Дрейфующий буй на поверхности моря
43	Заякоренный буй под поверхностью моря (притопленный)
44	Дрейфующий буй под поверхностью моря (притопленный)
45	Заякоренная система под поверхностью моря для вертикального зондирования
46	Дрейфующая система под поверхностью моря для вертикального зондирования
50	Воздушный шар
51	Воздушный шар, свободно поднимающийся вертикально
52	Воздушный шар, свободно плавающий горизонтально
53	Воздушный шар, закрепленный
54	Дирижабль
62	Самолет
67	Вертолет
90	Специальные платформы исследований (деятельности)
91	Лед, остров
92	Шельфовый лед
93	Постоянная океанографическая станция мониторинга
94	Постоянная прибрежная станция мониторинга

Таблица 5.6

Коды научных дисциплин

Код дисциплины	Название дисциплины
B	Биология морская
E	Биология наземных экосистем
D	Динамика моря
G	Геология/Геофизика
H	Гидрология
M	Метеорология
P	Загрязнение
I	Специальные морские ледовые наблюдения
C	Гляциология

S	Социально-экономические исследования
F	Медицинские исследования

Таблица 5.7

Коды дисциплин и видов наблюдений

Код дисциплины	Код вида наблюдений	Название вида наблюдений
M	M01	Аэрологические наблюдения
M	M02	Рассеянная радиация
M	M03	Исследования взаимодействия атмосферы и океана
M	M04	Ледовые наблюдения
M	M05	Эпизодические стандартные измерения
M	M06	Стандартные измерения
M	M90	Другие измерения
H	HS	ГИДРОЛОГИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ
H	H01	Непрерывная регистрация температуры
H	H02	Непрерывная регистрация солёности
H	H03	Дискретное измерение температуры
H	H04	Дискретное измерение солёности
H	HB	ГИДРОЛОГИЯ У ДНА (≤ 10 м)
H	H05	Непрерывная регистрация температуры
H	H06	Непрерывная регистрация солёности
H	H07	Дискретное измерение температуры
H	H08	Дискретное измерение солёности
H	HP	ФИЗИЧЕСКАЯ ГИДРОЛОГИЯ
H	H09	Классические океанографические станции
H	H10	Вертикальные профили (СТД/ЭТД)
H	H11	Подповерхностные измерения на ходу
H	H12	Механический батитермограф
H	H13	Обрывной батитермограф
H	H14	Станции наблюдения за скоростью звука
H	H15	Акустические станции
H	H16	Прозрачность
H	H17	Оптические наблюдения
H	H18	Диффузия (динамическая)
H	H80	Другие измерения
H	HC	ХИМИЧЕСКАЯ ГИДРОЛОГИЯ
H	H21	Кислород
H	H22	Фосфаты
H	H23	Общее содержание фосфора
H	H24	Нитраты
H	H25	Нитриты
H	H26	Силикаты
H	H27	Щёлочность
H	H28	pH
H	H29	Хлорность

H	H30	Индикаторные элементы
H	H31	Радиоактивность
H	H32	Изотопы
H	H33	Растворённые газы
H	H90	Другие измерения
P	P01	Взвешенные частицы
P	P02	Тяжёлые металлы
P	P03	Остатки нефти
P	P04	Хлористые углеводороды
P	P05	Другие растворённые вещества
P	P06	Термическое загрязнение
P	P07	Сточные воды: БПК
P	P08	Сточные воды: Нитраты
P	P09	Сточные воды: Микробиология
P	P10	Сточные воды: Другие
P	P11	Обесцвеченная вода
P	P12	Донные отложения
P	P13	Заражённые организмы
P	P90	Другие измерения
G	GL	ИЗМЕРЕНИЯ, ПРОВЕДЁННЫЕ В ОПРЕДЕЛЁННЫХ МЕСТАХ
G	G01	Драга
G	G02	Захват
G	G03	Колонки скального грунта (число колонок)
G	G04	Колонки мягкого дна (число колонок)
G	G05	Пробы, взятые водолазами
G	G06	Пробы, взятые подводными аппаратами
G	G07	Бурение
G	G08	Фотография дна
G	G09	Температура морского дна (≤ 1 м от дна)
G	G10	Акустические характеристики морского дна
G	G11	Инженерные характеристики морского дна
G	G12	Магнитные характеристики морского дна
G	G13	Гравиметрические характеристики морского дна
G	G14	Измерения радиоактивности
G	G70	Другие измерения
G	GU	ИЗМЕРЕНИЯ НА ХОДУ
G	G21	Киносъёмка морского дна (число милей)
G	G22	Широкополосный эхолот (число милей)
G	G23	Узкополосный эхолот (число милей)
G	G24	Боковой сканирующий сонар (число милей)
G	G25	Сейсмическое отражение (число милей)
G	G26	Сейсмическая рефракция (число милей)
G	G27	Гравиметрия
G	G28	Магнетизм
G	G80	Другие измерения

G	GS	ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
G	G31	Физический анализ отложений
G	G32	Химический анализ отложений
G	G33	Палеонтология
G	G34	Палеомагнетизм и магнетизм скальных пород
G	G35	Палеотермия
G	G36	Геотермия
G	G37	Геохронология
G	G38	Минеральные и топливные ресурсы
G	G39	Исследования литоральной зоны
G	G90	Другие измерения
D	D01	Измерители скорости течения (число станций)
D	D02	Измерители скорости течения (средняя продолжительность измерения)
D	D03	Измерения течения навигационным методом
D	D04	ЭМИТ
D	D05	Дрейфующие буи (число)
D	D06	Буй Своллоу (число)
D	D07	Дрейфующие бутылки с опросной карточкой (число выпущенных)
D	D08	Придонные дрейфующие системы (число выпущенных)
D	D09	Приливные наблюдения (продолжительность)
D	D10	Ветровые волны и зыбь (число наблюдений)
D	D90	Другие измерения
B	B01	Первичная продуктивность
B	B02	Пигменты фитопланктона
B	B03	Сестон
B	B04	Фракции органического углерода
B	B05	Фракции органического азота
B	B06	Растворённое органическое вещество
B	B07	Бактериальные и пелагические микроорганизмы
B	B08	Фитопланктон
B	B09	Зоопланктон
B	B10	Ньюстон
B	B11	Нектон
B	B12	Безпозвоночный нектон
B	B13	Пелагические икринки и личинки
B	B14	Пелагическая рыба
B	B15	Амфибии
B	B16	Бентические бактерии и микроорганизмы
B	B17	Фитобентос
B	B18	Зообентос
B	B19	Промысловая придонная рыба
B	B20	Промысловые бентические моллюски
B	B21	Промысловые бентические ракообразные
B	B22	Прикреплённые растения и водоросли
B	B23	Организмы, живущие в приливной зоне

B	B24	Организмы, точащие и обрастающие суда
B	B25	Птицы
B	B26	Млекопитающие и пресмыкающиеся
B	B27	Глубоководные рассеивающие слои
B	B28	Акустическое отражение от морских организмов
B	B29	Биологические звуки
B	B30	Биолюминесценция
B	B31	Концентрации витаминов
B	B32	Концентрации аминокислот
B	B33	Концентрации углеводорода
B	B34	Концентрации липида
B	B35	Концентрации ATP, ADP, AMP
B	B36	Концентрации DNA, RNA
B	B37	Мечение
B	B80	Другие измерения
B	BS	ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
B	B51	Определение
B	B52	Пространственное и временное распространение
B	B53	Слежение и наблюдение
B	B54	Определение биомассы
B	B55	Описание сообществ
B	B56	Передача энергии в пищевом цикле
B	B57	Живые организмы и окружающие среды
B	B58	Структура живых организмов
B	B59	Таксономия, систематика, классификация
B	B60	Физиология
B	B61	Поведение
B	B62	Паталогия, паразитология
B	B63	Токсикология
B	B64	Изучение орудий лова
B	B65	Исследовательское рыболовство
B	B66	Промысловое рыболовство
B	B67	Аквакультура
B	B90	Другие измерения
C	C01	Баланс массы
C	C02	Динамика ледников
C	C03	Гляциохимия
C	C04	Дендрохронология
C	C05	Лихенометрия
I	I01	Определение морфометрических характеристик снежно-ледяного покрова на ледовых станциях
I	I02	Определение физико-механических и химических характеристик снежно-ледяного покрова на ледовых станциях
I	I10	Попутные визуальные ледовые наблюдения за распределением характеристик ледяного покрова
I	I11	Попутные инструментальные ледовые наблюдения за распределением характеристик ледяного покрова
I	I12	Ледовая авиаразведка

I	I90	Другие измерения
S	S0	Социально-экономические исследования
S	S01	Демографические исследования
S	S02	Этнографические исследования
S	S03	Исследования культурного и природного наследия (изучение археологических и исторических объектов)
S	S50	Методы социально-экономических исследований
S	S51	Социологический опрос
F	F0	Медицинские исследования

Таблица 5.8

Образец оформления файла с координатами точек наблюдений

Номер	**Дата и время наблюдений** YYYY-MM-DD**T**hh:mm:ss	**Широта** (+)-LaLa.lll	**Долгота** (+)-LoLoLo.lll	**Коды видов наблюдений**

1; 2013-08-21 **T**00:00:00; -27.821; -168.602; M06, H10
2; 2013-08-21 **T**03:15:00; -27.818; -169.547; H10
3; 2013-08-21 **T**06:05:00; -27.815; -171.436; M06, H10

5.5 ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА
О МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«АРКТИЧЕСКИЙ И АНТАРКТИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»
(ФГБУ «ААНИИ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор,
д-р геогр. наук,

_____ И.Е. Фролов
"____" _____ ____ г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ О МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ О ЛЕДЯНОМ ПОКРОВЕ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ

17.08.2013 – 22.09.2013

Научный руководитель
д-р геогр.наук, проф. _____ Г. В. Давыдов

г.Санкт-Петербург,
2013

5.6 *Примеры описания данных морских научных исследований в формате обмена*

В.1 Пример описания данных морских метеорологических наблюдений

Здесь приведен пример наиболее простой структуры данных, состоящей из файла метаданных и одного файла данных. В файле данных представлены как идентифицирующие признаки (идентификатор, координаты, время), так и измеренные параметры (температура, влажность и др.). Данные в файле должны быть упорядочены по времени производства наблюдений.

В.1.1 Файл метаданных E812O1_AkFedorov_26_M06_met.txt

*[Общие характеристики]
[Наименование]
Морские метеорологические данные по Арктике за ноябрь 2007г

[Содержание]
Метеопараметры

[Географический район]
[Океан]
Северный Ледовитый
[Море]
Баренцево, Карское, Лаптевых

[Форма представления данных]
Фактографическая – табличный текстовый формат
[Дата начала]
01-11-2007
[Дата окончания]
29-11-2007

[Временное разрешение]
6 часов

[Пространственное разрешение]
нерегулярное

[Упорядочение]
Данные упорядочены по возрастанию времени наблюдений
[Элементы данных]
Позывной судна, дата, широта, долгота, метеопараметры

[Файловая структура]
E812O1_AkFedorov_26_M06_met.txt - файл метаданных
E812O1_AkFedorov_26_M06.csv - файл данных

[Источник]
Глобальная система телесвязи ВМО
[Выходные реквизиты]
ГУ «ВНИИГМИ-МЦД»

*[Дополнительные сведения]

[Полнота]
100%
[Объем]
0.4 Мб, 260 записей данных

*[Структура файла данных]
[Данные]
НОМЗАП; FC(5); // Последовательный номер записи в файле
ДАТА_ВРЕМЯ; AA(12); // Дата и время наблюдений в часах
ШИРОТА; FC(6,2); // Широта, градусы и доли градуса
ДОЛГОТА; FC(7,2); // Долгота, градусы и доли градуса
ДАВЛМПС; FC(5,1); // Атмосферное давление, гПа
(ДАВЛМПС)Q; FC(1); // Признак качества атмосферного давления
ТЕМВОЗПС; FC(4,1); // Температура воздуха, °С
(ТЕМВОЗПС)Q; FC(1): // Признак качества
МЕТОПРВЛ; AA(1); // Метод определения влажности, код-таблица М.10
ВЛЖОТНС; FC(3); // Относительная влажность, процент
(ВЛЖОТНС)Q; FC(1); // Признак качества
ВЕТНАПРЦ; FC(3); // Направление ветра, градусы
(ВЕТНАПРЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ВЕТСКОМЦ; FC(4,1); // Скорость ветра, м/с
(ВЕТСКОМЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ВОЛТИПВЦ; FC(1); // Тип волнения, код-таблица М.11
(ВОЛТИПВЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ВВНАПРВЦ; FC(3); // Направление ветровых волн, градусы
(ВВНАПРВЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ВВВЫСВЛН; FC(4,1); // Высота ветрового волнения, м
(ВВВЫСВЛН)Q; FC(1); // Признак качества
ВВДЛИНВЦ; FC(3); // Длина ветровых волн, м
(ВВДЛИНВЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ВВПЕРИВЦ; FC(2); // Период ветровых волн, с
(ВВПЕРИВЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ТЕМПОВМЦ; FC(4,1); // Температура поверхности воды, °С
(ТЕМПОВМЦ)Q; FC(1); // Признак качества
ПОГОWWВЦ; FC(1); // Погода в срок наблюдения, код-таблица М.12
(ПОГОWWВЦ)Q; FC(1); // Признак качества

В.1.2 Фрагмент файла данных морских метеорологических наблюдений E812O1_AkFedorov_26_M06.csv

(в реальном файле заголовок должен размещаться в одной строке)

НОМЗАП; ДАТА_ВРЕМЯ; ШИРОТА;ДОЛГОТА;ДАВЛМПС;
(ДАВЛМПС)Q;ТЕМВОЗПС;(ТЕМВОЗПС)Q; МЕТОПРВЛ; ВЛЖОТНС;(ВЛЖОТНС)Q;
ВЫСВВЛН;(ВЫСВВЛН)Q;
1;2007-05-11**T**00;-27.82;-168.60;1002.5;0;25.4;0;2;87;0;3.5;0;210;0;12.5;0;1;0;17;0;6;0;22.4;0;2;0
2;2007-05-11**T**03;-27.80;-169.50;989.8;0;25.3;0;2;82;0;3.2;0;215;0;9.0;0;1;0;23;0;8;0;23.5;0;3;0
3;2007-05-11**T**06;-27.81;-171.43;992.5;0;25.7;0;2;81;0;2.5;0;175;0;8.5;0;4;0;19;0;7;0;23.8;0;2;0
.....
108;2007-06-27**T**18;12.628;155.75;986.5;0;26.8;0;2;92;0;1.5;0;190;0;14.5;0;4;0;25;0;11;0;28;7;0;2;0

В.2 Пример описания океанографических данных вертикального зондирования

Комплект океанографических данных вертикального зондирования состоит из файла метаданных и нескольких файлов данных. Файлы данных состоят из двух групп:

1) файл, содержащий идентифицирующие признаки (идентификатор, номер станции, координаты, время);
2) файл или файлы, содержащие измеренные параметры (температура, соленость, другие) на различных горизонтах.

Записи файла признаков связаны с записями файла параметров идентификатором станции/зондирования в соотношении – одна ко многим. При этом записи в файле признаков должны быть упорядочены по времени выполнения наблюдений, а в файле параметров по горизонтам (глубине) измерений.

В.2.1 Файл метаданных E812O1_AkFedorov_26_H10_met.txt

*[Общие характеристики]
[Наименование]
Данные вертикального зондирования моря СТД-зондом, 26 рейс НЭС «Академик Федоров»
[Содержание]
Температура, соленость, измеренные СТД-зондом и представленные с дискретностью по вертикали в 1м.
[Географический район]
[Океан]
Северный Ледовитый
[Море]
Баренцево, Карское, Лаптевых
[Форма представления данных]
Фактографическая – табличный текстовый формат
[Дата начала]
25-07-2007
[Дата окончания]
05-10-2007
[Временное разрешение]
неравномерное, от полутора до 6 часов
[Пространственное разрешение]
на разрезах - 10 миль
[Упорядочение]
Данные упорядочены по возрастанию времени наблюдений, горизонтов измерений.
[Элементы данных]
Температура, соленость, содержание кислорода, окислительно-восстановительный потенциал
[Словари]
Использован словарь параметров ЕСИМО
[Файловая структура]
E003O2_AkFedorov_26_H10_met.txt - файл метаданных
E003O2_AkFedorov_26_H10_POS.csv - файл данных признаков (дата, координаты и др.)
E003O2_AkFedorov_26_H10-D_001.csv - 1-й файл данных
E003O2_AkFedorov_26_H10-D_168.csv - 168-й файл данных
[Источник]
НЭС «Академик Федоров» ГУ ААНИИ, 26 рейс
[Выходные реквизиты]
ГУ «ААНИИ», Ашик И.М., (812)123456, ashik@aari.nw..ru, 10.10.2007
*[Дополнительные сведения]
[Приборы]
СТД-зонд, производства фирмы Sea Bird Electronics, год выпуска – 2003 и корзина батометров
[Методы обработки]

Представленные данные приведены к дискретности в 1 м сглаживанием пятиточечным фильтром по вертикали.

[Полнота]

100%

[Объем]

120Мб, 68 зондирований

*[Структура файла данных]

[Данные] Таблица Признаки (главная), E003O2_AkFedorov_26_H10_POS.csv

НОМЗАП; FC(5); // Последовательный номер записи в файле
ИДЕНТИФ; AA(12); // Идентификатор станции/зондирования
НОМСТ AA(7); // Номер станции/зондирования
СПОСЗОНД; FC(1); // Способ зондирования, код (Табл.1)
МЕТОСРДН; FC(1); // Метод осреднения по глубине, код (Табл.2)
ШИРОТА; FC(7,3); // Широта, градусы
ДОЛГОТА; FC(8,3); // Долгота, градусы
ДАТА_ВРЕМЯ; AA(1); // Дата и время начала зондирования, UTC
ГЛУБИНА; FC(6,1); // Глубина моря, м
(ГЛУБИНА)Q; FC(1): // Признак качества

[Данные] Таблица Параметры (подчиненная к таблице Признаки), E003O2_AkFedorov_26_H10-D.csv

НОМЗАП; FC(5); // Последовательный номер записи в файле
ИДЕНТИФ; AA(12); // Идентификатор станции/зондирования
ДАВЛ; FC(7,1); // Гидростатическое давление, дБар
(ДАВЛ)Q; FC(1); // Признак качества давления
ГОРИЗОНТ; FC(7,1 // Горизонт наблюдений, м
(ГОРИЗОНТ)Q; FC(1); // Признак качества горизонта
T; FC(6,3); // Температура воды,°C
(T)Q; FC(1): // Признак качества температуры воды
S; FC(6,3); // Соленость воды, ПШС
(S)Q; FC(1): // Признак качества солености
O2; FC(6,3); // Содержание кислорода, мл/л
(O2)Q; FC(1); // Признак качества содержания кислорода
pH; FC(5,3); // Окисл.-восст. потенциал, отн.ед.
(pH)Q; FC(1); // Признак качества pH

B.2.2 Фрагмент файла океанографических данных E812O1_AkFedorov_26_H10_POS.csv (признаки станций зондирования)

НОМЗАП;ИДЕНТИФ;НОМСТ;ДАТА_ВРЕМЯ;ШИРОТА;ДОЛГОТА;СПОСЗОНД;МЕТОСРДН;ГЛУБИНА;(ГЛУБИНА)Q;ИМЯ_ФАЙЛА
1;3930017460;NS00021;2006-08-26T03:01;76.821;-6.602;2;1;58.0;0;E003O2_AkFedorov_26_H10-D_01.csv
2;3930046628;NS00022;2006-08-27T03:15;77.0;-1.05;2;1;102.0;0;E003O2_AkFedorov_26_H10-D_02.csv
3;3930097004;NS00023;2006-09-02T06:30;79.815;20.438;2;1;93.0;0;E003O2_AkFedorov_26_H10-D_03.csv
……
4;3930103602;NS00024;2006-09-07T10:53;79.25;43.518;2;1;205.0;0;E003O2_AkFedorov_26_H10-D_68.csv

B.2.3 Фрагмент файла океанографических данных E812O1_AkFedorov_26_H10_D_01.csv (данные вертикального зондирования

НОМЗАП;ИДЕНТИФ;ДАВЛ;(ДАВЛ)Q;ГОРИЗОНТ;(ГОРИЗОНТ)Q;T;(T)Q;S;(S)Q;O2;(O2)Q; pH;(pH)Q;
1;3930017460;2.1;0;2.1;0;12.362;0;35.562;0;9.211;0;8.336;0
2;3930017460;3.2;0;3.2;0;12.360;0;35.560;0;9.210;0;8.332;0
3;3930017460;4.5;0;4.5;0;12.368;0;35.566;0;9.207;0;8.332;0
4;3930017460;5.4;0;5.3;0;12.300;0;35.558;0;9.192;0;8.335;0
5;3930017460;6.3;0;6.4;0;12.238;0;35.553;0;9.190;0;8.331;0
6;3930046628;2.0;0;2.0;0;10.625;0;34.862;0;9.101;0;7.624;0

7;3930046628;3.2;0;3.2;0;10.628;0;34.860;0;9.122;0;7.567;0
8;3930046628;4.5;0;4.4;0;10.620;0;34.863;0;9.120;0;7.569;0
9;3930046628;5.5;0;5.4;0;10.603;0;34.868;0;9.108;0;7.570;0
10;3930097004;2.4;0;2.4;0;9.621;0;34.687;0;10.002;0;8.016;0
11;3930097004;3.5;0;3.5;0;9.620;0;34.682;0;10.013;0;8.010;0
12;3930097004;4.5;0;4.6;0;9.615;0;34.686;0;10.003;0;7.985;0

В.3 Пример описания биологических данных

Приведенный пример биологических данных, является простым по структуре, когда все данные размещены в одном файле. Его отличительной особенностью является то, что многие данные представляются в виде кодов, расшифровка которых дается в справочных таблицах, приведенных в файле метаданных. Упорядочение данных в файле должно быть выполнено по времени наблюдений.

В.3.1 Содержание файла метаданных E812O1_AkFedorov_26_B25_met.txt

*[Общие характеристики]
[Наименование]
Показатели состояния популяций ключевых видов морских птиц (26 рейс НЭС «Академик Федоров»)

[Содержание]
Показатели состояния популяций ключевых видов морских птиц птиц высокоширотных полярных регионов и островов Западной Арктики, полученные на основе морских учетов на трансектах

[Географический район]
[Океан]
Северный Ледовитый
[Море]
Баренцево, Карское, Лаптевых
[Пролив]
Шокальского
[Остров]
Хейса, Рудольфа, Шмидта, Комсомолец, Голомянный, Октябрьской Революции

[Форма представления данных]
Табличный текстовый формат, фотоснимки в формате JPEG.

[Дата начала]
23-07-2007
[Дата окончания]
28-08-2007

[Временное разрешение]
Наблюдения проводились в периоды посещения островов и на морских переходах

[Пространственное разрешение]
На островах, на переходах - 10 миль

[Упорядочение]
Данные упорядочены по возрастанию времени наблюдений

[Элементы данных]
Вид особей, пятисимвольная кодировка IBSG
Численность

Форма поведения, код (Таблица 6)
Возраст, код (Таблица 7)
Пол, код (Таблица 8)

[Словари]
Таблица 1 - Тип платформы наблюдений
0|Неизвестная платформа
1|Судно
2|Самолет
3|Вертолет
4|Вышка

Таблица 2 - Тип наблюдений
1|Все виды
2|Кроме чаек
3|Кроме глупышей
4|Кроме чаек и глупышей
5|Кроме чаек, глупышей, тупиков
6|Только чистиковые
7|Чистиковые и морские утки
8|Другое

Таблица 3 - Коды активности судна
0|нет информации
1|Движение более 4 узлов
2|Рыболовство
3|Движение между рыбн. станциями
4|Движение между другими станциями
5|Курс выбирает наблюдатель
6|Другое

Таблица 4 - Коды условий наблюдений
1|Очень хорошие
2|Хорошие
3|Средние
4|Плохие

Таблица 5 - Коды Ширины трансекта
0|0-30 м
1|0-100 м
2|0-200 м
3|200-300 м
4|более 300 м

Таблица 6 - Коды поведения
0|нет данных
1|летит
2|на воде
3|следует за судном
4|на льду

Таблица 7 - Коды возраста
0|взрослый
1|молодой

2|подросток
3|смешаный
9|неизвестно

Таблица 8 - Коды пола особей
0|неизвестно
1|самка
2|самец

[Файловая структура]
E_812_AkFedorov_26_B25_met.txt - файл метаданных
E812O1_AkFedorov_26_ B25.txt - файл данных

[Источник]
Данные наблюдений (морских учетов) на трансектах в экспедиции НЭС «Академик Федоров» ГУ ААНИИ, 26 рейс
Наблюдатель- Гаврило М.В., ГУ «ААНИИ»

[Выходные реквизиты]
ГУ «ААНИИ», Гаврило М.В., (812)3522246, m_gavrilo@mail.ru, 25.08.2007

*[Дополнительные сведения]
[Приборы]

[Методы обработки]
Визуальный анализ
[Привязка]
[Полнота]
100%
[Объем]
1Мб
*[Структура файла данных]
[Данные]

Номзап;	FC(5);	// Последовательный номер записи в файле
Идентиф;	AA(12);	// Идентификатор записи
Типплатф;	FC(1);	// Тип платформы наблюдений, код (Табл.1)
Кодплатф;	FC(5);	// Идентификатор платформы наблюдений
Иднабл;	FC(3);	// Идентификатор наблюдателя
Числабл;	FC(3);	// Число наблюдателей
Дата_время;	AA(13);	// Дата и время наблюдений, UTC
Широта;	FC(3);	// Широта, градусы
Долгота;	FC(4);	// Долгота, градусы
Скорсуд;	FC(2);	// Скорость судна, узлы
Курс;	FC(3);	// Курс судна, градусы
Типнабл;	FC(1);	// Тип наблюдений, код (Табл.2)
Активсуд;	FC(1);	// Активность судна, код (Табл.3)
Условия;	FC(1);	// Условия наблюдений, код (Табл.4)
Трансекта;	FC(1);	// Трансекта (1-началн, 2-окончание)
Вид;	FC(5);	// Вид особей, код IBSG
Подвид;	FC(1);	// Подвид, фаза и т.д.
Ширинатр;	FC(1);	// Ширина трансекта, код (Таблица 5)
Поведение;	FC(1);	// Форма поведения, код (Таблица 6)
Возраст;	FC(1);	// Возраст особи, код (Таблица 7)
Пол;	FC(1);	// Пол, код (Таблица 8)

Наряд; FC(1); // Наряд, код (0-неизвестно, 1-брачный)

B.3.2 Фрагмент файла биологических данных E812O1_AkFedorov_26_ B25_D.csv

Номзап;Идентиф;Типлатф;Кодплатф;Иднабл;Чиснабл;Дата_время;Широта;Долгота;Скорсуд;Курс;
Типнабл;Активсуд;Условия;Трансекта;Вид;Подвид;Ширинатр;Поведение;Возраст;Пол;Наряд
1;3930017460;1;UCKZ;Gav;1;2006-08-16T03:01;76.821;-6.602;9;123;2;5;3;2;58;0;1;1;2;1;0
2;3930046628;1;UCKZ;Gav;1;2006-08-17T03:15;77.0;-1.05;11;125;2;5;2;2;102;0;1;2;2;2;1
3;3930097004;1;UCKZ;Pet;1;2006-08-22T06:30;79.815;20.438;8;137;2;5;3;2;93;0;1;3;2;1;0
…… …
4;3930103602;1;UCKZ;Pet;1;2006-08-27T10:53;79.25;43.518;12;145;2;5;3;2;205;0;1;4;1;1;0

B.4 Пример описания геологических данных

Приведенный пример геологических данных является сложным по структуре. В файлах размещены данные анализа колонок грунта с соблюдением трехуровневой иерархии. Корневой файл данных E812O2_AkFedorov_26_G04_POS.csv содержит призначные сведения о времени и месте взятия грунтовых колонок.

В файле второго уровня E812O1_AkFedorov_26_G04_DSC.csv приведены сведения о слоях колонки грунта и их описание. Записи корневого файла связаны с записями второго уровня через «Идентификатор станции» в соотношении - один ко многим.

В файле третьего уровня E812O1_AkFedorov_26_G04_SMP.csv приведены сведения об образцах, взятых из слоев колонки грунта. Записи файла второго уровня связаны с записями третьего уровня через «Идентификатор станции» и «Идентификатор/номер слоя» в соотношении - один ко многим.

B.4.1 Содержание файла метаданных -E812O1_AkFedorov_26_G04_met.txt

[Общие характеристики]
[Наименование]
Результаты визуального анализа колонок мягкого донного грунта, 26 рейс НЭС «Академик Федоров»

[Содержание]
Результаты визуального анализа донных осадков, полученных в колонках мягкого грунта в 26 рейсе НЭС «Академик Федоров»

[Географический район]
[Океан]
Северный Ледовитый
[Море]
Баренцево, Карское, Лаптевых

[Форма представления данных]
Фактографическая, текстовый формат

[Дата начала]
25-07-2007
[Дата окончания]
15-09-2007

[Временное разрешение]
нерегулярное, один, два раза в сутки

[Пространственное разрешение]
неравномерное, взятие проб на отдельных разрезах

[Упорядочение]
Данные упорядочены по возрастанию времени наблюдений

[Элементы данных]
Дата и время получения колонок, UTC
Координаты точек получения колонок, градусы, минуты
Высота колонки, см
Глубина от дна, см
Толщина описываемого слоя, см
Органические остатки
неорганические включения

[Словари]
Таблица 1 - Коды орудий сбора
1|Бокскорер
2|ГСТ, гидростатическая трубка
3|Д4, дночерпатель

Таблица 2 - Коды назначения образцов
Гр-Мин|Грануло-Минералогический анализ
ДКМ|Донно-каменный материал
ОВ|Органические вещества
Гх|Геохимический анализ

[Файловая структура]
E812O1_AkFedorov_26_G04_met.txt - файл метаданных
E812O1_AkFedorov_26_G04_POS.csv - файл данных координат грунтовых станций
E812O1_AkFedorov_26_G04_DSC.csv - файл данных описаний колонок влажного грунта
E812O1_AkFedorov_26_G04_SMP.csv - файл данных назначения образцов грунта

[Источник]
НЭС «Академик Федоров» ГУ ААНИИ, 26 рейс, наблюдения отряда "ВНИИОкеангеология"
[Выходные реквизиты]
ВНИИ "Океангеология", Гусев Е.А., (812)714-40-42, gus-evgeny@yandex.ru, 10.10.2007

*[Дополнительные сведения]
[Приборы]
Гидростатическая грунтовая трубка, производства ФГУП "ТЕХМОРГЕО", г.Мурманск

[Методы обработки]
Визуальный анализ

[Полнота]
100%

[Объем]
68 колонок, 2 Мб

*[Структура файла данных]
[Данные] Таблица 1 (главная), E812O2_AkFedorov_26_G04_POS.csv
NREC; FC(5); // Последовательный номер записи в файле;
ID_st; FC(12); // Идентификатор станции
Nst; AA(9); // Номер грунтовой станции
Lat; FC(7,3); // Широта, градусы

Lon; FC(8,3); // Долгота, градусы
Date; AA(16); // Дата и время начала зондирования, UTC
ID_TypeInstr; FC(1); // Орудие сбора, код (Табл.1)
Depth; FC(6,1); // Глубина моря, м
Depgot; FC(6,1); // Глубина погружения, м
Lencol; FC(4); // Длина влажной колонки, см
Location; AA(150); // Характеристика географического положения
Funf; AA(250); // Характеристика образцов

[Данные] Таблица 2 (подчиненная к таблице 1), E812O2_AkFedorov_26_G04_DSC.csv
CNT; FC(5); // Последовательный номер записи в файле;
ID_st; FC(12); // Идентификатор станции
Nst; AA(9); // Номер грунтовой станции
ID_slice; FC(5); // Идентификатор/номер слоя
Up; FC(4); // Граница слоя, см (верхняя)
Down; FC(4); // Граница слоя, см (нижняя)
Dim; FC(4); // Мощность слоя, см
Descrip; AA(250); // Описание влажного грунта

[Данные] Таблица 3 (подчиненная к таблице 2), E812O2_AkFedorov_26_G04_SMP.csv
CNT; FC(5); // Последовательный номер записи в файле;
ID_st; FC(12); // Идентификатор станции
Nst; AA(9); // Номер грунтовой станции
ID_slice; FC(5); // Идентификатор/номер слоя
Intsmpl; AA(10); // Интервал отбора образца
Desmpl; AA(50); // Назначение образца

B.4.2 Фрагмент содержания файла данных E812O2_AkFedorov_26_G04_POS.csv

NREC;ID_st;Nst;Lat;Lon;Date;ID_TypeInstr;Depth;Depgot;Lencol;Location;Funf
1;1;07-01;89.986;32.321;2007-08-02T06:08;1;4200;0;45;Северный полюс;
2;2;07-02;86.995;58.269;2007-08-03T06:08;2;4765;0;;Хребет Гаккеля;
.....
21;-619149010;07-20;79.505;105.906;2007-08-18T01:45;3;347;0;;;
22;1454643252;07-21;79.652;106.804;2007-08-18T04:22;3;468;0;;;

B.4.3 Фрагмент содержания файла данных E812O2_AkFedorov_26_G04_DSC.csv

CNT;ID_st;Nst;ID_slice;Up;Down;Dim;Descrip
1;1;07-01;1;0;2;2;Наилок, зелено-коричневый, пелитовый, с незначительной примесью песка, обводненный
2;1;07-01;2;2;4;2;Алевропелит, светло-коричневый, мягкий, с примесью песка, контакт постепенный
3;1;07-01;3;4;18;14;Алевропелит, коричневый, мягкий, вязкий, контакт постепенный по смене цвета.....
67;4;07-04;1;0;101;101;Алевропелит, серый мягкий, обводненный, контакт постепенный, осадок жирный на ощупь
68;4;07-04;3;406;610;204;Алевропелит, с примесью дресвы, гальки и щебня.

B.4.4 Фрагмент содержания файла данных E812O2_AkFedorov_26_G04_SMP.csv

CNT;ID_st;Nst;ID_slice;Intsmpl;Desmpl
1;1;07-01;1;0-2;Гр-Мин, Сп, Гх
2;1;07-01;2;0-15;Гр-Мин, Сп,

3;1;07-01;4;20-24;Гр-Мин, Сп,
.....
81;1590973246;07-08;2;25-30;Гр-Мин
82;1590973246;07-08;2;60-65;Гр-Мин
83;1590973246;07-08;2;30-33;СП

Часть II. Лаборатории, стационарное и специальное оборудование и материалы для выполнения гидрологических работ в океанах и морях

Глава 6. Лаборатории, рабочие помещения, лебедки, краны и другие технические средства проведения экспедиционных работ

Современные научно-исследовательские суда оснащены новыми техническими средствами, связанными с выводом троса за борт, проведением забортных работ и опусканием на глубину различных приборов и устройств.

Понимая, что не все НИС, используемые для исследовательских работ, оснащены современными лабораториями, лебедками и другими устройствами, что все еще продолжают работать, особенно в морях, малые и средние экспедиционные суда, сохранившие старое оборудование, мы сочли необходимым сохранить в этом издании «Руководства» описание устройств и особенности эксплуатации все еще используемого «старого оборудования». Это касается, в частности, лебедок «Океан» и «ЛЭРОК», батометров БМ-48 и некоторых других приборов и устройств. Однако, в этом издании «Руководства» основной упор сделан на новом оснащении современных научно-исследовательских судов.

При этом на современных специально оборудованных судах как Росгидромета, так и Российской Академии наук и других ведомств уже созданы специализированные лаборатории (сухие и «мокрые»), которые позволяют работать в экспедиции, не выходя на палубу. Эти суда оборудованы централизованным дистанционным пультом управления лебедками и другими устройствами автоматизированного управления спуско-подъемными механизмами.

6.1 Универсальная и «мокрые» лаборатории

На верхней палубе судна, ближе к правому борту, располагается так называемая, “мокрая” лаборатория. В этой лаборатории целая серия морских приборов, относительно небольшого веса, проходит подготовку перед выводом на палубу, вывешиванием на тросах научных лебедок и опусканием за борт. В эту же лабораторию приборы доставляются после пребывания в морской воде для считывания записанных в память приборов данных и (или) отбора тех или иных проб. После пребывания в морской воде приборы омываются пресной водой, а отбор проб сопровождается разбрызгиванием воды и сливами воды на палубу. Таким образом, пол лаборатории должен быть не скользкий деревянный, вдоль длинной оси лаборатории, хотя бы в половину длины должен быть желоб для стока воды покрытый решеткой. Далее, в направлении на бак, пол покрывается антистатическим линолиумом. В лабораторию должна быть заведена забортная вода, вода пресная холодная и горячая, предусмотрены две промышленные раковины для воды со стоками. Вдоль продольной оси лаборатории располагается тельфер. Он служит для перемещения пробоотборников воды с зондирующими приборами внутри лаборатории и наружу в зону действия кранов и балок научных лебедок. С точки зрения уменьшения влияния качки одной из удачных конструкций можно считать применение двух потолочных направляющих рельса, на которых установлена поперечная балка со спускоподъемным устройством. Крепление относительно тяжелого морского неразборного прибора за два крюка грузового устройства, каждый из которых перемещается вдоль оси направляющего рельса, уменьшает бортовое раскачивание прибора. Наибольший вес морских приборов, которые могут перемещаться в пределах мокрой лаборатории на рабочую палубу, тельфером - 1200 кг. Наибольшая высота морских приборов с жесткой рамой 1.8 м, диаметр – 2.3 м. Такими характеристика обладает, например, пробоотборник «Carousel» с 36 батометрами по 12 л компании SBE с прикрепленным

CTD зондом, электронными поверочным термометром, двумя измерителями течений ADCP с батареями и пингером. В кормовой части мокрой лаборатории располагаются распашные ворота на корму, Рис.6.1.



Рис.6.1 Вид от кормы на выходы на рабочую палубу японского НИС Mirai. Слева большие сдвижные вверх ворота большой мокрой лаборатории-ангара. Справа – выход из той части мокрой лаборатории, где располагается наиболее часто выводимый в экспедициях на палубу инструмент – пробоотборник воды с присоединенным CTD зондом. При всех выходах из мокрой лаборатории на рабочую палубу отсутствуют какие-либо барьеры. Сверху (над палубой) центральный пост управления лебедками.

Ворота закрываются, исключая проникновение воды с палубы в помещение лаборатории. Открытие-закрытие ворот происходит посредством нескольких рычагов. Ворота открываются–закрываются ручным способом за несколько минут. Нет необходимости открывать их быстро или при волнении моря более 6 баллов. При открытии ворот не должно оставаться конструктивных поднятий между палубой и лабораторией (для облегчения доставки на палубу относительно тяжелых приборов и устройств не тельфером, а на ручных транспортных тележках) или такие поднятия должны быть максимально низкими и их влияние будет нивелироваться временно устанавливаемыми трапами.

Общая ширина двух створок примерно 2.5 м. При этом одна створка, шириной 80-90 см, служит для частых проходов, вторая створка открывается эпизодически при перемещении оборудования. В нижней части дверей не должно быть поднятий. Проход без поднятий нужен для транспортировки отобранных проб воды и пр. (часто это канистры и бочонки) транспортными тележками внутри закрытых помещений судна в места анализа приборами и, напротив, транспортировка приборов другого типа тележками из мест их подготовки к опусканию за борт телескопической балкой.

После вывода морского прибора на палубу (тельфером или грузовой тележкой) из лаборатории его необходимо опустить за борт с помощью лебедки и балки.

Лучшим решением является применение выдвижной телескопической балки. Балка располагается вблизи ворот мокрой лаборатории. Приблизительная грузоподъемность телескопической балки для опускания относительно легкого научного оборудования 3 т. Балка обеспечивает вылет за борт 4-5 м. При этом балка имеет возможность опускать свою переднюю часть до высоты 0.5-1 м от палубы для смены блоков и закладки другого типа троса. Одновременно, в передней части балки, находится окончание Г-образной формы высотой 3.8 м. (Рис.6.2). На горизонтали Г-образной формы вывешивается блок. Г-образное окончание служит для подъема лебедкой через верхний (расположенный на Г-образном окончании) блок планктонных сетей. Максимальный вес сетей на воздухе 200 кг.



Рис. 6.2 Пример удачной организации конструкции одной из двух выдвижных кран-балок немецкого НИС «Поларштерн». Через центральный блок большого диаметра проведен трос с тросовой лебедки, стоящей внутри корпуса судна. Для препятствования возможности соскакивания троса с блока, справа и слева закреплены ограничительные пластиковые валы белого цвета. Диаметр троса порядка 15 мм. Трос заканчивается крюком красного цвета с вертлюгом. Этот элемент кран балки служит для опускания оборудования (геологическое, биологическое), которое не передает сигналы на борт судна по кабель тросу длиной до 5000 м. Правее центрального блока на вертлюге закреплен блок белого цвета, выполненный из пластика. Через этот блок проведен кабель-трос с лебедки, стоящей на палубе прямо под внешней частью выдвижной кран балки. Через этот же блок можно быстро провести и другой кабель трос с лебедки, стоящей прямо за первой кабель-тросовой лебедкой. Такого рода манипуляции необходимы в случае необходимости ремонта первого кабель-троса. Левее центрального блока располагается блок из цветного металла. Через него, при необходимости, проводится кабель-трос меньшего диаметра от лебедки, стоящей в левой части снимка. Смену правого и левого блоков, или проводку через них тросов с других лебедок, легко проводить поскольку V–образный элемент конструкции кран-балки опускается вниз до палубы. В этом случае перепроводка тросов или смена блоков производится с уровня палубы. Уходящий вверх элемент кран-балки необходим для работы с длинными планктонными сетями. При этом на перегибе кран-балки заметны две позиции (отверстия), за которые можно закрепить, при необходимости, еще два блока.

Лебедка, подающая трос на телескопическую балку, располагается на ее оси, на рабочей палубе, как можно ближе к универсальной лаборатории. Лебедка должна быть токосъемной, иметь 9000 м кабель-троса, работать, как и предлагаемая телескопическая балка, с весом на палубе до 1200 кг при волнении моря до 6 баллов.

При установке лебедки необходимо по ее внешним обводам предусмотреть металлический каркас прямоугольной или кубической формы. Каркас простой формы будет служить упрощению закрытия лебедки брызгозащитным чехлом в период между производством измерений. Вблизи расположения лебедки на палубе необходимо предусмотреть вывод трубы с теплым воздухом из машинного отделения. Гофрированный рукав от такой трубы, при необходимости, будет заводиться под чехол лебедки для исключения замерзания мокрых элементов лебедки при отрицательных температурах воздуха.

Помимо безусловной возможности завода троса описанной выше лебедки на выдвижную телескопическую балку удачным решением для производства морских научных измерений будет существование возможности завода на блоки этой балки тросов лебедок, расположенных в трюме. Такая возможность позволяет быстро перецеплять без трудоемкого и долговременного разъединения разъемов пробоотборника морской воды, например, кабель-троса лебедки, другой зондирующий прибор для работы с сигнальным кабель-тросом, сразу после окончания работ с первым прибором. При возможности вывода тросов от лебедок, расположенных внутри судна, на телескопическую балку, будет иметься также возможность быстро менять, в зависимости от вида измерений, кабель трос на просто трос прямо во время выполнения измерений на одной станции.

В кормовой части универсальной лаборатории есть возможность вывода крупногабаритного оборудования на открытую часть рабочей палубы в район действия телескопической балки, кормовых кранов правого и левого бортов с грузоподъемностью 20 т.

Вдоль всего пространства универсальной лаборатории, и вдоль оси судна и поперек, под потолком, прокладываются рельсы, по которым возможно движение поперечной балки с подъемным механизмом. Рельсы на 1.5-2 м выходят из лаборатории на палубу в районе кормы и, в идеале, на палубу к правому борту. Помимо описанной схемы грузового устройства возможны и другие технические решения, не подразумевающие движение по полу универсальной лаборатории. Задача этого грузового устройства – возможность перемещения тяжелого оборудования практически в любую часть универсальной лаборатории и вывод его на палубу хотя бы в направлении кормы и, при возможности, в направлении правого борта. Тяжелое оборудование должно иметь возможность доставляться в зону действия кранов и телескопической балки. При этом необходимо заметить, что наиболее тяжелое (до 7 т) и габаритное оборудование выводится в сторону кормы на палубу из универсальной лаборатории, называемой ангаром. В связи с этим наличие рельсов, транспортирующих оборудование из универсальной лаборатории в зону действия кормовой П-рамы, является необходимым.

Вся поперечная оси судна часть универсальной лаборатории должна иметь сток воды на полу. Пол должен быть покрыт антискользящим покрытием или деревянным настилом.

Пол универсальной лаборатории не имеет порогов и позволяет перемещать грузы внутри помещения ручными тележками. Разделение на рабочие зоны конкретного рейса в пределах универсальной лаборатории происходит путем натягивания ниже подпотолочного грузового устройства тросов поперек лаборатории между регулярно приваренными (через каждые 1.5 м) к стенам коушами с последующим вывешиванием занавесей из плотных тканей между частями универсальной лаборатории.

В лабораторию должна быть заведена забортная вода, вода пресная холодная и горячая, предусмотрены 3-4 промышленные раковины для воды со стоками. Раковины и краны предпочтительней расположить в районе внутреннего угла между продольной и поперечной частями универсальной лаборатории.

Предусматривается два выхода из универсальной лаборатории во внутренний коридор верхней палубы - один из ее поперечной части, другой - из продольной. Выходы в коридор организуются в виде дверей с двумя створками. Общая ширина двух створок примерно 2.5м. При этом одна створка, шириной 80-90 см, служит для частых проходов, вторая створка открывается эпизодически при перемещении оборудования. Допустима организация одного выхода-входа через широкую двухстворчатую дверь только в продольной части универсальной лаборатории. В нижней части дверей не должно быть поднятий.



Рис.6.3 Ангар в «мокрой» лаборатории

6.2 Термостабилизированная «чистая» лаборатория

Термостабилизированная «чистая» лаборатория занимает 18м^2 и более с двумя дверьми и тамбуром между ними, для работы со стационарными солемерами и другими чувствительными к температуре анализаторами (Рис. 6.4).

Температура в «чистой» лаборатории обычно устанавливается или 21°С, или 24°С (с колебаниями в пределах 0,2-0,5°С). Поступления воды и наличие стоков для этой лаборатории не требуется.



Рис.6.4 Пример интерьера термостабилизированной лаборатории на немецком RV Polarstern. Показан высокоточный калибровочный солемер и работающий с ним оператор. На стенах видны полозья для закрепления коушей на любой высоте. За эти коуши можно закреплять широкий спектр измерительных лабораторных устройств, нуждающихся в стабильной температуре. Площадь лаборатории на фотографии 10 м^2.

6.3 Термостабилизированная «охлажденная» лаборатория

Термостабилизированная «охлажденная» лаборатория размерами около 15м^2 с постоянно поддерживаемой температурой 5-10°С для гидробиологических исследований. Весьма желательна возможность поддержания, в зависимости от задач конкретного рейса, еще и температурного режима термостабилизированной «чистой» лаборатории. Должна быть расположена на верхней палубе. Один из возможных вариантов расположения – на месте помещения скрубера. Возможно, как и для лаборатории термостабилизированной «чистой», обустройство тамбура с двумя дверьми. Поступления воды и наличие стоков для этой лаборатории не требуется.

6.4 Проточная лаборатория

Проточная лаборатория (Рис. 6.5) необходима практически в каждом рейсе. Часть серийно выпускаемых проточных анализаторов должна быть установлена в такой лаборатории сразу при строительстве, для других, сменяемых друг друга в зависимости от задач экспедиции, должны быть предусмотрены установочные места (стеллажи) и возможность подключений к поступающей в лабораторию забортной воде. Как правило, специалисты не находятся постоянно у проточных анализаторов, поэтому такая лаборатория может не иметь высокой шумоизоляции. Сами проточные анализаторы или устанавливаются в такой лаборатории постоянно или монтируются один раз за экспедицию. Поэтому такая лаборатория может располагаться где угодно, не обязательно вдоль коридора, по которому предусмотрена доставка грузов ручной транспортной тележкой. Диапазон изменений температуры в помещении проточных анализаторов достигает 2 град в течение суток. Площадь такой лаборатории минимальна (до 15м^2) и предназначена, фактически, только для размещения аппаратуры. Специалисты здесь не сидят и посещают ее

эпизодически для переоснащения оборудования. Обычно место под проточную лабораторию устанавливают на нижних палубах в близости от водозабора в носовой части судна.



Рис. 6.5 Пример интерьера проточной лаборатории. Забортная вода поступает по стационарному крану, имеющему продолжение в виде голубого шланга. Некоторый набор проточных анализаторов установленных на стеллаже, виден в левой части снимка.

6.5 Другие лаборатории и вспомогательные помещения
Лаборатории для комплексных исследований

Это максимальный конструктивно возможный объем помещений, расположенных вблизи «мокрых» и универсальных лабораторий. Здесь выполняются (также как и в универсальной лаборатории) работы, связанные с гидрофизикой, гидрохимией, гидробиологией, геологией и гидроакустикой. Выходы–входы из этой лаборатории не должны иметь препятствий (порогов) при доставке с помощью транспортных тележек образцов или приборов от/до других лабораторий или на палубу. Коридор, вдоль которого осуществляются транспортировки из универсальной лаборатории, должен иметь ширину не менее 2м. Двери в лабораторию делаются двухстворчатыми с возможностью раскрытия до 2.5м. При этом одна половина, шириной 80-90 см, используется для частых проходов, другая половина – только для транспортировки образцов или оборудования.

Комплексная лаборатория - это помещения, в которые заведено стабилизированное электричество, пресная и забортная вода (последняя по трубам, не меняющим ее химический состав), имеется минимум одна раковина со сливом, заведена судовая информационная сеть, располагается хотя бы один вытяжной шкаф, не менее двух сушильных шкафов, не менее двух промышленных холодильников, дистиллятор, имеются столы с крепежными элементами для приборов и электрическими розетками вдоль стен и посередине (в зависимости от формы и размеров помещения), имеется хорошее освещение. Под конкретные задачи экспедиции эти лаборатории будут заполняться разным оборудованием. (Рис.6.6-6.7). Расположение этой лаборатории желательно на главной палубе в районе термостабилизированной лаборатории.

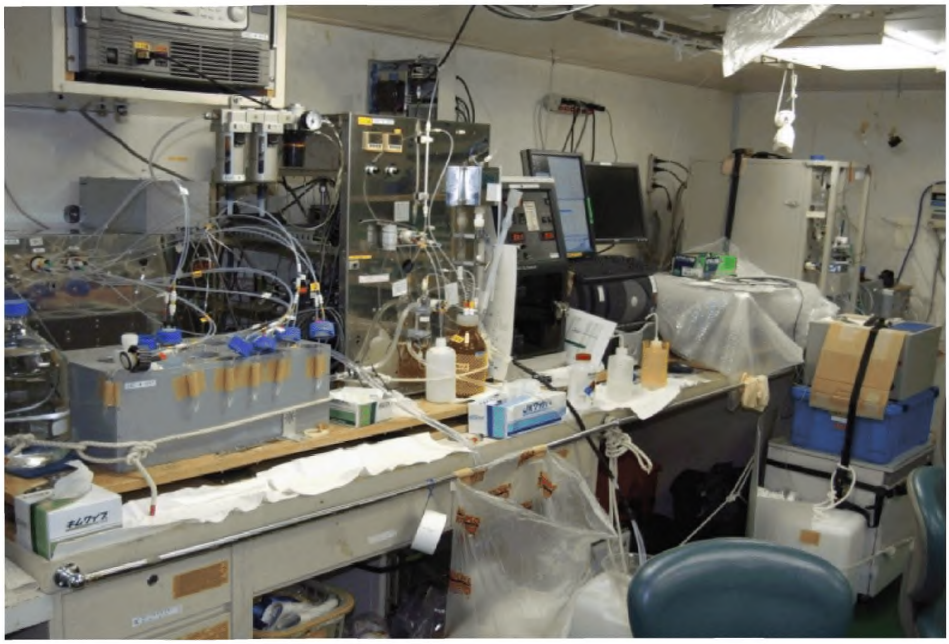


Рис.6.6 Пример интерьера лаборатории на японском RV Miray. На снимке представлен современный комплекс по определению в пробах воды большого ряда химических элементов. В верхней левой части рисунка виден мощный кондиционер, стабилизирующий температуру в помещении. Комплекс нуждается в стабилизированном электропитании. Поручень, идущий вдоль крышки стола, следует признать удачным конструктивным решением. Наличие такого поручня способствует успешной работе оператора химического комплекса в качку.



Рис. 6.7 Пример интерьера лаборатории норвежского НИС Haakon Mosby. На снимке в лаборатории производятся гидрофизические измерения. Измерители, расположенные на стеллажах (на заднем плане снимка), как правило, не демонтируются от экспедиции к экспедиции. На них выводятся показания измерений встроенного в судно измерителя течений, метеорологической станции, навигационные параметры движения судна, показатели эхолота.

Лаборатория контроля и управления работами (ЦПУ)

Помещение размерами 20-30м^2 и более, с визуальным контактом с рабочей палубой и водной поверхностью. В это помещение заведены все сигнальные кабели лебедок, расположен блок управления CTD, располагаются, при необходимости, блоки управления другим оборудованием,

требующим управления в реальном масштабе времени. В эту же лабораторию заводятся (через судовую сеть) не только показатели исследовательского и параметрического эхолотов, вмонтированного в судно измерителя течений, стационарных проточных самописцев, данные метеорологической станции, навигационная информация, но и находятся блоки управления эхолотами, самописцем течений, проточными самописцами, метеостанцией. Лаборатория снабжена столами, располагающимися вдоль всех стен. В этом же помещении может быть отгорожено небольшое (до 10м^2.) пространство для приема метеорологической информации с датчиков самого судна или спутников, самолетов, других судов.



Рис.6.8 Вид с палубы на пост управления лебедками RV Polarstern



Рис. 6.9 Пост управления лебедками RV Pourquoipas.

Помещение единого информационного мониторинга

Помещение единого информационного мониторинга (компьютерный центр), где располагаются все мониторы измерительных устройств судна. Размеры помещения от 15м^2,

естественное освещение не обязательно, располагается в любом месте (Рис.6.10).



Рис. 6.10 Единый компьютерный центр RV Pourquoipas

Перечисленные помещения должны иметь покрытия из антистатического линолеума.

Мастерская

Мастерская до 25м^2, для всех механических работ с измерительным оборудованием. Должна иметь выход на рабочую палубу. При невозможности выделения для мастерской отдельного места, возможно ее расположение без переборок, в пределах универсальной лаборатории.

Контейнерные лаборатории

Контейнерные лаборатории закрепляются на открытой рабочей палубе. Хотя бы одно из таких мест должно предусматривать возможность подведения пресной воды, и все позиции должны позволять подвести электричество (Рис. 6.11-6.13).



Рис. 6.11 Морские 20-футовые контейнеры, в которых размещается необходимая измерительная техника или спускоподъемные устройства



Рис. 6.12 Размещение механизмов и пульта управления устройства глубоководного погружения ТНПА Seaeye Jaguar в контейнерной лаборатории, с учетом требований морского регистра. Возможен вариант стационарной установки оборудования в судовых помещениях.



Рис.6.13 Пример внутреннего наполнения одной из современных контейнерных лабораторий (в данном конкретном случае измеряются так называемые геотрассеры, т.е. лаборатория химического направления). Такая лаборатория требует подключения к электричеству, но в наличии стационарного стока воды не нуждается.

6.6 Кабель – тросовые лебедки для научного оборудования

Таблица 6.1

Кабель – тросовые научные лебедки

Тяга, т	Место размещения	Диаметр троса, мм	Разрывное усилие троса, кН	Емкость барабана, м	Кол-во
~30	В отдельном помещении ниже верхней палубы	~20	~180	9 000	1
~4	В отдельном помещении ниже	~11	~90	9 000	2

	верхней палубы				
~4	На открытой части верхней палубы	~11	~90	9 000	1
~4	На открытой части палубы	~11	~90	9 000	1

На современных научно-исследовательских судах лебедки, как правило, не располагаются на открытых палубах, а размещаются в закрытых помещениях, обычно, в кормовой части судна под рабочей палубой в машинном отделении (Рис. 6.14-6.15).



Рис. 6.14 Расположение лебедок под рабочей палубой в кормовой части судна RV Pourquoipas (показано в виде вырезанного фрагмента)



Рис. 6.15 Расположение лебедок под рабочей палубой в кормовой части судна RV Pourquoipas

Все лебедки должны иметь возможность их управления из единого поста оператора лебедок. С этого же поста управляются балки и, возможно, краны. Пост должен располагаться в закрытом помещении, в месте, с которого хорошо видно всю рабочую палубу. На этот пост должны быть заведены контрольные и измерительные указатели лебедок (длина вытравленного троса, скорость опускания или подъема, нагрузка на трос и т.д.). На этот же пост выводятся показания видеокамер, направленных на лебедки. При возможности, удобно иметь дублирующие друг друга посты управления лебедками и балками.

Помимо центрального поста управления лебедками необходимо иметь возможность подключаемого, при необходимости, дистанционного (или на длинном кабеле) пульта управления какой-либо лебедкой и балкой, а также краном. Такой дистанционный пульт управления позволяет оператору занимать наиболее выгодную с точки зрения обзора позицию при сложных операциях входа устройств в воду, выхода из воды, перехватов троса и т.д. (Рис.6.16)



Рис. 6.16 Внешний вид ручного, переносного, дистанционного (подключается через кабель) пульта управления лебедкой или краном

Вес одной неразборной единицы наиболее тяжелого научного оборудования на воздухе, включая контейнеры с научным оборудованием, которое необходимо доставлять на верхнюю палубу с берега и перемещать по верхней палубе, не превышает 7 тонн. Если контейнеры (складские и лабораторные) нужно на палубе только установить в определенных местах, то научное оборудование (подводные аппараты различных типов и др.) необходимо перемещать по открытой части верхней палубы в зону действия кормовой П-рамы или телескопической балки универсальной лаборатории. Иногда возникает необходимость перемещать это же оборудование к грузовому устройству универсальной лаборатории или внутри самой лаборатории. Оборудование почти такого же большого веса в 6 т необходимо опускать через кормовую П-раму до глубины 6000 м при волнении моря до 4 баллов. Представляется, что грузоподъемность кранов в 20 тонн решает перечисленные выше задачи для самых тяжелых на воздухе образцов оборудования. Грузоподъемность в 15 тонн для грузового устройства универсальной лаборатории тоже представляется достаточной. Грузоподъемность в 30т для кормовой П-рамы (портала), вероятно, достаточна.

Вопросы толщины стального троса и грузоподъемности лебедки, на которую он намотан и которая располагается внутри судна в помещении лебедок, впрямую зависят от результатов расчета нагрузок на систему лебедка, трос, кормовая П-рама, волнение моря 4 балла, вес на воздухе 6 тонн. Толщина стального троса в 20 мм, также представляется достаточной.

Научное оборудование, весом на воздухе до 3т, должно опускаться через телескопическую балку универсальной лаборатории при волнении моря до 4 баллов.

Относительно более легкое научное оборудование, опускаемое через телескопическую балку мокрой лаборатории, на воздухе не превышает вес 1500кг. Исходя из этого, характеристики по грузоподъемности в 3т для крана, тельфера мокрой лаборатории и телескопической балки для опускания океанографического оборудования представляются достаточными. Грузоподъемность телескопической балки и тельфера в 3т, также как и диаметр троса (необходимо подчеркнуть, что это кабель-трос) в 11 мм известны также из опыта.

Характеристики предельно большого веса на воздухе для работы научной лебедки на баке и относящейся к ней П-раме или телескопической балки следует оценить как 0.8т. В идеале, должна быть предусмотрена возможность опускания приборов такого веса на воздухе на глубины до 6 км при волнении моря до 6 баллов.

По поводу научных лебедок необходимо заметить, что все они должны иметь токосъемники, хотя, в зависимости от характера конкретных работ, на них будет применяться, в одних случаях,

стальной трос, в других кабель-трос. Исходя из этого, необходимо провести расчеты характеристик лебедок, тросов, для стальных и для кабель-тросов, учитывая перечисленные выше требования к волнению моря и весу оборудования на воздухе.

6.7 Грузовые порталы, кран-балки и краны

Для многофункционального судна наличие хотя бы одного крана на нем безусловно необходимо для проведения морских научных исследований. Кран должен перемещать на рабочие позиции, т.е. туда, где их смогут подхватить научные лебедки, тяжелое исследовательское оборудование, главным образом, геологическое, разнообразные кореры и донные буровые станки весом до 7 тонн. Этот же кран должен перемещать по палубе контейнеры – склады оборудования или контейнеры-лаборатории, или контейнеры – лебедки. Кроме того, с помощью крана могут осуществляться перехваты троса, при постановке АБС. Также краны, совместно с балками научных лебедок, используются для манипуляций с длинными геологическими инструментами. Краны на судне необходимое условие продуктивной палубной работы. Удачное расположение кранов показано на Рис. 6.17.



Рис.6.17 Два крана на разных палубах японского НИС Mirai

Таблица 6.2

Грузовые порталы, кран-балки и краны

Название	Количество, ед.	Грузоподъемность, т	Место размещения и зона обслуживания
Спуско-подъемное устройство (портал) высотой не менее 10 м и шириной не менее 5 м (П-рама) для опускания оборудования весом на воздухе до 6 т	1	~30	в корме, в районе кормового слипа, обеспечивает опускание за корму
Телескопическая балка для опускания научного оборудования весом на воздухе до 1.5 т	1	~3	Располагается вблизи мокрой лаборатории .Перехватывает научное оборудование, доставляемое грузовым устройством лаборатории на палубу. Выносит оборудование за борт для производства зондирований тросами научных лебедок

Телескопическая балка для опускания научного оборудования весом на воздухе до 3.0 т	1	~6	Располагается вблизи универсальной лаборатории (ангара). Перехватывает научное оборудование, доставляемое грузовым устройством лаборатории на палубу. Выносит оборудование за борт для производства зондирований тросами научных лебедок (см. также раздел II настоящего отчета)
П-рама или телескопическая балка для опускания научного оборудования весом на воздухе до 0.8 т.	1	1.6	Выносит оборудование за борт для производства зондирований тросом научной лебедки на баке (см. также раздел II настоящего отчета)
Кормовые краны	2	~20	Обеспечивает доставку грузов и научного оборудования с причала на верхнюю палубу, в пределах рабочей палубы в зону действия кран балок и грузовых устройств лабораторий, действует, при необходимости, с балками научных лебедок поддерживая габаритные устройства под нужными углами.
Кран-манипулятор	1	~3	Обеспечивает палубу с перекрытием действия кормового крана
Тельферы или другие грузовые устройства в мокрой лаборатории и в универсальной лаборатории	2	~3 и ~10	

Технические характеристики кранов и балок научных лебедок в таблице настоящего раздела даны ориентировочно, со знаком «~». Необходимо провести точные технические расчеты уточнения характеристик грузовых устройств и их состава. При этом необходимо исходить из того факта, что самое большое и тяжелое в одной неразборной единице научное оборудование весит на воздухе 7т. Это погружной, управляемый дистанционно, подводный аппарат, или подводная буровая установка, или подводный буровой станок, или миниатюрная обитаемая подводная лодка. Размеры кормовой П-рамы позволяют погружать эти устройства с кормы, хотя характеристики лебедки, с тросом, предположительно, 20 мм, для погружений этих устройств требуют дополнительных расчетов. Эти устройства поднимаются с причала на открытую часть верхней палубы. Перемещаются краном в зону действия кормовой П-рамы и, при необходимости, грузового устройства универсальной лаборатории. Буровые механизмы хранятся на открытых частях верхней палубы, а подводные аппараты, с помощью грузового устройства, через кормовые распашные ворота, в универсальной лаборатории. При изменении задач экспедиции, эти устройства с судна сгружаются и хранятся на берегу.

Список литературы к разделам 6.1-6.7

1. Правила классификации и постройки морских судов РС; 2003.
2. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и

изделий для судов РС; 1998

3. Правила по оборудованию морских судов; 2004
4. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов; 2004
5. Правила о грузовой марке морских судов; 2003
6. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море, СОЛАС-74, 2008
7. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная Протоколом 1978 г. к ней МАРПОЛ 73/78 (Приложения I,II, III, IV, V, VI) и циркуляры ИМО;
8. Международная конвенция о труде в морском судоходстве МОТ-186;
9. Международная конвенция по обмеру судов, 1969 г
10. Международный кодекс по спасательным средствам, 2000 г.
11. Международный кодекс по системам пожарной безопасности, изд. 2004 г.;
12. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 г. с действующими поправками, применимыми к данному типу судов;
13. Конвенция по защите морской среды Балтийского моря 1974 г. с поправками;
14. РД 31.81.01-87. Требования техники безопасности к морским судам с извещениями №2-95 от 19.05.95 г. и № 3-96 от 30 октября 1996 г.
15. РД 31.60.14-81. Наставление по борьбе за живучесть судна (НБЖС). Суда морские;
16. Санитарные правила для морских судов № 2641-82, 1984 г.
17. Руководство по определению маневренных характеристик судов, РС
18. Кодекс по безопасности судов спецназначения 2008г.
19. РД 31.60.27-85 Требования к оперативной информации о непотопляемости морских сухогрузных судов, 1986 г
20. РД 31.84.01-97 Единые правила безопасности труда на водолазных работах, изд.1966 г
21. РД 31.81.01-87 Требования техники безопасности к общему расположению, устройствам и оборудованию морских судов» и извещение по охране труда №3-95 от 30.10.97 г.;
22. ОСТ 31-0013-96 Система стандартов безопасности труда. Суда морские. Цвета сигнальные и знаки безопасности (Т58 0012)
23. Санитарные правила и нормы 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов;
24. Санитарные правила и нормы 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях;
25. Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водоиспользования населения № 463-88;
26. Санитарные правила для морских судов № 2461-82, 1984 г.;
27. Уровни шума на морских судах. СН 2.5.2.047-96
28. Уровни вибрации на морских судах. СН 2.5.2.048-96
29. Требования ОАТ ГА – 90, разработанные ГОСНИИГА
30. Общие правила плавания и стоянки судов в морских портах Российской Федерации и на подходах к ним, №9034, изд. 1993г.
31. Правила защиты от статического электричества на морских судах, 1973г.
32. Приказы Министерства здравоохранения №205 от 16.05.2003г. и №330 от 12.01.1997г.

6.8 Научное оборудование и устройства современных научно-исследовательских судов (НИС)

Научная аппаратура современных НИС подразделяется на **стационарную**, монтирующуюся на судне и всегда находящуюся на нем, независимо от узкоспециальных целей экспедиции, и **целевую,** которая монтируется и используется в зависимости от специализации каждой конкретной экспедиции.

6.8.1 Стационарные эхолоты

На судне должны быть установлены современные эхолоты – навигационный и

исследовательские: многолучевой, глубоководный и параметрический типа «ПАРАСАУНД», а так же штатный буксируемый гидролокатор бокового обзора высокого разрешения с синтезируемой апертурой для картографирования дна. Целесообразно предусмотреть установку на постоянной основе, с врезкой в днище судна следующих устройств использующих акустические сигналы - навигационного эхолота, многолучевого эхолота, донного профилографа, системы подводной навигации, а также измерителя течений ADCP. Установка перечисленных устройств производится без существенного изменения осадки судна, т.е. без применения гондол, обтекателей, выдвижных килей. Пример врезки МЛЭ в днище судна приведен на Рис. 6.18. Указанная модель МЛЭ представляется предпочтительной в силу следующих причин.

1) Уникальная ледовая защита:

- данная технология позволяет избежать сложных корпусных работ, что критично для судна находящегося в эксплуатации;
- позволяет избежать ухудшения эксплуатационных параметров эхолота.

2) Технология «мультипинг» обеспечивает большую плотность данных, что в свою очередь позволяет вести работу на больших скоростях.
3) По умолчанию встроена функция донного профилографа.
4) Реальный опыт работы в Мировом океане.

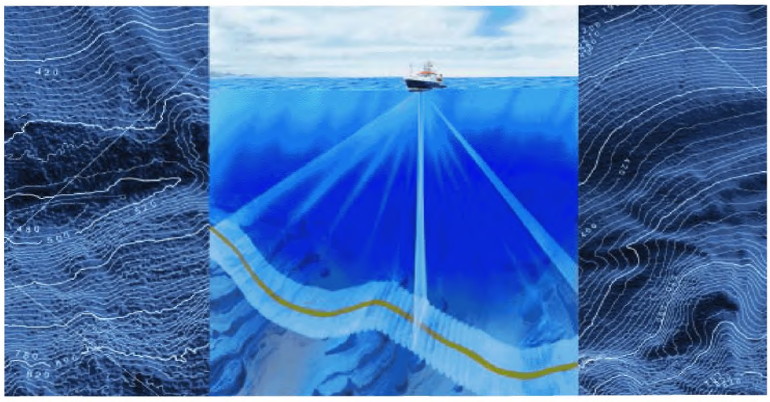






Рис.6.18 Пример врезки МЛЭ ATLAS в днище судна

В Государственном реестре Росстандарта зарегистрирован цифровой эхолот китайского производства SOUTH SDE-28S (свидетельство о регистрации №56466). Приведем его краткое описание.

Эхолоты цифровые SOUTH SDE-28S

Назначение средства измерений

Эхолоты цифровые SOUTH SDE-28S (далее - эхолоты) предназначены для измерений глубины акваторий и регистрации полученных данных на жидкокристаллическом дисплее.

Описание средства измерений

Эхолот представляет собой промышленный прибор с цифровым выходом, включающий в себя блок приёмо-передающего устройства с функциями акустического зондирования и блок управления с функциями микропроцессорного вычислительного, запоминающего и регистрирующего устройства. Блок приёмо-передающего устройства состоит из пьезоэлектрического преобразователя и соединительного кабеля, заканчивающегося разъемом. Пьезокерамика преобразователя установлена в герметичном корпусе, выполненном из формованной резины или нержавеющей стали и имеет уретановое покрытие, через которое излучаются и принимаются ультразвуковые сигналы. Эхолот работает под управлением встроенной операционной системы WinXP, полностью совместимой с операционной системой Windows, что позволяет подключить выход прибора к стандартному ноутбуку. Эхолот может также подключаться к приемнику GPS для определения координат зоны измерения, кроме того, может использоваться для построения карт при гидрографической съемке дна.

Эхолот объединяет функции измерения, графической навигации данных позиционирования и получения данных о глубине акваторий.

Принцип определения глубины основан на измерении временного интервала между моментом излучения преобразователем зондирующего акустического импульса в направлении поверхности дна и моментом приема отраженного от дна эхосигнала.

Глубина H1,м, под рабочей поверхностью приемо-передающего устройства определяется эхолотом в соответствии с формулой 1:

$$H1 = V \cdot t / 2, \text{ м}, \qquad (1)$$

где V – средняя по глубине скорость звука, м/с;

t – измеряемое эхолотом время прохождения сигнала от рабочей поверхности преобразователя до дна и обратно, с.

Глубина от поверхности воды H, м, определяется эхолотом с учетом вводимой оператором заглубления рабочей поверхности приемо-передающего устройства (h) по формуле 2:

$$H = H1 + h, \text{ м.} \qquad (2)$$

Для вычисления текущего значения скорости звука используется опускаемый в воду замерный зонд. После вычисления расчетной величины она вводится в блок управления. В случае использования для расчета скорости звука данных о температуре и солености воды, они вводятся непосредственно в блок управления для вычисления скорости звука по специальной программе. Общий вид составных частей эхолота представлен на Рис.6.19 и 6.20. Места пломбирования от несанкционированного доступа и размещения знака утверждения типа приведены на Рис. 6.19.



Рис. 6.19 Блок управления



Рис.6.20 Блок приёмо-передающего устройства

Программное обеспечение

Встроенное программное обеспечение (ПО) эхолота представлено программами EchoSounder SDE-28S и Power Nav, обеспечивающими измерение, запись, воспроизведение и хранение полученной информации. Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню "А" по МИ 3286-2010. Ограничение доступа к метрологически значимой части ПО обеспечивается установкой аппаратного ключа защиты,

исключающим возможность несанкционированной модификации, загрузки, считывания из памяти СИ, удаления или иных преднамеренных и непреднамеренных изменений, которые могут привести к искажениям результатов измерений. Идентификационные данные ПО приведены в Таблице 6.3.

Таблица 6.3

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО, не ниже	Цифровой идентификатор ПО	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
EchoSounder SDE-28S	South SDE-28S	V3.2.6	нет	нет
Power Nav	Power Nav	V2013.05.24	нет	нет

Метрологические и технические характеристики

Рабочая частота излучения, кГц. . . . . 200 ±1.
Мощность излучаемого импульса, Вт. . . . . 500 ± 50.
Ширина диаграммы направленности, не более. . . . . 7^{o}.
Диапазон измерений глубины при коэффициенте отражения от дна
или неоднородностей на дне более 0,81 м . . . . . от 0,3 до 300.
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений
глубины, м . . . . . ±(0,01 +0,001·H),
где H – значение измеренной глубины, м.
Интерфейс ввода - вывода данных: 2 порта COM, 2 порта USB, один интерфейс VGA.
Параметры электропитания:
- напряжение постоянного тока, В . . . . . от 9 до 15;
- через адаптер 15 В от напряжения переменного тока частотой 50 Гц, В . . . . . 220 ± 22.
Потребляемая мощность, Вт, не более . . . . . 25.
Масса, кг, не более:
- блока приемо-передающего устройства 4;
- блока управления . . . . . 6,5.
Габаритные размеры (длина х ширина х высота), мм, не более:
- блока приемно-передающего устройства. . . . . 250 х 125 х 45;
- блока управления . . . . . 340 х 150 х 280.
Длина линии связи, м, не более . . . . . 14.
Рабочие условия применения:
- рабочая среда . . . . . морская или пресная вода;
- диапазон скорости звука, м/с . . . . . от 1300 до 1700;
- температура рабочей среды, °С. . . . . от 1 до 40;
- температура окружающей среды,°С . . . . . от минус 30 до плюс 60.

Знак утверждения типа

Знак наносится на табличку, расположенную на корпусе блока управления, способом лазерной гравировки, на титульный лист паспорта SDE-28S ПС типографским способом в левом верхнем углу.

Комплектность средства измерений

Комплектность эхолота приведена в Таблице 6.4.

Таблица 6.4

Комплектность

Наименование	Модель	Коли-чество	Примечание
Блок управления	SDE-28S	1	

Блок приемо-передающего устройства		1	
Транспозиционная опора преобразователя		1	Стандартная, 2м
Кабель передачи данных		1	
Кабель внешнего источника питания		1	
Сетевой адаптер		1	
Кабель внешнего источника питания 12 В	W2J20	1	
ПО	EchoSounder SDE-28S	1	Встроенное
ПО на CD	Power Nav	1	
USB диск		1	Дублирующие данные
Ящик для инструментов		1	
Руководство по эксплуатации	SDE-28S РЭ	1	
Паспорт	SDE-28S ПС	1	
Методика поверки	SDE-28S МП	1	

Поверка

Поверка осуществляется по документу SDE-28S МП «Инструкция. Эхолоты цифровые SOUTH SDE-28S. Методика поверки», утверждённому первым заместителем генерального директора- заместителем по научной работе ФГУП «ВНИИФТРИ» 14.04.2014 г.

Основные средства поверки:

- рулетка измерительная металлическая Р10Н2К по ГОСТ 7502-98, длина 10 м, класс точности 1;

- термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 (ГР № 303-91), диапазон измерений (0 - 50) °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры ±0,1 °С.

Сведения о методиках (методах) измерений

Сведения о методиках (методах) измерений указаны в документе «Эхолот цифровой SOUTH SDE-28S. Руководство по эксплуатации».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к эхолотам цифровым SOUTH SDE-28S

Техническая документация фирмы South Surveying & Maping Instrument Co.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования, обеспечения единства измерений

Осуществление деятельности в области гидрометеорологии, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды в соответствии с п.п. 24, 29 приказа № 424 от 07.12.2012 г. Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

Изготовитель

Фирма South Surveying & Mapping Instrument Co., Ltd, КНР.
Адрес: 2/F, Surveying Building (He Tian Building), NO.26, Ke Yun Road,
Guangzhou 510665, China.
Тел: +86-20-23380888, +86-20-85524990.
Факс: +86-20-85524889, +86-20-85529089.
E-mail: southruoffice@gmail.com

Для сведения приведем типы эхолотов (отечественных и зарубежных), утвержденных Росстандартом.

Сведения об утвержденных Росстандартом типах эхолотов.

Номер в госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер
59843-15	Эхолоты	Кристалл-40ВП	НПК "Чайка", г.Новосибирск	06.02.2020
58191-14	Эхолоты цифровые	SOUTH SDE-28S	Фирма "South Surveying & Mapping Instrument Co., Ltd.", Китай	20.08.2019
23627-02	Эхолоты	Кристалл-40В	НПК "Чайка", г.Новосибирск	01.05.2013
16867-97	Уровнемеры-эхолоты	НТ-68	Фирма "Zullig", Швейцария	01.01.2003
13351-92	Эхолоты ультразвуковые регистрирующие	ЭР-1	ОКБ ВНИИГидротехники и мелиорации с опытным производством, г.Дмитров	*)
13350-92	Эхолоты ультразвуковые запоминающие	ЭЦ3	ОКБ ВНИИГидротехники и мелиорации с опытным производством, г.Дмитров	*)
13349-92	Эхолоты ультразвуковые малогабаритные	ЭЦ-1 "Нептун"	ОКБ ВНИИГидротехники и мелиорации с опытным производством, г.Дмитров	*)
11434-88	Эхолоты малогабаритные	ЭП-250Т	ПО "Аэрогеоприбор", Украина, г.Винница	*)
11434-88	Эхолоты малогабаритные	ЭП-250Т	ПО "Северо-Западная Аэрогеодезия", г.С.-Петербург	*)
9217-83	Эхолоты регистраторы малогабаритные автоматизированные		ПО "Аэрогеоприбор", Украина, г.Винница	*)

6.8.2.Гидролокаторы и профилографы

В Государственном реестре Российской Федерации зарегистрированы доплеровские акустические профилографы, предназначенные для построения профиля донной поверхности и измерений в реальном масштабе времени гидрологически характеристик. Краткое описание этой аппаратуры.

Под номером 35493 зарегистрирован акустический доплеровский профилограф, выпускаемый фирмой Teledyne RD Instruments и под номером 57807 в Государтвенном реестре зарегистрированы модификации профилографа, выпускаемые фирмой «SonTek/Xylem Inc.»

Профилографы акустические доплеровские, модификации WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DR ADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP).

Назначение средства измерений

Профилографы акустические доплеровские WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DRADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP) (далее – профилографы) предназначены для построения профиля донной поверхности и измере- ний в реальном масштабе времени гидрологических характеристик водных объектов при инже- нерных и научных исследованиях.

Описание средства измерений

Профилографы акустические доплеровские представляют собой бесконтактные ультразвуковые построители профиля донной поверхности, измерители глубины и скорости водного потока.

Конструктивно профилографы состоят из измерительного датчика, электронного блока управления, включающего Bluetooth интерфейс для связи с внешними устройствами, отсек автономного электропитания и программно-математического обеспечения для обработки результатов измерений. В корпусе измерительного датчика размещен ультразвуковой четырёхлучевой излучатель и приёмник отражённого сигнала. Электронный блок и измерительный датчик установлены на плавсредство (плотик) для сканирования исследуемых водных объектов. Ультразвуковой сигнал, отражаясь от измеряемой поверхности, фиксируется

датчиком и оцифровывается с помощью программного обеспечения в массив точек. На основании полученных данных по задержке отражённого сигнала вычисляется глубина в локальной точке и по результатам математического анализа строится профиль исследуемой донной поверхности.

Поддержка работы акустического доплеровского профилографа осуществляется программным обеспечением Stream Pro, которое позволяется проводить комплекс работ по настройке прибора, сканированию исследуемой поверхности и передаче данных во внешние устройства. Также данное программное обеспечение позволяет производить самокалибровку прибора.

В состав программного обеспечения Stream Pro входят также программы RDI Tools и Win River II, способные импортировать данные с различных измерительных систем и производить построение полигональных и сложных криволинейных профильных поверхностей, пригодных для различных инженерных приложений.

Профилографы акустические доплеровские выпускаются в трёх модификациях - WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DRADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP), отличающиеся диапазоном измерений, основной допускаемой погрешностью, сервисными функциями, комплектацией и опциями.



Рис.6.21 Общий вид профилографов акустических доплеровских.

Программное обеспечение

Профилографы акустические доплеровские имеют программное обеспечение «StreamPro», которое состоит из встроенного ПО «Sensor» и автономного ПО «StreamPro» и является полностью метрологически значимым. Встроенное ПО «Sensor» отвечает за сбор, обработку и отправление данных от электронного блока управления.

Автономное ПО «StreamPro» обеспечивает приём данных, их отображение, анализ, архивирование результатов измерений, проверку состояния и настройку профилографов.

Таблица 6.6

Идентификационные данные программного обеспечения.

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспече- ния	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
«Sensor»	«sensor.hex»	3.1	9A3D9D68	CRC32

«StreamPro»	«streampro.exe»	4.0.2	5B3736A6	CRC32

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических характеристик.

Таблица 6.7

Метрологические и технические характеристики

Наименование параметра, единица измерений	Значение параметра		
Диапазон измерений уровня воды, м	SPADCP (Stream Pro with Pocket PC)	WHRZ1200(WH Rio Grande 1200 kHz DRADCP)	WHR 600(WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP)
	от 0,15 до 4	от 0,3 до 21	от 0,7 до 75
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня воды, %	± 0,5	± 0,25	± 0,1
Диапазон измерений скорости потока, м/с	От 0,03 до 5	От 0,03 до 5	От 0,03 до 5
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости потока, %	± 5	± 5	± 5
Количество точек отсчёта для построения профиля донной поверхности, шт.	От 1 до 20	От 1 до 128	От 1 до 128
Скорость передачи информации, бит/с	115200	115200	115200
Рабочая частота, МГц	2,0	1,2	0,6
Число лучей датчика, шт.	4	4	4
Угол взаимной расходимости лучей датчика, градус	20	20	20
Разрешающая способность датчика, градус	0,01	0,01	0,01
Габаритные размеры, мм			
Электронного блока: -длина, -ширина, -высота	 200 150 100	 200 150 100	 200 150 100
Датчика: -диаметр, -длина	 35 150	 35 150	 35 150
Плота, длина	1300	1300	1300
Масса, включая плот, электронный блок, датчик и комплект батарей питания, не более, кг	6	12	12
Диапазон рабочих температур датчика, °С	от минус 4 до 40		

Знак утверждения типа

Знак наносится на специальную табличку на лицевой панели СИ методом наклейки, на титульный лист руководства по эксплуатации типографским методом.

Комплектность средства измерений

В комплект поставки входят:

- Профилограф акустический доплеровский 1 шт.
- Датчик измерительный 1 шт.
- Блок электронный 1 шт.
- Набор соединительных кабелей 1 комплект
- Плавсредство (плотик) 1 шт.
- Руководство по эксплуатации 1 экз.
- Методика поверки 1 экз.
- Чемодан для хранения и транспортирования прибора 1 экз.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП 40754-09 «Профилографы акустические доплеровские, модификации - WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DR ADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP). Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ

ФГУП «ВНИИМС» в мае 2009 года.

Перечень эталонов, необходимых для поверки:

1. Рабочие эталоны 2-ого разряда по ГОСТ Р 8.763-2011.
2. Рулетки металлические измерительные по ГОСТ 7502-98.
3. Эталонные гидродинамические измерительные установки, диапазон измерений скорости потока от 0,03 до 5,0 м/с, погрешность ± 0,5 %.

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в руководстве по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к профилографам акустическим доплеровским, модификации - WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DR ADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP)

1. ГОСТ Р 8.763-2011 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 1·10-9 до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм.
2. ГОСТ 8.477-82 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений уровня жидкости.
3. ГОСТ 8.486-83 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,005 до 25 м/с.
4. Техническая документация фирмы-изготовителя.

Рекомендации по области применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

- при осуществлении деятельности в области гидрометеорологии.

Изготовитель

Фирма Teledyne RD Instruments, США

Адрес: 14020 Stowe Drive Poway, California 92064, тел. +1 (858) 842-2600.

Профилографы акустические доплеровские модификаций River Surveyor S5 и River Surveyor M9

Назначение средства измерений

Профилографы акустические доплеровские модификаций River Surveyor S5 и River Surveyor M9 (далее – профилографы) предназначены для измерений скорости водного потока и уровня воды в реках, каналах, морях, озерах.

Описание средства измерений

Принцип действия профилографов основан на явлении доплеровского сдвига частоты

отраженного акустического сигнала, распространяющегося в жидкости, движущейся относительно излучающего источника.

Профилографы состоят из первичных акустических преобразователей скорости и уровня (гидрофонов), и платы вычислителя, помещенных вместе с другими элементами конструкции в герметичный неразборный корпус.

Для измерения скорости течения гидрофоны излучают акустические импульсы под углом 250 к вертикали. Те же гидрофоны принимают сигналы, отраженные от частиц, попадающих в апертуры лучей. Сдвиг частоты принятых сигналов используется наряду с данными интегрированного датчика направления и крена для вычисления скорости водного потока.

Измерение уровня основано на принципе эхолокации, для чего используется отдельный гидрофон с вертикальным акустическим лучом.

При перемещении профилографа перпендикулярно водотоку, профилограф строит профиль глубины сечения водотока.

Профилографы представляют собой моноблочную водонепроницаемую конструкцию с встроенной энергонезависимой памятью и коммуникационным интерфейсом типа RS-232.

Профилографы могут поставляться и использоваться в различных комплектациях, включающих, кроме собственно профилографа с кабелем RS-232/питания и сетевым адаптером 220/12 В:

-блоки автономного питания от батарей/аккумуляторов типа АА с опционными интегрированными интерфейсами беспроводной связи с ПК или мобильными устройствами и блоками позиционирования типа GPS;

-специальные буксируемые носители профилографов типа гидроплотик или тримаран.

Профилографы выпускаются в модификациях RiverSurveyor S5 и RiverSurveyor M9, отличающихся диапазоном измерений уровня, используемыми акустическими частотами, количеством гидрофонов.

Профилографы имеют неразборный герметичный корпус.

Внешний вид профилографов представлен на Рис. 6.22 и 6.23.



Рис.6.22 River Surveyor S5



Рис.6.23 River Surveyor M9

Программное обеспечение

Встроенное программное обеспечение обеспечивает управление, самонастройку и диагностику состояния системы, обработку сигналов, расчеты и запись результатов измерений в реальном времени, связь с внешними устройствами через последовательный интерфейс.

Внешнее ПО RiverSurveyorLive обеспечивает функции:

- установления связи с профилографами (одним или несколькими одновременно) в реальном времени;
- тестирования и настройки режима измерений;
- ввода признаков места измерений;
- ввода внешних параметров для расчета расхода;
- запуск и остановку режима измерений;
- выгрузку из встроенной памяти профилографа результатов измерений в случае отсутствия связи в процессе измерений;
- расчет расходов воды без нормированной погрешности;

- графическое представление состояния системы, результатов измерений и расчетов расходов
- формирование сводных отчетов результатов измерений;
- экспорт результатов измерений в распространенные приложения (например, MATLAB)

Идентификационные данные ПО приведены в Таблице 6.8.

Таблица 6.8

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
Идентификационное наименование ПО	встроенное ПО	Внешнее ПО RiverSurveyorLive
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже «3.5»	Не ниже «3.71»

Конструкция датчика скорости является неразборной и исключает возможность несанкционированного доступа к ПО СИ и влияния на ПО СИ и измерительную информацию.

Уровень защиты программного обеспечения в соответствии с Р 50.2.077-2014: «высокий».

Нормирование метрологических характеристик проведено с учетом того, что программное обеспечение является неотъемлемой частью датчиков.

Таблица 6.9

Метрологические и технические характеристики

Наименование характеристики	Значения характеристики	
	S5	M9
Диапазон измерений скорости водного потока, м/с	от минус 0,01 до минус 5,00 от 0,01 до 5,00	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней скорости водного потока, %	± 1	
Диапазон измерений уровня, м	от 0,2 до 15,0	от 0,2 до 80,0
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений уровня, %	± 1	
Напряжение питания, В	12-18	
Потребляемая мощность, Вт,не более	2,5	
Габаритные размеры, мм -диаметр -длина	 262 128	 259 128
Масса, кг	1,1	2,3
Условия эксплуатации: - температура воды, °С	от минус 5 до плюс 45	
Защищенность от воздействия окружающей среды	IP68 по ГОСТ 14254	
Средняя наработка на отказ, ч	35000	
Срок службы, лет	10	

Знак утверждения типа

Знак наносится на титульный лист эксплуатационной документации типографским способом и на корпус профилографа методом трафаретной печати.

Комплектность средства измерений

Таблица 6.10

Наименование	Кол-во	Примечание
Профилограф акустический доплеровский модификаций River Surveyor S5 или River Surveyor M9	1 шт.	Комплектация дополнительными опциями согласно заказу
Кабель сигнал-питание	1 шт.	
Сетевой адаптер питания	1 шт.	
Футляр для хранения и транспортировки	1 шт.	
Руководство по эксплуатации	1 экз.	
Методика поверки МП 2550-0256-2014	1 экз.	1 экз. при групповой поставке

Поверка

Поверка осуществляется по методике, приведенной в документе МП 2550-0256-2014 «Профилографы акустические доплеровские модификаций RiverSurveyor S5 и RiverSurveyor M9. Методика поверки», утвержденной ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» 14 ноября 2014г.

Перечень эталонов, применяемых при поверке:

-Государственный вторичный (рабочий) эталон единицы скорости водного потока в диапазоне значений от 0,01 до 5,00 м/с. Диапазон воспроизведения скорости, м/с от 0,01 до 5,0; Пределы допускаемой основной относительной погрешности S0 = ± 0,5 %;

-Дальномер лазерный Leica DISTO A6. Диапазон измерений от 0,2 до 200 м, пг ± 1,5 мм на длине до 30 м и ± 10 мм на длине более 30 м.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методика прямых измерений приведена в документе РЭ «Профилографы акустические доплеровские модификаций RiverSurveyor S5 и RiverSurveyor M9. Руководство по эксплуатации».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к профилографам акустическим доплеровским модификаций River Surveyor S5 и River Surveyor M9

1. ГОСТ 8.486-83.Государственная система обеспечения единства измерений.Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,005 до 25 м/с.
2. ГОСТ 8.477-82 «ГСИ.Государственная поверочная схема для средств измерений уровня жидкости».
3. Техническая документация компании «SonTek/Xylem Inc.», США.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Осуществление деятельности в области гидрометеорологии, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды.

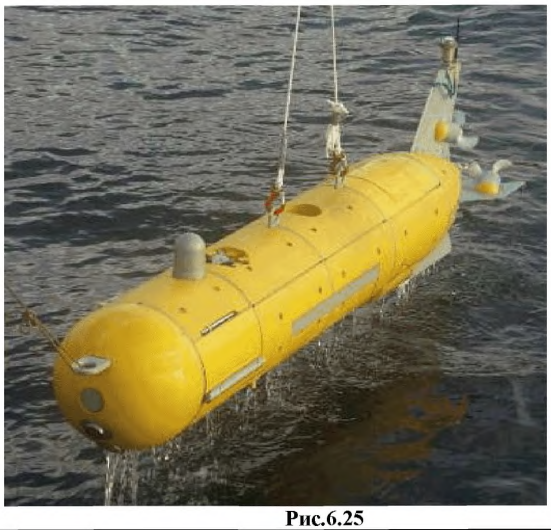
Изготовитель

Компания «SonTek/Xylem Inc.», США
Адрес: 9940 SummersRidgeRoad, SanDiego, CA 92121-3091, USA
Тел.: +1 (858) 546-8327 Факс: +1 (858) 546-8150
Эл. почта: inquiry@sontek.com, сайт: www.sontek.com

6.8.3 Стационарные подводные аппараты

Таблица 6.11

Судовой **буксируемый подводный аппарат (БНПА) System 7180** для высокопроизводительных исследований рельефа дна и геофизических исследований с высоким	Лаборатория	Klein	Длина 3 м

разрешением, быстрой оценки состояния окружающей среды, исследования минеральных и биологических ресурсов, поиска и обследования подводных объектов, обследование подводных кабелей и трубопроводов. При этом используется комплекс аппаратуры БНПА, такой как, интерференционный ГБО с динамической фокусировкой, многолучевой и однолучевой эхолоты, глубомеры, комплекс гидрофизических измерителей параметров среды.  **Рис.6.24**	ангар, с выходом на корму	Associates, Inc. (США)	Ширина 1 м Высота 0.6м Масса 250 кг
Малогабаритный многофункциональный автономный необитаемый подводный аппарат **АНПА МТ-2010 («Пилигрим»)**, предназначенный для выполнения глубоководных (до 3000м) геолого-геоморфологических, гидрофизических исследовательских и поисковых и измерительных работ. Аппарат обеспечивает маршрутную двухчастотную гидролокационную съемку и акустическое зондирование дна, проведение цифровой фото и видеосъемки, а также измерение температуры и электропроводности воды.  **Рис.6.25**	Лаборатория, ангар, с выходом на корму	Институт проблем морских технологий (ИПМТ) РАН (Россия)	Длина 3 м Диаметр 0.45м Масса 300кг

ТНПА «Гном» применяется для визуальных наблюдений поверхности дна и подводных объектов на глубинах до 500 метров с борта судна и с катера. Аппарат оборудован средствами подводной навигации, гидролокации и манипулятором-схватом. Небольшие габариты аппарата позволяют использовать его с борта маломерных плавсредств на мелководье. Наблюдения, проводимые с помощью аппарата, позволяют вести биологические, геоморфологические и инженерные исследования и работы.  **Рис.6.26** Комплект аппаратуры ТНПА «Гном» включает собственно ТНПА, въюшку с кабель-тросом и пульт управления и контроля со встроенным дисплеем и видеорегистраторами.	Лаборатория, ангар, с выходом на корму	ООО «Подводная робототехника» (Россия)	450х300х280 60кг, в том числе ТНПА 10кг
ТНПА легкого рабочего класса **Seaeye Cougar-XTi** фирмы Saab technologes (Великобритания) с глубиной погружения 3000м. ТНПА Seaeye Couguar может быть использован для биологических, геологических исследований, океанологических экспериментов, выполнения обследовательских и ремонтных работ и инструментальных исследований. ТНПА оборудован 7-звенным манипулятором и 4-звенным захватом, а также видеокамерами и осветителями составляющими единый блок, который предназначен для сканирования обстановки в горизонтальной плоскости в секторе ±90°. В комплекте ТНПА имеются разнообразные устройства (гидролокатор бокового обзора, кругового обзора, профилирующие гидролокаторы, гидрофизические сенсоры) и инструменты (резаки, тросорубы, щетки и водометы), в частности устройство – интерфейс, позволяющий ТНПА Seaeye Cougar перемещаться вдоль подводного трубопровода, прижавшись вплотную к трубе вертикальными движителями.	Лаборатория, ангар, с выходом на корму	Saab Seaeye Ltd (Велико-британия)	Длина 1515 мм Высота 905 мм Ширина 1000 мм Масса 400 кг Водо-измещение 80 кг

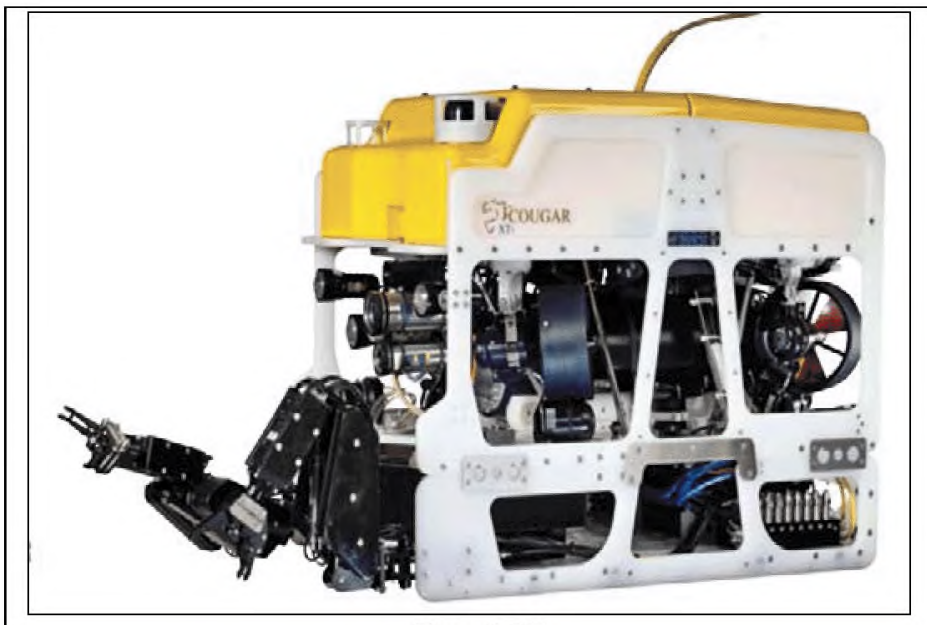


Рис.6.27



Рис. 6.28

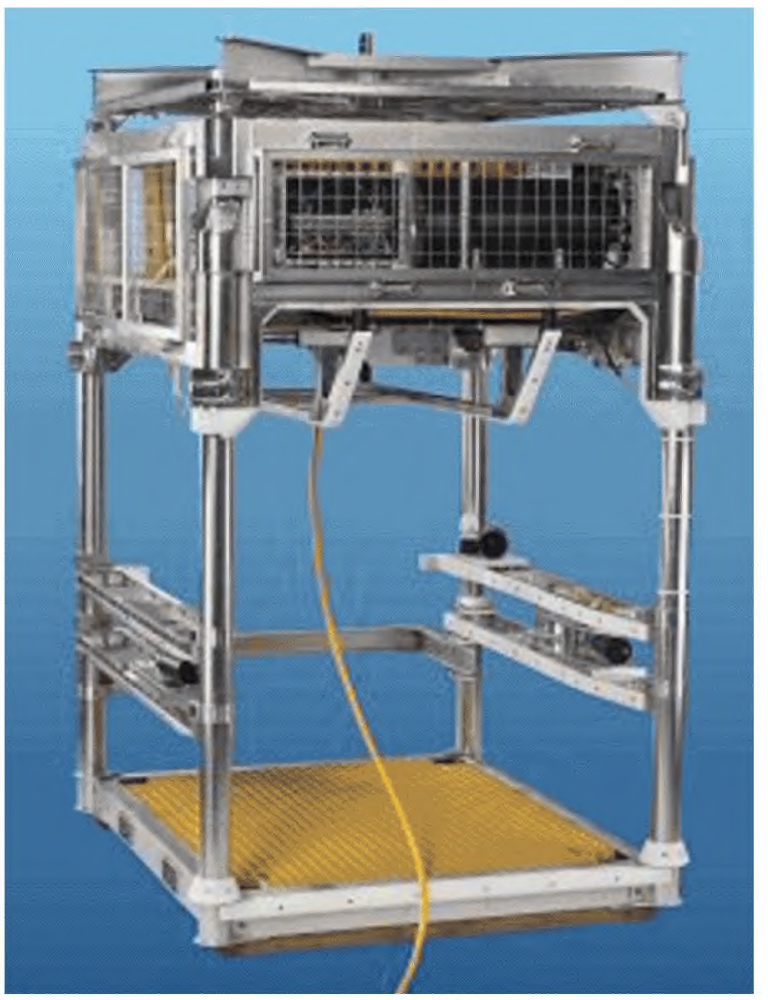


Рис. 6.29

Устройство глубоководного погружения (УГП) TMS 8 ТНПА Seaeye Jaguar. Лебедка УГП оборудована электрооптическим маслозаполненным токосъемом для кабеля длиной 500м. Конструкция УГП позволяет использовать его для ТНПА различных типов. УГП оборудовано 2 штатными видеокамерами и имеет каналы для 2 дополнительных видеосистем.  **Рис. 6.30** Спуско-подъемное устройство (СПУ) для ТНПА Seaeye Cougar с УГП TMS 8 и с ТНПА в транспортном положении (вверху). То же устройство в развернутом состоянии (ниже). СПУ ТНПА Seaeye Cougar имеет поворотное устройство. Устройство в виде П-рамы разработано с учетом требований минимизации рабочего пространства на палубе, простой и быстрой подготовки к работе, простой и безопасной работы. СПУ имеет двойную систему электропитания лебедки, что обеспечивает дублирование и электрооптический токосъем. Устройство позволяет ориентировать ТНПА в горизонтальной в ходе спускоподъемной операции.			



Рис. 6.31

Внизу показаны пульт управления контроля ТНПА, а также стойка трехфазной системы электропитания и энергопередачи ТНПА Seaeye Cougar



 **Рис. 6.32** Для размещения механизмов и устройств управления ТНПА по заказу изготавливаются контейнерные лаборатории, выполняемые с учетом требований морского регистра. Возможны варианты стационарной установки оборудования в судовых помещениях. Пульт управления и контроля ТНПА построен по панельному принципу. Интерфейс пилота включает физические и виртуальные переключатели.			

6.8.4. Целевые подводные аппараты и оборудование для водолазных работ

Таблица 6.12

Наименование	Место установки	Производитель	Габариты
ТНПА Seaeye Tiger инспекционного осмотрового и легкого рабочего класса с глубиной погружения 1000м. ТНПА Seaeye Tiger может быть использован для биологических, геологических исследований, океанологических экспериментов, выполнения обследовательских и ремонтных работ и инструментальных исследований. ТНПА Seaeye Tiger имеет штатное оборудование: до 3-х видеосистем, гидролокационные системы, альтиметр, батометры, CTD – зонд, ультразвуковой толщиномер, ГАНС, датчик контроля катодной защиты, 4-х звенный манипулятор, тросоруб, щеточная система	Контейнерные лаборатории (в т.ч мобильное СПУ, УГП и лебедка) в кормовой части судна.	Saab Seaeye Ltd (Великобритания)	Длина 1030мм Высота 590мм Ширина 700мм Масса 150 кг Водоизмещение 32кг Рабочая глубина 1000м

очистки поверхностей.



Рис. 6.33

Системный блок с 4-звенным манипулятором ТНПА Seaeye Tiger. Блок может быть пристыкован-отстыкован к ТНПА наравне с другими устройствами, такими, как тросоруб, щеточное устройство очистки и др.

ТНПА Seaeye Tigre оснащен двумя штатными цветными высокочувствительными видеокамерами. В структуре ТНПА предусмотрен еще один видеоканал. Камеры смонтированы в одном поворотном блоке вместе с двумя светодиодными малопотребляющими осветителями. Блок может поворачиваться в вертикальной плоскости в диапазоне ±90°





Рис.6.34

На ТНПА Seaeye Tiger установлены

гидролокатор кругового обзора (вверху показана антенна ГКО) и система подводной навигации (внизу показан маяк-ответчик гидроакустической системы навигации с ультракороткой базой (ГАНС УКБ).  **Рис. 6.35** СПУ ТНПА Seaeye Tiger. Для спуско-подъемных операций используются однозвенные «П» рамы укомплектованные гидравлической станцией и лебедкой с грузонесущим армированным кабелем. Подводные работы ведутся с использованием устройства глубоководного погружения (УГП). До глубин 450 м ТНПА может использоваться автономно на кабеле лебедки. На больших глубинах для ускорения доставки ТНПА к объекту исследования и для повышения безопасности спуско-подъемных работ используется УГП TMS type 2 с кабелем связи 140 м или TMS type 8 с кабелем связи 200 м. Оба УГП имеют сматывающий – разматывающий механизм для кабеля связи, контролируемый пилотом ТНПА. Проем УГП регулируется при установке рабочих иструментов.			



Рис.6.36

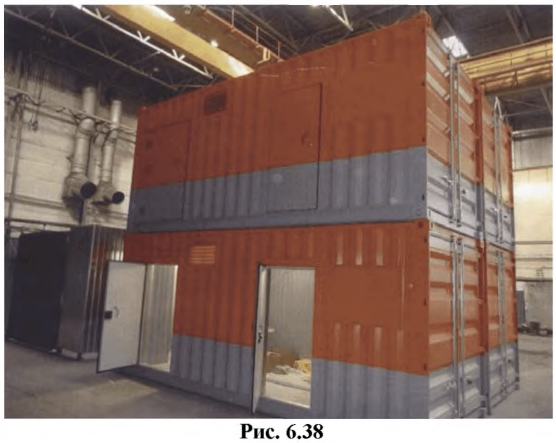
Блок управления и контроля ТНПА Seaeye Tiger и стойка систем электропитания и энергопередачи





Рис.6.37

Морские 20 футовые контейнеры в которых размещается весь комплекс средств ТНПА Seaeye Tiger. Контейнеры используются для транспортировки оборудования морским авто и авиатранспортом. В контейнерах могут быть

размещены и смонтированы стойки аппаратуры управления и контроля комплексом в ходе выполнения подводных операций и исследований			
Мобильный контейнерный водолазный комплекс (МКВК-60) предназначен для автономного и комплексного обеспечения водолазных спусков при проведении научно-исследовательских, поисковых, аварийно-спасательных и подводно-технических работ. МКВК-60 обеспечивает: проведение водолазных спусков двух водолазов в снаряжении открытого типа в автономном или в шланговом варианте (в т.ч. в снаряжении со шлемом типа SL) на глубины до 60 метров с экспозицией на грунте до 25 минут при расходе воздуха до 120 л/мин, с последующей декомпрессией в барокамере; выполнение водолазных работ с использованием водолазного инструмента, проведение тренировочных спусков водолазов на глубину до 80-100 метров в барокамере; лечение в барокамере специфических водолазных заболеваний, полученных водолазами при проведении водолазных спусков и работ; лечение в барокамере методом гипербарической оксигенации пострадавшего, получившего отравление оксидом углерода. Мобильный контейнерный водолазный комплекс состоит из двух автономных стандартных 20-ти футовых утепленных морских контейнеров.  **Рис. 6.38** Оборудование контейнера с барокамерой. В состав контейнера с барокамерой входят: а) и б) – барокамера с системами жизнеобеспечения – декомпрессионная барокамера «РБК-1400» с камерой и предкамерой внутренним диаметром 1400 мм, рассчитанная на пребывание 4 водолазов (2 лежачих или 4 сидячих места),	Палуба кормы.	ООО «ТехноДайв Сервис» (Россия)	Два 20-ти футовых морских контей-нера Масса 30т

рабочее давление 10 кгс/см^2; в) – щит управления – предназначен для управления и обеспечения работы барокамеры по замкнутому циклу, вентиляции и проведения в барокамере режимов декомпрессии (в т.ч. с использованием кислорода), оксигенобаротерапии и лечебной рекомпрессии, в том числе с использованием искусственных кислородно-азотно-гелиевых смесей; г) – система газоснабжения камеры в составе баллонов (рабочее давление $P_{раб}$=300кгс/см^2, объем 100 л) со сжатым воздухом для хранения и подачи воздуха в барокамеру – 4 шт, компрессора LW280ES -1шт (40 литровые баллоны ($P_{раб}$ = 150кгс/см^2) для хранения кислорода – 4 шт, 40 литровые баллоны ($P_{раб}$=150кгс/см^2) для хранения гелия – 8 шт); В контейнере оборудовано рабочее место врача спецфизиолога с рабочим столом, местным освещением, станцией связи между контейнерами, водолазной аптечкой. Энергоснабжение контейнера осуществляется от внешнего источника электроэнергии. Масса контейнера не более 15000 кг. Энергопотребление контейнера – не более 15 кВт.  			



Рис. 6.39

В состав контейнера обеспечения МКВК входят:

- система воздухоснабжения водолазных спусков в составе: щит воздухораспределения (а), баллоны металлокомпозитные (б) для хранения сжатого воздуха – 6 шт., баллоны стальные для хранения гелия (в), компрессор LW 280 ES -1 шт.;
- комплекты водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков и работ;
- места для хранения водолазного снаряжения и оборудования;
- система энергоснабжения (подводимое эл/питание – 400 В, 50 Гц). Ввод эл/питания в контейнер осуществляется через эл/разъем с вилочной частью типа «ПАПА» (400В, ток 50А). Питания контейнера 3 фазы и земля (3Р+РЕ). В контейнере установлен ГРЩ, который распределяет нагрузку по всем потребителям, в т.ч. сварочный трансформатор, включая пускорегулировочную аппаратуру, силовой кабель для подключения внешних источников и пр.;
- системы освещения, аварийного освещения контейнера, кондиционирования, отопления, вентиляции;
- комплект ЗИП (из расчета неограниченного района плавания);
- автоматизированное рабочее место руководителя водолазных спусков.

Масса контейнера не более 15000 кг. Энергопотребление контейнера около 25 кВт.



Рис. 6.40

6.8.5 Стационарное геологическое оборудование

Таблица 6.13

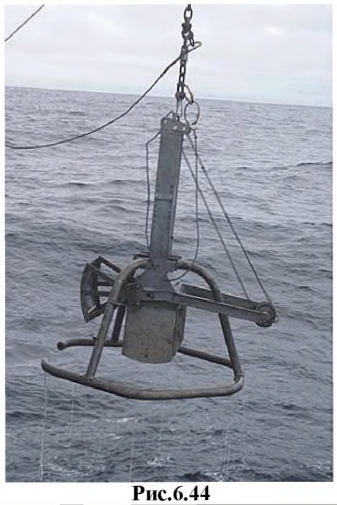
Наименование	Место расположения	Производитель	Габариты
Гравитационный пробоотборник ГТ-6 ГТ-6 выполняет геологоразведочный пробоотбор донных осадков от слабонесущих до плотных глинистых. Трубный став, под задачу, изготавливается либо оцинкованным, либо из нержавеющей стали. Предусмотрена установка керноприемников для транспортирования и сохранения проб диаметром от100 до 124 мм. Длина отбираемой колонки зависит от плотности донных осадков и может быть от 0,5м. до 6м.  **Рис. 6.41**	Палуба	ФГУНПП «Севморгео» (Россия)	Длина 8м Макс. диаметр 0.8м Масса 1400кГ
Коробчатый пробоотборник - КП-1,5х0,16 и КП-2,5х0,16 представляет собой гравитационный пробоотборник с принудительным закрытием нижних заслонок от тягового троса после завершения отбора осадков. Отличается от трубчатых пробоотборников большим сечением отбираемых проб (40х40см) и возможностью открывания боковой стенки короба по всей длине (1,5м и 2,5м), отличается от бокскореров большой длиной короба-1,5м. и 2,5м., простотой и доказанной практикой безотказностью конструкции. Обеспечивает возможность исследований свойств осадков на срезе, непосредственно в коробе	Палуба	ФГУНПП «Севморгео» (Россия)	Длина 2,5м Ширина 1,2м Глубина 0,4м Масса 1200кг

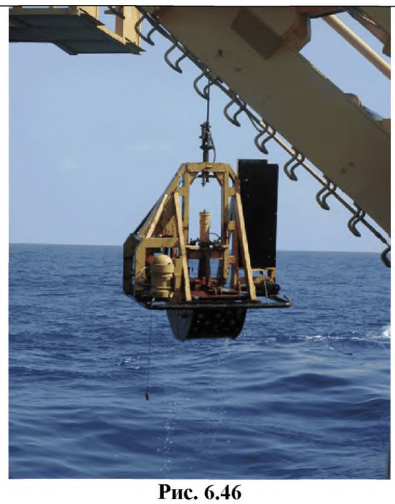
 **Рис. 6.42**			
ДГ-0,25-пробоотборник грейферный, из нержавеющей стали предназначен для выполнения геоэкологических и геологоразведочных работ. Обеспечивает отбор донных осадков: илов, глин, песков, галечника, донно-каменного материала с площади 0,25 м кв. Вес грейфера 80кг. Обеспечивает работу с судов, катеров, вертолетов, оснащенных легким спуско-подъемным оборудованием на глубинах до 6000м. Привод – пневмо-гидростатический  **Рис. 6.43**	Палуба	ФГУНПП «Севморгео» (Россия)	Глубина 0,7м Ширина 0,8м Высота 1,2м Масса 80кг

6.8.6 Временно устанавливаемое (целевое) геологическое оборудование

Таблица 6.14

Наименование	Расположение	Производитель	Габариты
Коробчатый грейфер - бокс-корер Box Corer 2500 $см^2$ Проникновение в грунт на 50-60 см и до	На палубе, вблизи опускного	KC Denmark (Дания)	700 x 575 x 620 мм Вес 110 кг

1 м  **Рис.6.44**	устройства	http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers/box-corer/box-corer-2500-cm².aspx также OKTOPUS GmbH Германия Производство в РФ не регулярно	
Мульти корер Multi Corer 12 цилиндров для отбора проб диаметр 110 мм, длина 800 мм – 1 шт 4 цилиндра для отбора – 1 шт  **Рис.6.45**	На палубе, вблизи опускного устройства	KC Denmark (Дания) http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers/multi-corer.aspx также OKTOPUS GmbH Германия	Максимум 2800x2500 мм, вес 600 кг
Гидростатический грейфер с ТВ контролем (объем пробы 0.5 м^3)	На палубе, вблизи опускного устройства	Производство в РФ не регулярно	1500 x 1200 x 950 мм 280 кг

 **Рис. 6.46**			
Электрогидравлический грейфер с телеконтролем, ПГС-4/М (объем пробы 1.5 м^3)  **Рис.6.47**	На палубе, вблизи опускного устройства	Производство в РФ не регулярно	3100 х 3000 х 3000 мм Вес 1500 кг

6.8.7 Стационарное метеорологическое оборудование

Стационароное судовое метеорологическое оборудование включает приборы для измерения температуры воздуха, влажности, скорости ветра и некоторых других характеристик.

Приведем здесь описание метеорологических приборов, включенных в Государтсвенный реестр средств измерений, входящих в состав стационарного метеорологического оборудования.

Регистратор температуры и влажности воздуха.

Номер государственной регистрации 58373. Приведем краткое описание этой аппаратуры.

Регистраторы температуры и влажности беспроводные Kaye RF ValProbe

Назначение средства измерений

Регистраторы температуры и влажности беспроводные Kaye RF ValProbe (далее — регистраторы) предназначены для измерений влажности и температуры воздуха в месте хранения продукции; записи результатов измерений во внутреннюю память прибора и преобразования измеренного значения в выходной линеаризованный сигнал для беспроводной передачи по радиоканалу.

Описание средства измерений

Принцип действия регистраторов основан на сорбционном методе измерения влажности и последующем измерении емкости, преобразовании входных сигналов термопреобразователей в цифровую форму быстродействующим АЦП, записи результатов измерений во внутреннюю память прибора и беспроводной передачи измеренных значений на базовую станцию. Регистратор включает в себя схему формирования выходного радиосигнала, работающий в диапазоне 2,4 ГГц и радиусом действия до 100 м. Беспроводные регистраторы RF ValProbe могут работать как с внутренним, так и с внешним термопреобразователем. Регистраторы в зависимости от исполнения предназначены:

- для измерения температуры/отн. влажности воздуха с внешним термопреобразователем;
- для измерения температуры/отн. влажности воздуха с внешним термопреобразователем, 4 – 20 мА на входе, замыкание контактов;
- для измерения температуры/отн. влажности воздуха с внешним термопреобразователем, 0 – 10 В на входе, замыкание контактов;
- для измерения температуры с двумя внешними термопреобразователями;
- для измерения температуры с пятью внешними термопреобразователями.

В качестве первичных преобразователей температуры применяются термопреобразователи сопротивления (Pt100, α = 0,00385 $^{\circ}C^{-1}$). Регистратор выполнен в пластиковом корпусе с антенной радиопередатчика. На передней панели расположены два светодиода, отображающих состояние регистратора и кнопка Status, при нажатии которой определяется подключение регистратора к базовой станции или к другому регистратору. На боковой поверхности расположены разъемы для подключения первичных преобразователей, на нижней - разъемы вспомогательных входов и внешнего источника питания. На задней панели расположен батарейный отсек. Базовая станция для RF ValProbe служит в качестве канала связи между беспроводными регистраторами и специализированным ПО для персонального компьютера. При подключении к компьютеру через стандартные порты USB или Ethernet, базовая станция может программировать, считывать или собирать данные с макс. 100 регистраторов единовременно (200 датчиков).



Рис.6.48 Внешний вид регистраторов и базовой станции

Программное обеспечение

Регистратор функционирует под управлением автономного специального программного обеспечения Kaye RF ValProbe. Программное обеспечение осуществляет функции сбора, передачи, обработки, хранения и представления измерительной информации. ПО входит в комплект поставки и является его неотъемлемой частью.

Идентификационные данные метрологически значимой части программного обеспечения приведены в Таблице 6.15.

Таблица 6.15

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Kaye RF ValProbe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.60

Степень защиты программного обеспечения от преднамеренных или непреднамеренных изменений, соответствует уровню «средний» по Р50.2.077-2014. Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических характеристик.

Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики приведены в Таблице 6.16.

Таблица 6.16

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазоны измерений температуры, °С с внешним датчиком Pt100: значения измеряемой температуры в точке в диапазоне со встроенным датчиком: в диапазоне	 минус196 от минус 80 до 200 от минус 40 до 60
Диапазон измерений относительной влажности воздуха, %	от 10 до 90
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С внешний датчик Pt100 в точке минус 196 °С в диапазоне от минус 80 до минус 22 °С в диапазоне выше минус 22 до 0 °С в диапазоне выше 0 до 200 °С встроенный датчик в диапазоне от минус 40 до минус 20 °С в диапазоне выше минус 20 до минус 0 °С и выше 50 до 60 °С в диапазоне от 0 до 50 °С	 ± 2,0 ± 0,5 ± 0,2 ± (0,1+0,0017·|t|) ± 1,5 ± 1,0 ± 0,5
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха, % от 10 до 90 %	± 2
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности от влияния температуры, %	± 0,07·(t*-25)
Входные сигналы (с внешним источником питания) силы постоянного тока, мА напряжения постоянного тока, В	 4 - 20 0 - 10
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений входных сигналов, %	0,5 от диапазона
Объем внутренней памяти и запись, значений на 1 датчик	10000
Продолжительность времени записи с интервалом 1 минута, ч	8000
Напряжение питания постоянным током, В регистратора (аккумуляторные батареи тип АА) базовой станции (через адаптер 100-240 В~ с частотой 50/60 Гц)	 3 5
Габаритные размеры (В × Ш × Г), мм, не более:	

регистратора внешнего термопреобразователя диаметр × длина датчика влажности и температуры окружающей среды базовой станции	127 × 64 × 32 3,6 × до 36600 18 × 9,6 × 20 45 × 190 × 127
Масса, кг, не более регистратора (без батарей питания) базовой станции	 0,25 0,5
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающей среды, ° С регистратора базовой станции - относительная влажность, % регистратора базовой станции	 от минус 40 до 65 от 0 до 50 от 10 до 90 (без конденсации) от 10 до 85 (без конденсации)
Время наработки до метрологического отказа, ч	90000
Срок службы, лет	10

Примечание:* Температура в ° С

Знак утверждения типа

Знак наносится на титульный лист эксплуатационной документации типографическим способом и на корпус прибора в виде наклейки.

Комплектность средства измерений

- Беспроводной регистратор Kaye RF ValProbe - 1 шт.;
- базовая станция - 1 шт.;
- комплект внешних датчиков - 1 шт.;
- программное обеспечение «Kaye RF Valprobe» -1 CD-диск;
- руководство по эксплуатации;
- методика поверки.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП 2411- 0112 - 2014 «Регистраторы температуры и влажности
беспроводные Kaye RF ValProbe», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в декабре 2014 г.

Основное поверочное оборудование:

- Эталонный термопреобразователь сопротивления типа ЭТС- 100, диапазон измерений температуры от минус 200 до 660 °С по ГОСТ 8.558-2009, погрешность ± 0,05 °С;
- Преобразователь сигналов ТС и ТП «Теркон», $\pm[0{,}0002 + 1\times10^{-5}\times R_{измер}]$ Ом; $\pm[0{,}0005 + 5\times10^{-5}\times U_{измер}]$ мВ;
- Жидкостные термостаты, диапазон воспроизведения температуры от минус 80 до 200 °С, нестабильность поддержания температуры ± 0,1 °С;
- Генератор влажности воздуха HygroGen, модификации HygroGen 2. Госреестр № 32405-11. Диапазон воспроизведения отн. влажности от 0 до 100 %, погрешность ± 0,5 %, диапазон воспроизведения температуры от 0 до 60 °С, погрешность ± 0,1 °С;
- Многофункциональный калибратор TRX-IIR в режиме воспроизведения силы постоянного тока от 0 до 24 мА; ±(0,01 % от показаний+0,02% от диапазона); воспроизведения напряжения постоянного тока от 0 до 12 В, ±(0,01 % от показаний+0,005 % от диапазона).

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в руководстве по эксплуатации «Регистраторы температуры и влажности беспроводные Kaye RF ValProbe».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к регистраторам температуры и влажности беспроводным Kaye RF ValProbe

1. ГОСТ 8.558- 2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».

2. ГОСТ 6651 – 2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний».

3. ГОСТ 8.547- 2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов».

4. ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия».

5. Техническая документация компании «Amphenol Thermometrics Inc.», США.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений выполнение работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Изготовитель

Компания «Amphenol Thermometrics Inc.», США

Адрес: 967 Windfall Road Saint Marys, PA 15857 USA

Анеморумбометры М63М-1. Номер государственной регистрации 42428/1

Назначение средства измерений

Анеморумбометры М616М-1 предназначены для дистанционного измерения мгновенной, максимальной и средней скорости и направления ветра.

Описание средства измерений

Принцип действия анеморумбометра основан на использовании зависимостей между скоростью ветра и числом оборотов вертушки, между направлением ветра и положением свободно ориентирующейся флюгарки датчика ветра. При этом скорость *и* направление ветра преобразуются в частоту следования и фазовый сдвиг последовательностей электрических импульсов, которые после дальнейших преобразований в пульте позволяют производить отсчеты параметров ветра.

Основными составными частями анеморумбометра являются датчик ветра, пульт, соединительный кабель.

Датчик ветра предназначен для работы при температуре от минус 50 до плюс 50°С и относительной влажности воздуха до 90%.

Датчик ветра предназначен для преобразования скорости и направления ветра в частоту следования и фазовый сдвиг последовательности электрических импульсов при помощи контактных устройств - импульсаторов.

Пульт предназначен для преобразования электрических импульсов датчика ветра, пропорциональных скорости и напралению ветра, в физические значения параметров ветра, отображаемой цифровой индикацией пульта.

Преобразователь интрефейса (для исполнения с выходом на компьютер) предназначен для преобразования сигналов стандарта RA-485 в стандартный интерфейс RS-232.

Внешний вид анеморумбометров М63М-1 приведен на Рис.6.49



Рис.6.49

Программное обеспечение

Идентификационные данные программного обеспечения (ПО) анеморумбометров М63М-1 приведены в Таблицах 6.14 и 6.15.

Таблица 6.17

Идентификационные данные встроенного ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Анеморумбометр М63
Номер версии (идентификационный номер) ПО	-
Цифровой идентификатор ПО	A6C9
Другие идентификационные данные	-

Конструкция СИ исключает возможность несанкционированного влияния на ПО и СИ и измерительную информацию. Доступ пользователя к ПО полностью отсутствует и в процессе эксплуатации модификации не подлежит.

Уровень защиты встроенного ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений – средний по Р 50.2.077-2014.

Для отображения информации на экране компьютера используется специализированное внешнее программное обеспечение «Метеоцентр».

Таблица 6.18

Идентификационные данные устанавливаемого на компьютере внешнего ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	«МетеоЦентр»
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.5.0.x
Цифровой идентификатор ПО	7985B3F9431DE0180CD78C80D43AD262
Другие идентификационные данные	-

Примечание:

1) 1.5.0 – метрологически значимая часть ПО;
2) x-метрологически не значимая часть ПО.

Уровень защиты внешнего ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений – средний по Р. 50.2.077-2014.

Метрологические и технические характеристики

1.Диапазоны измерения:
мгновенной скорости ветра, м/с от 1,5 до 60;
максимальной скорости ветра, м/с от 3 до 60;
средней скорости ветра, *м/с* от 1,2 до 40;
направления ветра, градусы от 0 до 360
Периоды осреднениясредней скорости равны 2 и 10 минут.

2. Пределы допускаемой абсолютной погрешности:
- при измерении скоростей ветра, м/с: ± (0,5 + 0,05V),
где V - измеряемая скорость ветра при измерении направления ветра, градусы: ± 10.
- при измерении направления ветра, градусы: ±10

3.Порог чувствительности, м/с, не более 0,8

4.Напряжение питания, В:
-от сети переменного тока, В ~ 220 +22/-33; (50 ± 1) Гц;
-от источника постоянного тока, В 12 ± 1.

5.Габаритные размеры, не более, мм:
-датчика ветра:длина, ширина, высота 640 х 290 х 695
-пульта:длина, ширина, высота 260х210х140
-преобразователя интерфейса (в исполнении с выходом на компьютер) 150х80х40

6. Масса, кг, не более:
-датчика ветра 5,8;
-пульта 5,0
-преобразователя интерфейса 0,3

7.Средняя наработка на отказ, час, не менее 10000

8.Средний срок службы, лет, не менее 8

9.Условия эксплуатации датчика ветра:
-температура окружающего воздуха, °С от минус 50 до плюс 50
-относительная влажность воздуха,% до 98
-атмосферное давление, кПа от 84 до 106
Пульта и преобразователя:
-температура окружающего воздуха, °С от плюс 5 до плюс 40
-относительная влажность воздуха, % до 80
-атмосферное давление, кПа от 84 до 106

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа средства измерения наносится:

- на фирменных планках, установленных на датчике ветра или пульте в указанных на чертежах местах – фотохимическим способом, обеспечивающим четкое изображение этого знака;
- в формуляре на первом листе – оттиском штампа с изображением знака.

Комплектность

В комплект поставки входят:

-датчик ветра Л82.788.004	1 шт.
-блок питания Л85.087.004	1 шт.
-кабель Л86.664.066	1 шт.
-пульт ЯИКТ.468364.002	1 шт.
-преобразователь ЯИКТ.468364.009	1 шт.
-кабель «нуль-модемный» ЯИКТ.685631.006	1 шт.
-кабель линии связи ЯИКТ.685631.008	1 шт.
-кабель соединительный ЯИКТ .685631.008	1 шт.
-комплект ЗИП	1 компл.
-программное обеспечение М63М-1 ЯИКТ.416939.004	1 диск
-комплект поверочных приспособлений Л84.073.001	1 компл.
-паспорт Л82.009.002 ПС	1 экз.
-методика поверки МП РТ 1526-2011	1 экз.

Поверка

Осуществляется по документу МП РТ 1526-2011 «анеморумбометр М63М-1. Методика поверки», утвержденному ФГУ «Ростест-Москва» 25.02.2011 г.

При первичной поверке знак поверки наносится, в виде оттиска поверительного клейма, в паспорте Л82.009.002 ПС. При периодической поверке знак поверки наносится в виде оттиска поверительного клейма и голографической наклейки, на свидетельство о периодической поверке.

Основные средства поверки:

-эталонная аэродинамическая установка с диапазоном воспроизведения скорости воздушного потока от 1,0 до 35,0 м/с и метрологическими характеристиками согласно ГОСТ 8.542-86.

При первичной поверке знак поверки наносится в виде оттиска поверительного клейма и голографической наклейки, на свидетельство о периодической поверке.

Сведения о методиках (методах) измерений

Изложены в паспорте Л82.009.002 «Анеморумбометр М63М-1.Паспорт»

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к анеморумбометрам М63М-1

1.ТУ 25-1607.008-82. «Анеморумбометр М63М-1. Технические условия».

2.ГОСТ 8.542-86 «Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости воздушного потока».

Изготовитель

ОАО «Сафоновский завод «Гидрометприбор»
ИНН 6726009364
Адрес: 215500, г. Сафоново, Смоленская область.
Тел.: (48142) 7-50-01,7-50-15, факс: (48142) 7-50-45,7-50-74
E-mail: meteoGMP@mail.ru; web: www.meteogmp.ru

Измерители–регистраторы температуры и относительной влажности автономные серии EClerk®–M

Номер государственной регистрации 60082

Назначение средства измерений

Измерители–регистраторы температуры и относительной влажности автономные серии EClerk®–M (далее – приборы) предназначены для измерений (совместно с первичными измерительными преобразователями) температуры жидкостей, газов и сыпучих продуктов, относительной влажности неагрессивных газовых сред и записи результатов измерений во внутреннюю память прибора с последующей обработкой полученной информации на персональном компьютере.

Описание средства измерений

Принцип действия приборов основан преобразовании выходных сигналов термопреобразователей в цифровую форму быстродействующим АЦП и на сорбционном методе измерения влажности с последующим измерением емкости, записи результатов измерений во внутреннюю память прибора с периодом записи от 1 с до 24 ч и отображении измеренных значений на дисплее при его наличии.

Приборы включают в себя электронный блок со встроенным преобразователем температуры или температуры и относительной влажности (исп.G1) или электронный блок с зондом температуры (исп.G2), или электронный блок с клеммами для подключения преобразователя температуры (исп.G3).

Приборы в зависимости от исполнения предназначены:

– для измерения температуры с одним или двумя термопреобразователями в диапазоне от минус 50 до 200 °С (Pt1000 α=0,00385 $°C^{-1}$);

– для измерения температуры в диапазоне от минус 40 до 55 °С [встроенный в корпус термопреобразователь (Т) с цифровым выходом]);

– для измерения температуры в диапазоне от минус 100 до 800 °С для исполнения с зондом или до 1200 °С для исполнения с клеммами подключения термопары [(термопара ХА(К)] с компенсацией температуры холодного спая в режиме эксплуатации от минус 40 до 55 °С;

– для измерения температуры в диапазоне от минус 40 до 55 °С и отн. влажности воздуха в диапазоне от 0 до 95 %; выпускаются с разными классами точности RHT–1, RHT–2.

По количеству каналов измерения приборы подразделяются – на одноканальные и двухканальные.

Приборы в зависимости от назначения выпускаются двух модификаций:

– EClerk®–M –01 – регистратор (отсутствие цифрового индикатора);

– EClerk®–M –11 – измеритель–регистратор (наличие цифрового индикатора).

По способу подключения чувствительного элемента на входе (далее – ЧЭ) приборы имеют три конструктивных исполнения:

– G1 – ЧЭ встроен в корпус прибора (только для исполнения Т и RHT);

– G2 – ЧЭ встроен в зонд прибора жестко закрепленный (только для исполнения 2Pt и К);

– G3 – ЧЭ подключаются к прибору через клеммы (только для исполнения 2Pt и К). ЧЭ в состав прибора не входит.

Приборы по типу корпуса выпускаются трёх конструктивных исполнений:

– портативный корпус из пластмассы (Р);

– герметичный прямоугольный корпус из пластмассы настенного крепления (НР);

– цилиндрический герметичный корпус из нержавеющей стали (НМ).

Измерительные зонды в зависимости от назначения и диапазона измеряемой температуры имеют различную длину.

Прибор имеет батарейный отсек для литиевой батареи, кнопку выбора режима работы и USB порт для связи с персональным компьютером.

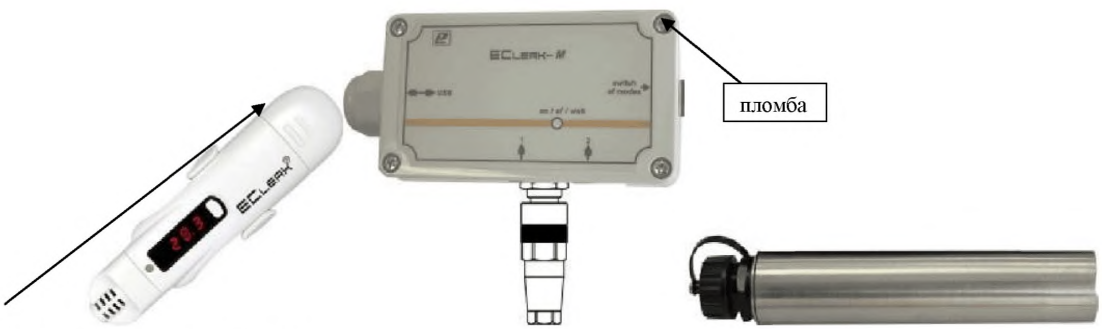


Рис. 6.50 Приборы (слева направо) в корпусе Р, НР, НМ

Программное обеспечение

Приборы функционируют под управлением встроенного специального программного обеспечения, которое является неотъемлемой частью прибора. Программное обеспечение осуществляет функции сбора, обработки, передачи, хранения и представления измерительной информации при наличии дисплея.

Также имеется автономное ПО «EClerk 2.0» для персонального компьютера, которое позволяет считать записанные значения из памяти прибора для последующей обработки и определить версию встроенного ПО в окне «Меню/Справка/Проверка целостности ПО».

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в Таблице 6.19.

Таблица 6.19

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО встроенного автономного	– EClerk 2.0
Номер версии (идентификационный номер) ПО встроенного автономного	E1.0 2.0
Цифровой идентификатор ПО встроенного ПО автономного ПО	crc32: 23769674 md5:28FFAC84885E66067DDC999C27717E88*

*для версии 2.0

Степень защиты программного обеспечения приборов от преднамеренных или непреднамеренных изменений, соответствует уровню «средний» по Р 50.2.077–2014.

Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических характеристик.

К метрологически значимой части ПО СИ относится файл: EClerk2.0.exe.

Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики приведены в Таблице 6.20.

Таблица 6.20

Наименование характеристик	Значение характеристики			
	EClerk –M–2Pt	EClerk –M–K	EClerk –M–T	EClerk –M–
1	2	3	4	5
Тип первичного пре образователя	Pt1000	термопара К	термопреобразователь с цифровым выходом	датчик влажности и температуры с цифровым
Диапазоны измерений температуры, °С	от минус 50 до 200	от минус 100 до 800; от минус 100 до 1200	от минус 40 до 55	от минус 20 до 55; от минус 40 до минус 20
Диапазон измерений относительной влажности, %	—	—	—	от 0 до 95 (без конденсации влаги)

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры[1], °С	$\pm(0{,}2+0{,}001T_{изм.})$	$\pm(0{,}5+0{,}002T_{изм.})$	$\pm(0{,}5+0{,}003T_{изм.})$	от минус 20 до 55: RHT–1 ± 1,0 RHT–2 ± 1,8 от минус 40 до минус 20: RHT–1 ± 1,5 RHT–2 ± 2,3
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности в диапазоне, %	—	—	—	от 10 до 90 RHT–1 ± 3,0 RHT–2 ± 4,0 от 0 до 10 и свыше 90 до 95 RHT–1 ± 4,0 RHT–2 ± 7,0
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности, вызванной изменением температуры эксплуатации от 20 °С, на каждые 10 °С, °С	$\pm(0{,}1+0{,}0006T_{изм.})$		—	—
Компенсация холодного спая	–	есть	–	–
Количество каналов измерений	1, 2	1	1	1, 2
Конструктивное исполнение	Р; НР; НМ			
Способ подключения ЧЭ	G2; G3		G1	
Диапазон напряжений питания, В, батарея (½АА)	3,6			
Наименьший разряд цифрового кода отсчетного устройства в режиме измерений	0,1	1,0	0,1	0,1
Объём памяти, не менее	500 тыс. значений			
Период регистрации отсчётов измеренных параметров	от 1 с до 24 ч			
Тип записи измеренных параметров	циклический; до заполнения			
Максимальное количество интервалов записи (сессий)	21			
Габаритные размеры, мм, не более: Д × Ш × В: – электронного блока	Конструктивное исполнение			
	Р	НР	НМ	
	140×36×20	145×90×41	Ø30×160	

–зонда диаметр×длина[2)] Минимальная глубина погружения (мм)[3)]	3×120 (200; 300; 500) 40	4×120 (200; 300; 500) 40	4×120 (200; 300; 500) 40
Масса прибора (без зонда), кг, не более	0,10	0,15	1,5
Условия эксплуатации: -диапазон температуры окружающего воздуха, °С; -относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, % -диапазон атмосферного давления, кПа	от минус 40 до 55 до 95 (без конденсации) от 84,0 до 106,7		
Условия транспортирования и хранения: – диапазон температуры окружающего воздуха, °С; – диапазон относительной влажности окружающего воздуха при температуре 25 °С, %; – диапазон атмосферного давления, кПа	от минус 40 до 55 от 0 до 95 от 84,0 до 106,7		
Средняя наработка на отказ, ч	40 000		
Средний срок службы, лет, не менее	5		

Примечания:

1) Погрешность нормируется для прибора в комплекте с чувствительными элементами для исполнений G1 и G2 и без чувствительных элементов для исполнения G3.

2) Длина зонда с термопарой К в зависимости от диапазона измерений температуры:

– 120 мм – от минус 100 до 200 °С;

– 200 мм – от минус 100 до 400 °С;

– 300 мм – от минус 100 до 600 °С;

– 500 мм – от минус 100 до 800/1200 °С.

3) Второй элемент расположен на расстоянии ℓ1, мм, от конца зонда, но не менее 100 мм от корпуса прибора. Минимальная глубина погружения (ℓ1+ 40) мм.

Знак утверждения типа

наносится на титульный лист эксплуатационной документации типографическим способом и на корпус прибора в виде наклейки.

Комплектность средства измерений

– Измеритель–регистратор температуры и относительной влажности автономный серии EClerk®–М – 1 шт.;

– программное обеспечение «EClerk 2.0» – 1 CD диск;

– руководство по эксплуатации – 1 экз.;

– методика поверки МП 2411– 0120 – 2015 – 1 экз.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП 2411– 0120 – 2015 «Измерители–регистраторы температуры и относительной влажности автономные серии EClerk®–M. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в июне 2015 г.

Основное поверочное оборудование:

– Эталонный термопреобразователь сопротивления типа ЭТС–100, диапазон измерений температуры от минус 200 до 660 °С по ГОСТ 8.558–2009, погрешность ± 0,05 °С;

– Эталонный термоэлектрический преобразователь, диапазон измерений температуры от 0 до 1200 °С по ГОСТ 8.558–2009, погрешность ± 0,1 °С;

– Преобразователь сигналов ТС и ТП «Теркон», $\pm[0{,}0002 + 1\times10^{-5}\times R_{измер}]$ Ом; $\pm[0{,}0005 + 5\times10^{-5}\times U_{измер}]$ мВ;

– Жидкостные термостаты, диапазон воспроизведения температуры от минус 100 до 200 °С, нестабильность поддержания температуры ± 0,1 °С;

– Малоинерционная трубчатая печь МТП–2МР диапазон температуры от 100 до 1200 °С ;

– Генератор влажности воздуха HygroGen, модификации HygroGen 2. Госреестр № 32405–11.

Диапазон воспроизведения отн. влажности от 0 до 100 %, погрешность ± 0,5 %, диапазон воспроизведения температуры от 0 до 60°С, погрешность ± 0,1 °С.

– Многофункциональный калибратор TRX–IIR в режиме воспроизведения напряжений постоянного тока в диапазоне от минус 10 до 100 мВ, погрешность ±(0,01 % от показаний +0,005 % от диапазона); от 0 до 12В, погрешность ±(0,01 % от показаний +0,005 % от диапазона); в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току в диапазоне от 0 до 400 Ом, погрешность ±(0,005 % от показаний +0,02 % от диапазона); в режиме воспроизведения сигналов термопреобразователей сопротивления, диапазон от минус 200 до 850°С, погрешность ±(0,005 % от показаний + 0,02 % от диапазона), в режиме воспроизведения сигналов термопар диапазон от минус 270 до 1820 °С, погрешность ±(0,005 % от показаний + 0,02 % от диапазона).

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в руководстве по эксплуатации «Измерители–регистраторы температуры и относительной влажности автономные серии EClerk®–M».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к измерителям–регистраторам температуры и относительной влажности автономным серии EClerk®–M

1.ГОСТ 8.558– 2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».

2. ГОСТ 6651 – 2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний».

3.ГОСТ Р 8.585–2001 «ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования».

4.ГОСТ 8.547– 2009 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов».

5. Технические условия ТУ 4211–041–57200730–2014.

Изготовитель

ООО «Научно–производственная компания «РЭЛСИБ», г. Новосибирск
Адрес: 630082, г. Новосибирск, ул. Дачная, 60
тел.(383) 319–64–01, 319–64–02, факс (383) 319–64–00
www.relsib.com
ИНН/КПП 5402159819/540201001

Отметим также, что к числу оборудования, устанавливаемого в лаборатории, относятся регистраторы температуры, влажности и других параметров воздуха (производство фирмы ООО «Инженерные технологии» Россия, http://gigroter mon.ru); анеморумбометр, предназначенный для дистанционного измерения мгновенной, максимальной и средней скоростей и направления ветра в стационарных условиях (анеморумбометр М63М-1; производство «Аналитсервис», Россия) и измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц, предназначенный для измерения

массовой концентрации пыли различного происхождения и химического состава при контроле превышения предельно допустимых концентраций в воздухе (производство НПО «Экоинтех»).

Таблица 6.21

Наименование	Расположение	Производитель	Габариты
Регистраторы температуры, влажности и других параметров воздуха	Лаборатория	ООО "Инженерные технологии", Россия http://gigrotermon.ru	
Анеморумбометр, предназначен для дистанционного измерения мгновенной, максимальной и средней скоростей и направления ветра в стационарных условиях **Анеморумбометр М63М-1** для дистанционного измерения мгновенной, максимальной и средней скоростей и направления ветра	Лаборатория	Аналит-сервис, Москва http://www.analit-sv.ru	Габаритные размеры: датчика ветра - 640x290x635; пульта - 260x210x140; Масса: датчика ветра - 5,5 кг; пульта – 5 кг; кабеля(100м) – 6кг; полного комплекта20кг
Измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц предназначен для измерения массовой концентрации пыли различного происхождения и химического состава при контроле превышения предельно-допустимых концентраций в воздухе АЭРОКОН	Лаборатория	Производство НПО «ЭКО-ИНТЕХ»	Аналитический модуль - 120x120x140 мм Аналитический модуль - 0,8 кг, измерительный модуль - 1,0 кг

6.8.8 Гидрохимическое стационарное оборудование

Таблица 6.22

Наименование	Расположение	Производитель (модель)	Габариты (мм)
Дистиллятор  **Рис.6.51**	Комплексная лаборатория	ДЭ-25 «СПб»	460x382x685
Установка для чистой воды	Комплексная	GFL 2108	700x390x700

 Рис.6.52	лаборатория		
Шкаф сушильный  Рис.6.53	Комплексная лаборатория	ПЭ-0041 (120 л)	810×890×660
Автоклав  Рис.6.54	Комплексная лаборатория	MELAtronic 23	51×55×38
Центрифуга  Рис.6.55	Комплексная лаборатория	Ulab UC-1412	380×480×330
Мешалка магнитная (3 шт)  Рис.6.56	Комплексная лаборатория	ПЭ-6110	12×13×6
Спектрофотометр сканирующий	Комплексная	DR-6000 (HACH-	215×500×460

 **Рис.6.57**	лаборатория	LANGE, Германия)	
Установка для титрования  **Рис.6.58**	Комплексная лаборатория	848 Titrinoplus	300x240x300
Весы электронные  **Рис.6.59**	Комплексная лаборатория	HR-250A	198x294x315
Баня лабораторная водяная	Комплексная лаборатория	LOIP LB-163	530x300x220



Рис.6.60

6.8.9 Гидрофизическое оборудование

Это оборудование будет рассмотрено в Главе 9. Там же приведено описание некоторых современных технических средств для измерения гидрологических характеристик морей и океанов. Здесь отметим только некоторые виды современного гидрофизического оборудования. Это, прежде всего, CTD-зонды, в том числе и работающие в автономном режиме, измеряющие температуру, электропроводность, давление, растворенный кислород, pH и некоторые другие химические параметры. Существуют пробоотборники образцов воды на 6 (и более) батометров Нискина для работы в автономном режиме (без применения кабель-тросовой лебедки). На некоторых современных судах в днище судна вмонтирован акустический доплеровский измеритель течений. Также в состав стационарного гидрофизического оборудования включен высокочастотный лабораторный солемер с ремонтным набором и образцом стандартной морской воды. Более подробно работа указанного оборудования будет рассмотрена позже.

К числу гидрофизического специального (целевого) оборудования можно отнести измеритель CTD профилей на ходу судна (скорость до 20 узлов) в мосте со специализированной лебедкой, свободно падающий тербулиметр с записью на внутреннюю память, а также свободно падающие турбулиметры с передачей информации на палубный блок вместе с электрической и ручной лебедками.

6.8.10 Гидробиологическое стационарное оборудование

Таблица 6.23

Наименование	Место установки	Производитель	Габариты
Холодильник лабораторный Liebherr LKexv 3910 (или другой)	Комплексная лаборатория	Liebherr, Германия См. например http://www.germany-holod.ru/catalog/liebherr/lkexv_3910/	600/615/1840мм Вес 120 кг (при наполнении)

 **Рис. 6.61**			
Лабораторный морозильник вертикальный 2-х камерный Liebherr LGPv 1420	Комплексная лаборатория	Liebherr, Германия	2150/1430 /830 мм Вес до 130 кг при наполне нии
Низкотемпературный морозильный ларь глубокой заморозки (до -45°С) (горизонтальный) Liebherr LGT 3725	Комплексная лаборатория	Liebherr, Германия	1370/810/ 920 мм До 140 кг при заполне нии
Микроскоп бинокулярный Olympus SZX16  **Рис. 6.62**	Комплексная лаборатория	Olympus См., например, http://www. intergen.ru/ catalog/opti cheskie_mi kroskopy/st ereomikrosk opy/issledo vatelskie/ol ympus_sz16	300/300/5 00 мм Вес до 5 кг
Микроскоп бинокулярный Olympus SZX10 (2 шт.)	Комплексная лаборатория	Olympus См., например,	300/300/5 00 мм Вес до 5

		http://www.intergen.ru/catalog/opticheskie_mikroskopy/stereomikroskopy/issledovatelskie/olympus_sz16	кг
Микроскоп прямой Olympus CX41  **Рис. 6.63**	Комплексная лаборатория	Olympus См., например, http://argentum107.ru/?m=prosp&an=APA3	300/400/600 мм Вес до 5 кг
Исследовательский стереомикроскоп SteREO Discovery.V12 (в комплекте с цветной цифровой камерой высокого разрешения AxioCam ICc5 и программным обеспечением)  **Рис. 6.64**	Комплексная лаборатория	Carl Zeiss, Германия См., напрмер, http://www.microscope-plus.ru/zeiss-stereodiscoveryv12.html	400/500/600 мм Вес до 8 кг
Исследовательский поляризационный микроскоп Axio Scope.A1 (в комплекте с цветной цифровой камерой AxioCam MRc 5 и программным обеспечением)	Комплексная лаборатория	Carl Zeiss, Германия см., например, http://www.microscope-plus.ru/zeiss-axioscope-a1pol.html	400/500/600 мм Вес до 8 кг

 **Рис. 6.65**			
Осветитель светодиодный KL 1500 LCD (3 шт.)  **Рис. 6.66**	Комплексная лаборатория	Schott/Olympus см., например, http://www.labspb.com/kl1500.html	150/200/150 мм Вес до 3 кг

6.8.11 Гидробиологическое целевое оборудование

Таблица 6.24

Наименование	Место установки	Производитель	Габариты
Трал Сигсби (Сигсби - Горбунова) донный - SIGSBEE TRAWL  **Рис. 6.67**	Рабочая палуба, около П-рамы	Индивидуальный заказ	2500/500/600 мм
Пелагический разноглубинный трал «мультинет» RMT 1+8M	Рабочая палуба, около П -	OSIL, Великобритания	Разборный Вес до 300

 **Рис. 6.68**	рамы	http://www.osil.co.uk/Products/MarineInstruments/tabid/56/agentType/View/PropertyID/319/Default.aspx	кг при заполнении
Мультитрал с захватом 1.0 , 0,5 м^2 и 0,25 м^2 (всего три трала)  **Рис.6.69**	Рабочая палуба, около П-рамы	Hydrobios, Германия http://www.hydrobios.de/en/products/plankton-nets/multinet/	Разборный Вес до 400 кг при заполнении

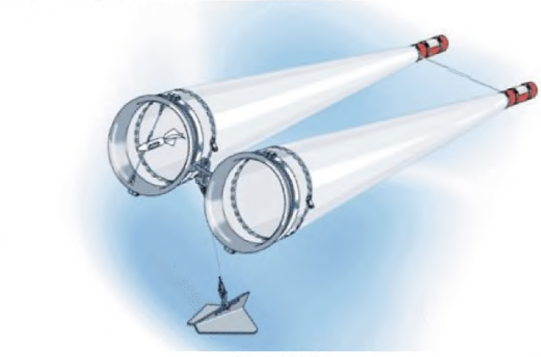
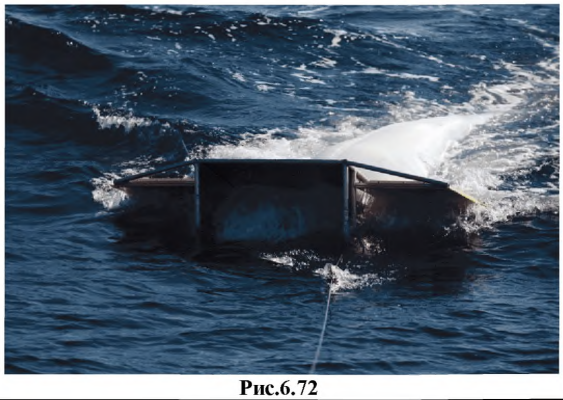
 **Рис. 6.70**			
Горизонтальная сеть Бонго, две сетки с захватом 60 см и длиною сетей до 2.5 м, размер ячеи 500 микрон.  **Рис. 6.71**	Рабочая палуба, около П-рамы	Hydrobios, Германия http://www.hydrobios.de/en/products/plankton-nets/horizontal-nets/bongo-net/	Разборный Вес до 50 кг при заполнении
Сеть для взятия проб в верхнем метре океана при медленном движении судна. Захват 70 см - MANTA Neuston Net System NQS-45 Series  **Рис.6.72**	Рабочая палуба, около П-рамы	Ocean Instruments, США https://www.google.ru/#newwindow=1&q=Manta%20Net	1300x800x600 мм длина до 5000 при раскрытой сети Вес до 30 кг



Рис. 6.73

6.9 Глубоководные океанографические лебедки и устройства для вывода троса за борт

Для опускания океанографических приборов на глубины на «старых» судах служат океанографические лебедки. В зависимости от глубины района исследований и характера работ применяют лебедки разных систем. Для опускания приборов на глубины до 50—100м применяют обычно ручные лебедки. Для опускания приборов на большие глубины применяют механические лебедки с электрическим или гидравлическим приводами. Для работы в полярных областях Мирового океана в ААНИИ была разработана гидрологическая лебедка типа «Северный Полюс».

Рассмотрим устройство одного из распространенных типов этого оборудования – лебедки ЛЭРОК, которая все еще применяется на малых экспедиционных судах старой постройки.

6.9.1 Устройство и особенности эксплуатации лебедки ЛЭРОК

Лебедка ЛЭРОК (лебедка электроручная океанографическая) разработана в двух вариантах — ЛЭРОК-0,5, барабан которой вмещает 4500 м троса диаметром 3,6 мм, и ЛЭРОК-1,2, рассчитанная на 12 500 м ступенчатого троса диаметром от 3,0 до 5,1 мм. Индексы 0,5 и 1,2 обозначают максимальную нагрузку лебедок в тоннах. По конструкции оба типа одинаковы и различаются только тросоемкостью барабанов, мощностью электромоторов и габаритами.

Лебедка ЛЭРОК отличается большей мощностью двигателя, большей грузоподъемностью. Достоинством является наличие редуктора, который позволяет менять шаг укладки троса.

Лебедка ЛЭРОК (Рис. 6.74, Рис.6.75) состоит из следующих основных частей: барабана с редуктором 1, тросоукладывающего механизма 2, ножного ленточного тормоза 3, кулачкового контроллера 4, электромотора 5, фундаментальной рамы 7, ручного ленточного тормоза 9, ручного привода (на рисунке не показан).

Редуктор с барабаном 1 состоит из гладкого барабана сварной конструкции и тормозного шкива, внутри которого вмонтирован цилиндрический редуктор с внутренним зацеплением, передающий вращение на барабан.

На конце вала насажен тормозной шкив, на который устанавливается ручной ленточный тормоз 9, служащий для стопорения водила.

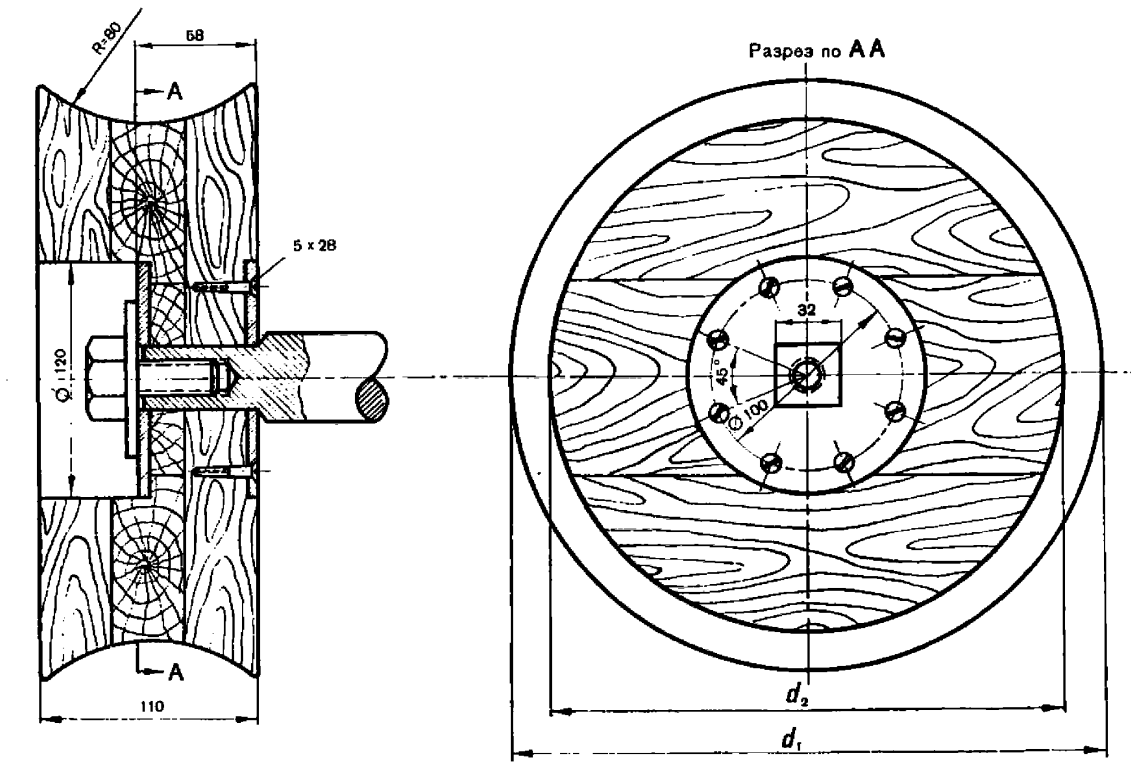


Рис. 6.74 Кабельная турачка к лебедкам «Океан» и ЛЭРОК

Барабан 1 своими цапфами опирается на две стойки 6 и 8 со сферическими роликоподшипниками, установленными на раме 7.

Тросоукладывающий механизм 2 состоит из винта с перекрестной (правой и левой) нарезкой, установленного в сферических шарикоподшипниках на стойках 6 и 8 двух направляющих, жестко укрепленных на тех же стойках, каретки тросоукладчика, на которой смонтированы блок-счетчик и динамометр. Переводом рычага каретка выключается и может быть установлена в любом положении вращением червячного винта вручную посредством рукоятки 10.

Лебедка снабжена ножным ленточным тормозом 3, состоящим из стальной ленты с обкладкой из тормозной асбестовой ткани и педали, выведенной около места установки контроллера 4.

Ручной ленточный тормоз 9 служит для закрепления барабана в заданном положении. Он состоит из тормозной ленты с асбестовой обкладкой, винта и маховика.

У ЛЭРОК-0,5 установлен электродвигатель 5 ДПМ-31 постоянного тока напряжением 220В, мощностью 11.5 кВт и шестикулачковый контроллер 4, позволяющий давать лебедке пять скоростей в пределах от 0 до 4.3 м/с[1].

У ЛЭРОК-1,2 установлен двигатель ДПМ-42 постоянного тока напряжением 220В, мощностью 35 кВт и шестикулачковый контроллер, позволяющий давать лебедке пять скоростей в пределах от 0.4 до 4.4 м/с[2].

[1]Скорость выбирания троса при минимальном натяжении. При максимальном натяжении скорости выбирания троса меняются от 0 до 2 м/с.

[2]Скорости выбирания троса при минимальном натяжении. При максимальном натяжении скорости выбирания троса меняются от 0.6 до 1.75 м/с.

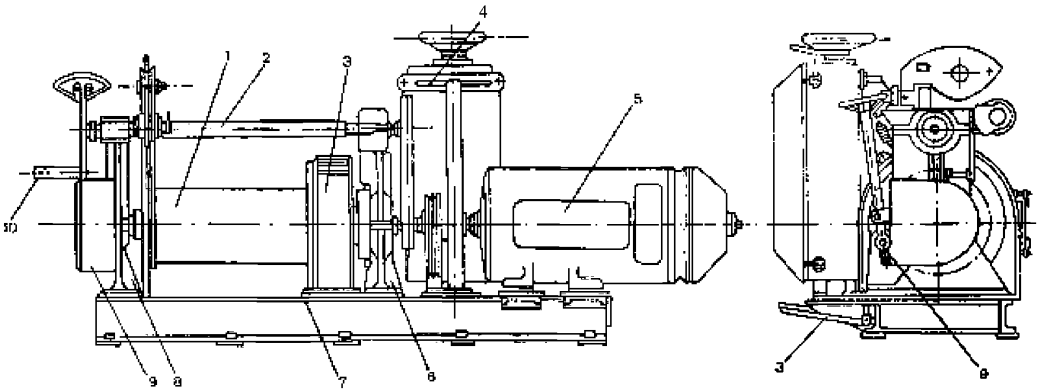


Рис. 6.75 Лебедка ЛЭРОК

1 — барабан с редуктором, *2* — тросоукладывающий механизм, 3 — ножной ленточный тормоз, *4* — кулачковый контроллер, 5 — электромотор, *6* — стойки, 7 — фундаментальная рама, *8* — стойка, 9 — ручной ленточный тормоз, *10* — рукоятка.

Конструкция ЛЭРОК позволяет разобщать тросовый барабан с электромотором освобождением тормозного шкива и наоборот. При необходимости приборы можно опускать под действием собственного веса, не включая электромотор.

У лебедки имеется ручной аварийный привод (на рисунке он не показан), которым через цепную передачу осуществляется вращение барабана. При работе электродвигателя цепь ручного привода должна быть снята.

Таблица 6.25

Основные технические характеристики

	ЛЭРОК-1,2	**ЛЭРОК-05**
Емкость барабана, м (при тросе диаметром 3,0; 4,0; 5,1 мм)	12 500	4 500
Нагрузка, кг:		
максимальная	1 200	500
рабочая	1 000	300
Мощность электродвигателя, кВт	35	11.5
Скорость выбирания, м/с:		
при нагрузке 1200 кг	1.75	
при нагрузке 225 кг	4.5	4.5
Размеры, мм:		
длина	2 810	—
ширина	1 200	1 200
высота	1 270	1 270
Масса лебедки с электрооборудованием, кг	2 060	—

Заводом-изготовителем в комплекте прилагается описание и инструкция по обслуживанию лебедки ЛЭРОК.

6.9.2 Установка и размещение лебедок на палубе, уход за ними

Установка лебедок как ручных, так и с электромеханическими приводами на исследовательских судах старой постройки производится на открытых палубах вблизи бортов судна.

Положение лебедок на палубе должно отвечать следующим условиям:

1) прочность крепления лебедки должна превышать в десятикратном размере максимальную нагрузку на лебедки;

2) тросовый барабан лебедки своей серединой должен располагаться против центра откидной площадки или среднего положения блока на кран-балке;

3) между лебедкой и фальшбортом судна расстояние должно быть не менее 0,6 м, что обеспечивает свободный проход наблюдателя к рабочему месту с приборами;

4) пульт управления (контроллер, паровые или гидравлические клапана и т. п.) должен быть расположен таким образом, чтобы наблюдатель имел в поле зрения забортное пространство, блок-счетчик лебедки и мог действовать педалью ножного тормоза.

Размещение лебедок на палубах судна выполняется в зависимости от устройства палуб и необходимого числа лебедок для обеспечения работ, для которых предназначено судно. Лебедки должны размещаться на палубе, свободной от перекрытий, тентов, тросовых оттяжек и других палубных устройств. По возможности лебедки устанавливаются ближе к срединной части судна, соблюдая наибольшее возможное удаление от носового и кормового подзоров судна. Между лебедками одного борта расстояние должно быть не менее 10 метров, что позволит работать лебедками одновременно. Около каждой лебедки устанавливаются кран-балки, и на высокобортных судах откидная площадка. Особое внимание должно быть обращено на установку светильников для освещения циферблатов счетчиков и окололебедочного забортного пространства. Для этого кроме плафонных светильников для освещения палубы должны быть установлены прожекторы забортного освещения.

Рабочие площадки на высокобортных судах, как правило, устанавливаются против барабана лебедки и делаются откидными с леерным ограждением или ограждением из металлических труб. В рабочем положении площадка крепится жестко, с тем, чтобы ударом волны ее не подняло вверх. Вблизи от лебедок устанавливаются стойки для батометров, вертушек или других приборов, предназначенных для работы на той или иной лебедке. Подступы к контроллерам лебедок и рабочим площадкам должны быть свободными и легкодоступными. Палуба около лебедок и стоек для приборов всегда должна содержаться в чистоте. В штормовую погоду и при сильных осадках места подходов должны быть посыпаны песком.

Для обеспечения исправной работы лебедок необходимо систематически производить смазку направляющих тросоукладчика, следить за свободным проворачиванием шкивов блоков, износом кипов блоков, свободным ходом рукояток, винтов и педалей тормозов; при обнаружении неисправностей в отдельных узлах лебедок — вызывать судового механика, ответственного за исправную работу палубных механизмов.

Для смазки редуктора (коробки передач) могут применяться масла АКП-10 (автол-10) ГОСТ 1862-60, цилиндровое-11 (цилиндровое-2) ГОСТ 1841—51, авиационное МС-20 ГОСТ 1013-49. При низких температурах применяется масло АКП-6 (автол-6) ГОСТ 1862—60.

Для заполнения тавотниц применяется солидол УС-3 ГОСТ 1033—51. При низких температурах применяется смазка (1—13) ГОСТ 1631—52.

На зимний период и на период длительной стоянки судна в ремонте лебедки должны быть законсервированы. Для этого необходимо промыть все детали и насухо протереть; все обработанные поверхности разобранных деталей покрыть ровным слоем технического вазелина или авиационного тавота.

При расконсервации необходимо все законсервированные детали очистить от смазки, промыть поверхности керосином и насухо протереть; на сухие поверхности нанести тонкий слой смазки, применяемой для смазки лебедок во время их эксплуатации.

Профилактический ремонт, уход за электрооборудованием, гидравлическими приводами, редукторами и другие регламентные работы осуществляются силами электромеханической службы судна.

6.9.3 Устройства для вывода троса за борт

Для измерения длины вытравленного троса применяется блок-счетчик, через который пропускается трос с подвешенными к нему приборами.

При опускании приборов блок-счетчик подвешивается к судовой шлюп-балке, кран-балке или выстрелу, которые служат для вывода троса за борт.

Шлюп-балка представляет собой кованый или трубчатый стальной брус, изогнутый в верхней части. Для подвешивания блок-счетчика к шлюпбалке на конец ее укрепляют хомутик с достаточно массивным ушком, чтобы с многократным запасом выдержать вес счетчика и поднимаемой из воды серии приборов. Кроме того, на шлюп-балку надевают еще один хомутик с ушками, направленными в сторону носа и кормы судна. К этим ушкам крепят оттяжки, которыми регулируется направление шлюпбалки, а вместе с ней и блок-счетчика относительно лебедки. Когда пользование имеющимися судовыми шлюп-балками представляется неудобным, применяют специальные кран-балки.

Кран-балка состоит из изогнутой трубы и подставки, которая прикрепляется нижним фланцем болтами к палубе судна. Кран-балку устанавливают во втулке подставки. На кран-балке и на подставке укреплены фланцы с отверстиями. Кран-балку можно закреплять в горизонтальном направлении под любым углом к борту при помощи штыря, который вставляют в отверстия подвижного и неподвижного фланцев. К концу кран-балки подвешивают блок-счетчик.

Перед началом работ проверяют, поворачивается ли кран-балка без значительных усилий. Если поворот кран-балки связан с затратой значительных усилий, то следует смазать ее трущиеся части жидким маслом (автолом) и расходить ее. Применяются также кран-балки с червячной передачей. Повороты этих кран-балок осуществляют с помощью бесконечного винта. Шестерню и винт следует смазывать густым маслом (тавотом, солидолом).

Выстрел. При необходимости вывести приборы на далекое расстояние от борта судна в отдельных случаях применяется т.н. выстрел.

Общий вид выстрела показан на Рис. 6.76. Он состоит из стальной трубы 4 длиной 3м и диаметром 40 мм, один конец которой крепится при помощи массивного болта 5 к планширу борта судна. Выстрел может быть повернут вокруг оси болта под любым углом к борту судна. На другом конце выстрела вмонтирован блок 3, через который проходит трос. К концу выстрела приварены три скобы 2, к ним прикреплены оттяжки. Две оттяжки расположены в горизонтальной плоскости, концы их крепятся к планширу. Третья оттяжка 1 расположена в вертикальной плоскости, конец ее крепится к кран-балке. Оттяжка 1 служит для удержания выстрела в горизонтальной плоскости.

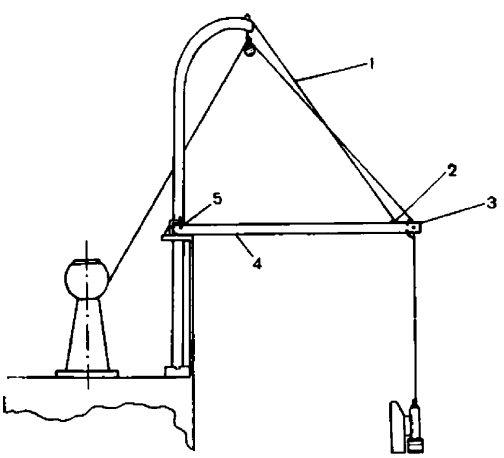


Рис. 6.76 Выстрел
1 — оттяжки, *2* —скобы, *3*— блок, *4* — труба, 5— болт.

Выстрел в нерабочем положении располагается на планшире фальшборта и не мешает швартовке судна. В рабочем положении выстрел надежно крепится горизонтальными оттяжками в любом нужном направлении. Выстрел при помощи горизонтальных оттяжек можно подвести к борту для подвески или снятия приборов.

Стальные тросы

Стальные тросы обладают высокой прочностью, долговечностью и имеют сравнительно невысокую стоимость. Основными их недостатками являются подверженность коррозии, особенно проявляющаяся в такой агрессивной среде, как морская вода, и большая масса, что ограничивает область их применения. В современной практике стальные канаты очень часто применяют для набора той части буйрепа АБС, которая лежит в поверхностном слое воды, с целью предотвращения от повреждений, наносимых отдельными представителями фауны.

Канаты изготавливаются как из углеродистой, так и нержавеющей стали, причем последние значительно дороже. Канаты из углеродистой стали, для повышения устойчивости против коррозии, обычно пропитываются специальной смазкой, которая под нагрузкой выжимается из троса, и создает определенные неудобства при эксплуатации.

Цинковое покрытие проволоки, предохраняющее трос от ржавления, бывает трех групп: для легких условий работы — ЛС; для средних условий работы — СС; для жестких условий работы и в морской воде — ЖС. Проволока вырабатывается трех марок: В, I и II. Калышки по конструкции стальные тросы делятся на три типа: одинарной, двойной и тройной свивки.

Конструктивно канаты состоят из проволок, которые свиты в пряди по семь или 19 штук. В некоторых конструкциях прядей между толстыми проволоками располагаются тонкие с целью более полного заполнения сечения. Пряди, в свою очередь, свивают вокруг сердечника (изготовленного из натурального или синтетического волокна или представляющего собой металлический трос малого диаметра). Канаты, в которых направления навивки проволок в прядях и навивки прядей вокруг сердечника противоположны (т.н. «крестовая» или «нормальная» завивка), являются канатами с компенсированным скручивающим моментом. Для более полной компенсации скручивания иногда применяют также противоположную навивку прядей, если последние располагаются в несколько слоев. Иногда стальные канаты покрывают синтетической оболочкой из полиуретана или полиэтилена.

Следует иметь в виду, что полностью избавиться от скручивающего момента не представляется возможным, вследствие чего все канаты имеют свойство образовывать перегибы («калышки»). Образование «калышек» с дальнейшим их затягиванием под нагрузкой (Рис.6.66) приводит к непригодности каната для использования и необходимости вырубать его часть с последующей заделкой разрыва с помощью сплесня.

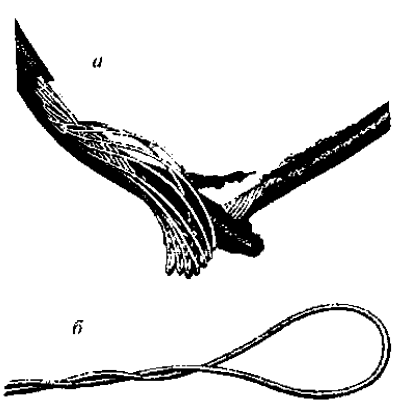


Рис. 6.77 Последствия образования «калышек» на металлическом тросе с полимерной оболочкой (а) и скручивание троса, приводящее к образованию «калышек» (б)

Стальные канаты под нагрузкой (особенно при первом погружении) вытягиваются в силу раскручивания прядей, причем удлинение это может достигать 4-5% от первоначальной

(паспортной) длины. Поэтому хорошей морской практикой является «обтягивание» троса перед началом работ – для этого его разматывают на необходимую длину с подвешенным грузом.

Номенклатура и технические характеристики наиболее часто употребляемых тросов приведены в Таблицах 6.26 и 6.27.

Таблица 6.26

Канат стальной двойной свивки типа ТК ГОСТ 3067-88

ГОСТ 3067-88 Трос буксировочный - канат стальной двойной свивки типа ТК

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм^2	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп. Н/мм^2 (кгс/мм^2)						Номер барабана	Количество метров на барабане
			1570(160)		1670(170)		1770(180)			
3.1	4.22	37.8	-	-	-	-	7440	5950	6	3000
3.4	5.10	45.7	-	-	-	-	8995	7195	6	3000
3.7	6.07	54.4	-	-	-	-	10700	8560	6	3000
4.3	8.26	74.1	-	-	-	-	14550	11600	6	3000
4.6	9.47	85.0	14800	11800	15750	12600	16700	13350	6	3000
5.2	12.15	109.0	19050	15200	20200	16150	21400	17100	7	2000
5.8	15.17	136.5	23750	19000	25250	20200	26750	21400	7	2000
6.2	16.95	152.0	26550	21200	28200	22550	29850	23850	7	2000
7.6	26.41	237.0	41400	33100	43950	35150	46550	37200	7	1000
8.4	31.92	286.5	50050	40000	53150	42500	56300	45000	7	1000
9.2	37.94	340.0	59450	47550	63200	50550	66900	53500	7	1000
9.9	44.50	399.5	69750	55800	74100	59250	78450	62750	7	1000
10.5	51.80	465.0	81200	64950	86250	69000	91350	73050	7	1000

Примечание: канаты могут быть изготовлены из оцинкованной проволоки.

Маркировочная группа оцинкованных канатов согласовывается с потребителем при оформлении заказа.

Таблица 6.27

Канат стальной двойной свивки типа ЛК-О ГОСТ 3066-80

ГОСТ 3066-80 Канат стальной судовой двойной свивки типа ЛК-О для неподвижного такелажа (без покрытия)

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм^2	Масса 1000 м каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок/разрывное усилие каната в целом (Н) для маркировочных групп, Н/мм^2 (кгс/мм^2)						Номер барабана	Количество метров на барабане
			1570(160)		1670(170)		1770(180)			
1.9	1.58	14.3	-	-	-	-	2785	2095	5	5000
2.0	1.91	17.3	-	-	-	-	3365	2850	5	5000
2.2	2.27	20.6	-	-	-	-	4000	3390	5	5000
2.4	2.66	24.2	-	-	-	-	4690	3975	5	3000
2.6	3.08	28.0	-	-	-	-	5430	4605	5	3000
2.8	3.53	32.0	5535	4690	5880	4995	6225	5280	5	3000
3.1	4.53	41.1	7100	6025	7545	6405	7990	6780	5	3000
3.5	5.64	51.2	8840	7505	9395	7985	9945	8445	6	3000
3.8	6.39	58.0	10000	8495	10600	9035	11250	9570	6	3000

4.2	8.05	72.0	12600	10650	13400	11350	14200	12000	6	3000
4.6	9.91	90.0	15500	13150	16500	13950	17450	14400	6	3000
5.6	14.20	129.0	22250	18850	23650	20000	25000	20650	7	2000
6.4	19.25	175.0	30150	26600	32050	27150	33950	28050	7	2000
7.4	25.08	228.0	39300	33350	41750	35450	44200	36550	7	2000
8.2	31.66	288.0	49650	42150	52750	44800	55850	46200	7	1000
9.2	39.64	360.0	62150	32750	66000	56050	69900	58000	7	1000
10.0	47.83	435.0	74950	63700	79650	67700	83350	69950	7	1000
11.0	56.79	516.0	89000	75650	94600	80350	100000	82700	10.5	1000
12.0	66.52	604.0	104000	88250	110500	94100	117000	96850	10.5	1000; 2000
13.0	77.02	699.0	120500	102000	128000	108000	135500	112000	10.5	1000; 2000
14.0	88.30	802.0	138000	117000	147000	124500	15:>500	128000	10.5	1000; 2000
15.0	100.33	911.0	157000	133000	167000	141500	176500	146000	11	1000; 2000
15.5	113.14	1030.0	177000	150000	188000	159500	199500	164500	11	1000; 2000
16.5	126.72	1150.0	198500	168500	211000	178500	233500	184500	12	1000
18.5	158.55	1441.0	248500	210500	264000	224000	279500	231500	12	1000
20.0	191.32	1739.0	299500	254500	318500	270000	337000	279500	11	1000
22.0	227.17	2065.0	356000	302000	378000	321000	4005 00	332000	11	1000
24.0	266.09	2420.0	417000	354000	443000	376000	469000	387500	12	1000
26.0	308.1	2800.0	483000	410000	513000	435500	-	-	13	1000
27.5	353.18	3210.0	553500	470000	588000	499500	-	-	15	1000

Примечание: канаты могут быть изготовлены из оцинкованной проволоки. Маркировочная группа оцинкованных канатов согласовывается с потребителем при оформлении заказа.

Расчет прочности тросов проводится по формуле:

$$A \geq kP,$$

где A– разрывное усилие троса, кг; P– суммарная рабочая нагрузка на трос, кг; k– коэффициент запаса прочности.

В океанографической практике коэффициент запаса прочности принимается обычно равным 2–5, так как при работе приходится считаться с возможностью неожиданных перегрузок троса на качке, при задевании тросом грунта и т. п. Запас прочности обеспечивает долговечность троса, допуская некоторый износ его.

Зная массу единицы длины троса и его разрывное усилие, можно рассчитать предельную длину троса, при которой он еще не разрывается под действием собственной тяжести (разрывающую длину троса). При расчете разрывающей длины троса следует иметь в виду, что вес троса, приведенный в таблицах ГОСТа, дается для воздуха; поэтому необходимо учесть потерю его веса в воде по закону Архимеда и уменьшить вес троса по сравнению со значениями, приводимыми в таблицах, на 12.8%.

По разрывающей длине троса легко рассчитать предельный вес того груза, который можно опустить на тросе на заданную глубину (концевую нагрузку). Концевая нагрузка выражается весом отрезка троса, равного разности между его разрывающей длиной и заданной глубиной погружения груза.

Рабочую нагрузку P можно принять равной:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + \ldots,$$

где P_1– вес поднимаемого тросом груза (в воде); P_2– собственный вес вытравленной части троса в воде, кг; P_3– трение троса и подвешенных к нему приборов и концевого груза о воду при наибольшей допустимой скорости подъема, кг; P_4– увеличение нагрузки при качке; P_5– натяжение троса, создающееся при дрейфе судна (или при течении) при наибольшем допустимом угле наклона троса, кг.

При расчете троса необходимо учитывать ослабление троса при проводке его через блоки и при намотке на барабаны. Ослабление троса объясняется тем, что пропущенные через блоки тросы

изгибаются, в результате чего проволоки на наружной стороне троса работают с излишним растяжением, а прижатые к блоку проволоки сжаты и деформированы.

Если трос при работе проходит не через один, а через несколько блоков или барабанов, общее натяжение троса следует соответствующим образом увеличить, так как из-за трения в подшипниках блоков и изгибания троса некоторая часть усилия, прилагаемого к тросу для преодоления его натяжения, теряется. Трос благодаря этому напрягается сильнее. Увеличение нагрузки принимается обратно пропорциональным коэффициенту полезного действия блочных передач: для двухблочной системы этот коэффициент принимается равным 0.96; для трехблочной – 0.92; для четырехблочной – 0.89.

Ступенчатые тросы. Нагрузка всякого троса возрастает по мере увеличения длины вытравленной его части. Поэтому в длинных тросах вес сильно возрастает и становится равным или превосходит полезную нагрузку. Возникает необходимость увеличивать сечение троса, отчего он становится тяжелым. Поэтому выгоднее применять тросы переменного сечения, уменьшающиеся от верхнего конца к нижнему таким образом, чтобы при вертикальном положении троса напряжение во всех сечениях его было постоянно. Чтобы трос удовлетворял этому условию, сечение его должно меняться по логарифмическому закону, требующему постепенного изменения сечения проволок в тросе. Для удовлетворения этому условию применяются ступенчатые наборы, т. е. тросы, состоящие из нескольких кусков различного диаметра.

Длина отдельных ступеней этого троса вычисляется следующим образом. Расчет начинают с нижней ступени. Длину ее вычисляют по формуле:

$$l_1 = \frac{A_1 - kP}{k\alpha_1}$$

где l_1– длина нижней (первой) ступени, м; A_1– разрывная прочность этой части троса, кг; P – суммарная нагрузка на конце троса (вес цепи, вертлюга, якоря и т. п.), кг; k – коэффициент запаса прочности троса; α_i– вес одного погонного метра троса, кг.

Длина l_2 следующей (второй) ступени вычисляется по формуле:

$$l_2 = \frac{A_2 - k(P + \alpha_1 l_1)}{k\alpha_2}$$

Сращивание металлических тросов. Отдельные концы (куски, отрезки) тросов соединяют между собой сплеснями. Длина сплесня должна быть не менее стократного диаметра сращиваемого троса. Сплесень не должен мешать прохождению троса через блок и свободному падению посыльного груза.

Для большей прочности и защиты от выступающих концов проволок на концы сплесней накладывают марки из провощенной парусной нитки. При длинном сплесне марки накладывают в нескольких местах.

Выбор троса. Для океанографических работ наиболее часто употребляются тросы правой крестовой свивки, всегда сделанные из оцинкованной проволоки высшей марки для жестких условий работы. При выборе металлического троса нельзя придерживаться какого-либо одного стандарта, приходится учитывать нагрузку на трос, глубину станций, условия, при которых протекает работа (волнение облегчает образование калышек и увеличивает нагрузку вследствие вызываемых им рывков; работа во льдах требует более толстых тросов, ввиду возможности их механического повреждения), конструкцию барабана лебедки, систему замка и зажима у прибора.

Для опускания серий батометров и приборов соответствующей массы на большие глубины применяют трос диаметром от 3.4 до 6.0 мм.

Малые трубки для взятия проб грунта и дночерпатели при глубинах до 3 км можно опускать, пользуясь тросом диаметром 3 – 4 мм, при глубинах более 3 км диаметр троса должен быть 5 мм и более.

Большие грунтовые трубки, драги и большие дночерпатели опускают на тросе диаметром 6 – 8 мм.

Судовые драги и тралы опускают на стальном мягком тросе диаметром 8 – 13 мм.

При постановках буйковых станций пользуются тросами диаметром 4.8 – 10 мм.

Намотка троса на барабан лебедки. Если трос хранится намотанным на катушку, то намотку производят с натяжением при одновременном вращении катушки вокруг своей оси; катушку тормозят, чтобы сматывание троса не опережало его намотку, в противном случае трос может запутаться и образовать при опускании приборов на глубину петли и калышки. Если трос хранится свернутым в бухту, то при перемотке на барабан лебедки, бухту надевают на деревянный конус или крестовину со штырями, вращающиеся вокруг вертикальной оси; при этом сматываемый конец должен находиться внизу бухты. Трос наматывают на барабан лебедки плавными и ровными рядами. При многослойной намотке трос укладывают плотно, чтобы последующие ряды его не проваливались в промежутки предыдущих.

Трос наматывают на барабан таким образом, чтобы ходовой конец его выходил к блок-счетчику из-под барабана, и при подъеме приборов из воды при помощи ручных лебедок рукоятку вращают по часовой стрелке (от себя). При неправильной намотке троса ручку приходится вращать на себя, что очень утяжеляет работу и связано с постоянными ошибками при торможении — ручку начинают нажимать не в ту сторону.

Наибольшую опасность представляет соскакивание троса с барабана, так как при этом он легко может попасть в зубья шестерни лебедки, или быть зажатым в пазы между валом барабана и дисками. При этом трос мнется, сплющивается, на нем образуются углы и калышки, что делает весь трос негодным к употреблению или требует удаления поврежденной части.

Чтобы избежать соскакивания троса, надо наматывать на барабан такое его количество, которое оставляло бы от края щек запас не меньше 3 см.

При работе с лебедкой основное внимание должно быть обращено на равномерность сбегания троса с барабана. Неравномерность сбегания троса вызывается главным образом недостаточной отрегулированностью тормозного устройства и неравномерной укладкой троса на барабане.

При неправильно установленной лебедке, когда направление троса между счетчиком и лебедкой не перпендикулярно оси барабана, трос при выбирании, в особенности при отсутствии направляющего приспособления, будет прижиматься к одной из щек барабана. Когда излишек с одной стороны окажется слишком большим, отдельные витки троса будут соскакивать в противоположную сторону и, образуя слабину с изгибами и небольшими петлями, будут зажиматься тросом, выходящим из воды и натянутым весом приборов. При последующем вытравливании витки (шлаги) троса будут соскакивать все чаще, и при этом один соскочивший шлаг будет цепляться за другой и спутываться с ним, отчего неизбежно появятся калышки.

Коренной конец троса должен быть намертво прикреплен к барабану, в противном случае всегда будет существовать угроза потери троса с приборами. Для этого в одной из щек барабана должны иметься специальные отверстия, через которые пропускается коренной конец и завязывается узлом с внутренней стороны. Если отверстий нет, то необходимо их сделать, но не крепить коренной конец троса, обернув его просто вокруг оси барабана и связав после этого узлом. При быстром вытравливании троса последний легко может лопнуть в узле при резком рывке от мгновенной остановки. Разрыв этот облегчается тем, что стальной трос, как бы тщательно за ним не ухаживали, все же ржавеет; на коренном конце, который проветривается и вытирается очень редко, ржавчина разъест металл и ослабит его быстрее и сильнее, чем у ходового конца. Поэтому надо взять за правило — никогда не стравливать трос до конца, надо, чтобы на барабане обязательно оставалось не менее 8—10 шлагов.

При применении нового троса, не бывшего в употреблении, рекомендуется после наматывания на барабан лебедки произвести оттяжку троса, вытравив его на большой глубине за борт и вновь намотав, целесообразно также прогнать трос по всей его длине через счетные и направляющие блоки при нагрузке 50% и пониженной скорости, постепенно увеличивая их до нормальных пределов, что дает возможность выровнять трос и приспособить к условиям работы.

Уход за тросами и их хранение. Металлические тросы в особом уходе не нуждаются. До намотки тросы должны храниться на деревянных барабанах или металлических катушках в сухом закрытом помещении, чтобы предохранить их от преждевременного ржавления.

При необходимости снятия смазки с троса можно рекомендовать прогрев барабана с тросом перегретым паром с температурой 110—115°С. Смазка стекает с троса в поддон.

При длительных перерывах в работе, трос на барабанах лебедок смазывается жидким маслом (автол, авиамасло). Промывка тросов пресной водой не дает никакого положительного результата,

так как после первого опускания троса морская вода проникает между прядями и проволоками. Из-за этого процесс ржавления троса промывкой и смазкой приостановить невозможно. При обнаружении перержавевших проволок необходимо трос (или участок троса) заменить новым, особенно на лебедках, предназначенных для работы глубоководными сериями. Своевременная замена ржавого и изношенного троса на новый является условием сохранности дорогостоящих приборов.

Трос, предназначенный для постановки буйковых станций, снятия консервационной смазки не требует. Основными мерами ухода за ним является сохранение обильной смазки по всей длине троса, своевременное обнаружение калышек и порванных прядей. Участки троса с калышками и перетертыми или порванными прядями вырубаются, а концы тросов, пригодные к работе, сращиваются.

При перемотке тросов, бывших в работе, с одной лебедки на другую или с барабана лебедки на катушки, необходимо следить, чтобы трос был под постоянным натяжением. Перемотка тросов со слабиной может привести к преждевременной порче троса, так как в местах слабины образуются калышки.

Огоны на концах троса, предназначенные для крепления концевых грузов, вертушек, батитермографов и т. п., необходимо обновлять не реже, чем раз в месяц, так как в местах постоянного соприкосновения трос перегорает очень быстро, хотя внешних признаков разрушения троса не видно.

6.9.5 Растительные тросы

Характеристики растительных тросов. В зависимости от материала, из которого они изготовлены, растительные тросы бывают пеньковые бельные (несмоленые), пеньковые смоленые, манильские, кокосовые и сизальские. Перечисленные типы тросов характеризуются следующими основными свойствами.

Пеньковый несмоленый трос наиболее прочен на разрыв, но быстро намокает и тонет. Поэтому при употреблении его в качестве линя для привязных поплавков, к нему во многих местах привязывают пробковые или деревянные поплавки. Несмоленый пеньковый трос должен иметь серо-зеленый цвет и не обладать затхлым запахом или запахом гари. Бурый цвет или темные пятна свидетельствуют о недоброкачественности троса.

Пеньковый смоленый трос имеет разрывную крепость на 25% меньше, чем несмоленый, не намокает, от сырости вытягивается значительно меньше, чем все остальные сорта; однако он тяжел и негибок. Смоленый трос должен иметь блеск; цвет его однородный, буро-коричневый. Если трос становится матовым, то это означает, что он лежалый и, следовательно, уже мало пригоден для работы. Чрезмерная осмолка также является недостатком. Трос должен иметь свежесмолистый запах, лежалый трос обладает неприятным запахом, а при изгибании издает характерный треск.

Пеньковые тросы, как несмоленые, так и смоленые, по прочности подразделяются на следующие: 1) особого назначения, 2) специальные, 3) повышенные, 4) нормальные. Наиболее прочны на разрыв тросы особого назначения, наименее прочны нормальные тросы.

Манильский трос изготавливается из волокна, получаемого из стеблей бананов. Он отличается гибкостью, легкостью, плавает в воде и мало намокает. Цвет его золотисто-коричневый.

Сизальский трос изготавливается из волокон агавы. Он несколько слабее манильского. Цвет его светло-желтый. Манильские и сизальские тросы в зависимости от степени прочности подразделяются на повышенные и нормальные. Повышенные тросы прочнее нормальных.

Кокосовый трос изготавливается из волокон кокосовых пальм. Очень легок, плавает в воде, сильно вытягивается, значительно менее прочен, чем другие сорта (примерно в четыре раза менее смоленого пенькового троса).

Растительные тросы изготавливаются следующим образом: из волокон прядут слева направо (по часовой стрелке) каболки, которые свивают (спускают) справа налево в пряди; последние, в свою очередь, свивают слева направо в трос. Свитый таким образом трос называется тросом прямого спуска или тросовой работы. Иногда трос свивают не из прядей, а из готовых тонких тросов прямого спуска (стренги), которые свивают справа налево. Полученные таким образом

тросы называют тросами кабельной работы (кабельного спуска). В некоторых случаях каболки, пряди и сам трос свивают в обратную сторону, начиная вить каболки справа налево. Такой трос называют тросом обратного спуска.

По числу прядей тросы бывают трехпрядные, четырехпрядные и пятипрядные. Так как внутри четырех- и пятипрядного тросов образуется пустота, то для заполнения ее эти тросы плетутся вокруг сердечника.

Применяются также плетеные тросы, последние состоят из одной свитой пряди, покрытой оплеткой.

Уход за растительными тросами. Растительные тросы отпускаются со складов в бухтах концами по 200 м. Лини (тросы тоньше 25 мм по окружности) — мотками по 100 м.

Чтобы распустить бухту нового троса, ее кладут на палубу боком, снимают вязки, продевают внутренний конец через бухту и распускают, наблюдая, чтобы шлаги (витки) не сбивались.

Все тросы укладывают в бухте с коренной (закрепленной), а не с ходовой их части. Тросы тросовой работы сворачивают обычно в бухты по часовой стрелке. Тросы кабельной работы — против часовой стрелки. Если свернутую таким образом бухту перевернуть и начать травить трос, то он не образует калышек (петель).

Тросы следует беречь от сырости, копоти, от масел, и кислот. Если трос запачкан илом, маслом или покрыт слоем копоти, то его тщательно промывают пресной водой, а затем просушивают, подвешивая или раскладывая в длинные бухты.

Трос, намокший в соленой воде, промывают пресной водой, после чего тщательно просушивают, так как кристаллы соли делают его гигроскопичным.

В дождливую погоду трос следует закрывать, а в сухую — просушивать и проветривать, развешивая на палубе.

На судне лини хранят на специальных деревянных вьюшках или в подвешенных бухтах. Более толстые тросы укладывают на палубе на деревянные решетки или банкетки, чтобы трос не намокал снизу и не гнил.

На складах все растительные тросы хранятся в сухих и хорошо проветриваемых помещениях.

6.9.6 Синтетические тросы

Синтетические тросы изготавливают из нейлона (плотность 1.14), дакрона (плотность 1.38), полипропилена (плотность 0.92) и других материалов. Эти тросы не подвержены гниению и коррозии, обладают малой плотностью, сравнимой с плотностью морской воды, и потому не создают дополнительных нагрузок при наборе такелажа, например, для АБС.

Изготавливают тросы, сплетенные из прядей, подобно стальным канатам, и тросы тонкой оплетки (фалы), составленные из большого числа тонких нитей, скрученных поровну в левую и правую сторону.

Синтетические тросы гибки, не боятся гниения, масел, мало намокают. Следует учитывать, что на синтетические тросы отрицательно действует солнечная радиация, под влиянием которой прочность тросов уменьшается поэтому хранить их необходимо в светонепроницаемых чехлах или в темном помещении.

Недостатком синтетических тросов является низкая прочность на разрыв, втрое-вчетверо худшая, чем у стальных канатов. Учитывая все же, что плотность материалов, используемых для изготовления синтетических тросов, намного меньше плотности стали, а у некоторых из них (полипропиленовых, в частности), даже меньше плотности воды (полипропиленовые канаты имеют положительную плавучесть), следует признать, что применение таких тросов большого диаметра трудностей не представляет. Другим, и, видимо, очень существенным недостатком, является низкая устойчивость синтетических тросов по отношению к истиранию. Поэтому при использовании последних для набора АБМ желательно, чтобы никакие металлические детали не имели возможности трения о синтетический трос. Для этого применяют специальные способы заделки концов, например, с помощью традиционных металлических коушей.

Другая проблема состоит в том, что синтетические тросы легко режутся, и потому подвержены разрушительным нападениям морской фауны. С целью противодействия этому, как

уже отмечалось выше, верхнюю часть наборов буйрепа рекомендуется выполнять из стальных тросов.

Синтетические тросы допускают вязание узлов для соединения участков троса, при этом, однако, следует иметь в виду, что трос в месте узлового соединения может ослабляться на 50-75% от паспортной прочности, поэтому качеству узлов должно уделяться первостепенное внимание.

Синтетические тросы подвержены растяжению под нагрузкой, которое может достигать 10% первоначальной длины. Частично это растяжение имеет обратимый характер, что затрудняет точное определение необходимой для той или иной цели длины синтетического троса. Широкое распространение в настоящее время получили тросы из полиамидного волокна *кевлар* (этот материал применяется также для изготовления бронежилетов, из-за своей исключительной прочности). Кевларовые тросы достаточно дороги, по сравнению с другими, однако прочность их сравнима с прочностью стальных тросов при значительно меньшей плотности (вес кевларового троса составляет в воде всего 29% от его веса в воздухе, плотность кевлара равна 1.41). Они имеют минимальное растяжение под нагрузкой. Кроме дороговизны, существенным недостатком кевларовых тросов является недопустимость приложения нагрузок «на излом», при воздействии которых прочность тросов значительно снижается. В связи с указанным, кевларовые тросы не допускают вязания узлов, склонны к образованию «калышек» и требуют применения специальных заделок концов (Рис. 6.78).



Рис. 6.78 Заделка конца синтетического троса с коушем

Еще одним их недостатком является сравнительно малый срок службы. Так, после двух постановок АБС общей продолжительностью 8-10 месяцев, прочность кевларового троса снижается на 50% .

В последние годы на рынке появилось синтетическое волокно Dyneema (ультравысокомолекулярный полиэтилен), не уступающее по механическим свойствам кевлару, но обладающее рядом преимуществ, из которых можно указать прежде всего низкую плотность (0.95). Трос из этого материала обладает нулевой или даже небольшой положительной плавучестью при прочности, не уступающей стальным тросам.

Уход за синтетическими тросами почти такой же, как и за растительными. Синтетические тросы не боятся гниения, поэтому их можно хранить и в сыром помещении и не обязательно просушивать. Для предохранения от действия солнечной радиации их нужно хранить в светонепроницаемых чехлах или в темном помещении.

6.9.7 Кабель-тросы

Кабель-тросы применяют в случаях, когда необходима передача данных от океанографического прибора, находящегося на глубине, к пункту сбора данных, на судно или на поверхностный буй. По кабель-тросу также подается питание на зондирующие приборы.

Наиболее часто употребляемые кабель-тросы представляют собой, с электрической точки зрения, коаксиальный кабель с определенным волновым сопротивлением (чаще всего 75 или 50 Ом), и отличаются от обычного коаксиального кабеля тем, что внешняя оплетка (экран) выполняется из высокопрочной оцинкованной (в целях защиты от коррозии) стальной проволоки. Для компенсации скручивающего момента такая оплетка выполняется в два слоя с противоположным направлением навивки в каждом слое. Для повышения равномерности расположения металла экрана вокруг центральной жилы и увеличения жесткости кабель-троса предварительная свивка проволок в пряди не применяется.

Например, кабель-трос рыбацкий (ТУ 14-4-41-71) имеет одну жилу, состоящую из 7 медных мягких проволок диаметром 0.3 мм. Изоляция — шелк толщиной 0.25 мм и полиэтилен высокой плотности толщиной 0.8 мм. Оплетка кабеля двухслойная, нераскручивающаяся из оцинкованных

проволок диаметром 0.8 мм; нижняя — левого направления из 12 проволок, верхняя — правого направления из 18 проволок. Вес 150 кг/км. Разрывное усилие 2000 кгс.

Кабель может эксплуатироваться в морской воде до глубины 3000 м. Сопротивление центральной жилы 40 Ом/км при 50 Гц до 500 В.

Существует множество типов многожильных кабель-тросов, которые представляют собой изолированные проводники, упрочненные оплеткой из стальных проволок. В последнее время выпускаются кабель-тросы, упрочненные кевларовыми нитями. Их преимущество – легкость и пониженная жесткость по сравнению с кабель-тросами, имеющими стальную оплетку.

Уход за кабель-тросами аналогичен уходу за обычными стальными тросами. Постоянный контроль за состоянием кабель-троса, с выявлением лопнувших проволок прядей и своевременным наложением марок из растительных каболок в соответствующих местах позволяет продлить срок службы рабочего набора. Особенное внимание на контроль за состоянием кабель-троса следует уделять при работах в тропических зонах Мирового океана и Средиземном море, поскольку интенсивные нагрузки в сочетании с высокими температурами в поверхностных слоях приводят к сильной коррозии и быстрому выходу кабель-троса из строя.

6.9.8 Такелаж

Такелажем называются конструкционные и соединительные элементы, применяемые для крепления приборов к тросам и кабель-тросам, соединения секций буйрепов АБС между собой, крепления приборов к буйрепу, закрепления буйрепа на буе и на грузе, и решения тому подобных задач. К их числу относятся соединительные звенья и скобы, вертлюги, в т.ч. шарикоподшипниковые, тросовые зажимы и т.п.

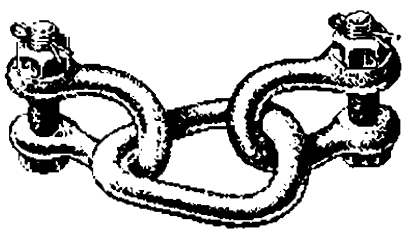


Рис. 6.79 Соединительные звенья и скобы

Такелажные скобы (Рис. 6.79) – приспособления, предназначенные для связки стальных канатов, тросов и прочих такелажных устройств. Для задач краткосрочных или постоянного значения используются: такелажная скоба с винтовыми штифтами или такелажная скоба с предохранительным контрящим болтом.

Тросовые зажимы (Рис. 6.80 а), б)) используются на соединениях типа проушина-петля или полная петля, на межконцевых соединениях, где сращивание (заделка) муфтой или сплеснивание невозможно, или требуется временное стыкование. Тросовые зажимы используются также для крепления плавучестей к буйрепу АБС.

Конструкция. Тросовые зажимы являются ковано-штампованными и имеют перемычки с выемками для точно подогнанного закрепления канатов; зажимы имеют основание из ковкого чугуна, без выемок. Покрытие электролитическое или полученное горячим оцинкованием, если не указано иное.

Рекомендации по использованию. Зажим должен устанавливаться на проволочный канат (трос) так, как это показано на рисунках. Перемычка зажима всегда должна располагаться на стороне каната, несущей нагрузку. U-образный болт зажима помещается на хвостовую часть каната, также называемую глухим (мертвым) концом. Нужно загнуть достаточно длинную часть каната, чтобы можно было разместить минимально необходимое число зажимов в соответствии с приводимыми далее инструкциями. Первый зажим должен размещаться на расстоянии одной

ширины перемычки от загнутого или глухого конца каната, как показано на Рис. 6.80. Затягивать гайки следует в соответствии с указанным моментом.

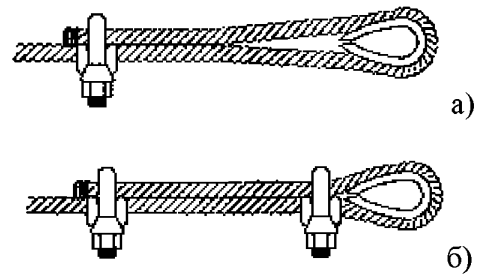


Рис. 6.80 Постановка тросовых зажимов

Второй зажим должен быть размещен непосредственно напротив серьги, но все же в таком положении, чтобы надлежащее затягивание зажима не повредило внешних прядей каната. Следует зажать гайки плотно, но еще не на весь указанный момент затяжки.

Последующие зажимы, если они необходимы, располагаются на канате между первым и вторым зажимами таким образом, чтобы их как минимум разделяло расстояние в одну ширину зажима и максимально в три ширины зажима. Слегка натянув канат, следует зажать все гайки равномерно, поочередно добиваясь указанного момента затяжки. При монтаже и перед тем, как канат будет взят в работу, гайки должны быть еще раз затянуты в соответствии с предписанным моментом. После первого приложения нагрузки величина момента затяжки должна быть вновь проверена и при необходимости скорректирована.

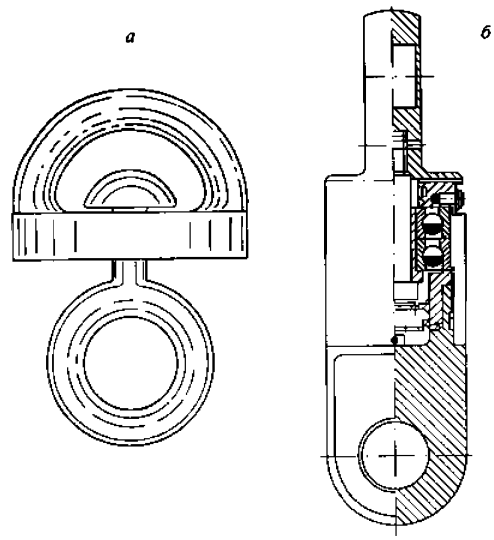


Рис. 6.81 Простейший вертлюг (а) и вертлюг на шариковых подшипниках (б).

Вертлюги (Рис.6.81) применяются для соединения отрезков буйрепа АБС и независимой подвески измерителей. Основное назначение – предотвращение скручивания троса или цепи и предотвращение лишних нагрузок на буйреп и обеспечение свободного вращения вокруг своей оси.

Материалом для изготовления такелажа служат углеродистая сталь с защитным покрытием, нержавеющая сталь и титан.

6.9.9 Размыкатели груза

Размыкатели груза предназначены для дистанционного отсоединения груза или якоря при подъеме АБС или донных станций на поверхность. Существует обширная практика постановки АБС с поверхностным буем без применения размыкателей. В этих случаях между основным

буйрепом и якорной системой обязательно применяется вставка «слабого звена» - отрезка набора из троса с минимально возможным сопротивлением на разрыв. Это позволяет избежать потери приборов в случае заиливания грузов на дне – разрыв происходит ниже основного буйрепа.

При использовании же получивших широкое распространение АБС с притопленными буями, применение размыкателей оказывается необходимым.

В настоящее время гидроакустические размыкатели (ГР) практически вытеснили размыкатели других типов (например, механические или таймерные), поэтому следует ориентироваться именно на указанный тип размыкателей.

ГР состоят из двух частей: гидроакустического канала приема-передачи управляющего сигнала и исполнительного механизма.

Гидроакустический канал. Простейшие типы ГР имеют частотный канал приема команд. В схеме такого ГР на выходе усилительного блока, принимающего сигналы с гидроакустической приемной антенны, устанавливается полосовой фильтр, который пропускает сигналы только определенной частоты и длительности. Рабочая частота обычно лежит в пределах единиц и первых десятков килогерц. Полоса фильтрации может быть сделана достаточно узкой (десятки Гц), что повышает помехоустойчивость и препятствует ложным срабатываниям. Для квитирования приема команды такой размыкатель часто снабжается блоком излучения сигнала на той же или другой частоте. Этот сигнал принимается судовым управляющим блоком как сигнал подтверждения и выполнения команды.

Недостатком такого чисто частотного канала является сравнительно невысокая помехоустойчивость (не исключена возможность ложного срабатывания), а также ограниченный набор управляющих команд. При использовании нескольких размыкателей в одном районе число их не может быть произвольным из-за ограниченного диапазона рабочих частот. Кроме того, затруднено использование таких размыкателей совместно с гидроакустическими средствами навигации из-за возможного перекрытия диапазонов.

В связи с распространением недорогих микропроцессоров появилась возможность простой реализации кодированного канала. При этом вероятность ложных срабатываний сводится практически к нулю, а количество управляющих команд может быть доведено до нескольких десятков. Исключается при этом также возможность ложных срабатываний из-за перекрытия диапазонов частот с другими гидроакустическими устройствами. Такие ГР могут дополнительно выполнять функции маяков-ответчиков, что является весьма важным при постановках АБС на длительный срок.

Исполнительные механизмы. Наиболее распространены исполнительные механизмы ГР следующих типов: соленоидные, электрохимические и движковые.

Соленоидные механизмы обеспечивают мгновенное исполнение команды на размыкание, однако отличаются сложностью конструкции и дороговизной.

Электрохимические механизмы используют эффект растворения тонкой фиксирующей проволочки в соленой воде под действием поданного на нее электрического напряжения (вторым электродом обычно служит корпус самого размыкателя). Такой механизм требует наличия достаточного резерва батарей питания, так как процесс электролиза протекает при больших токах. Срабатывание при этом происходит не сразу, а по истечении некоторого времени (вплоть до десятков минут) после подачи команды; кроме того, в виду чувствительности метода к условиям протекания реакции имеется большой разброс во времени срабатывания конкретного устройства.

В движковых механизмах используется небольшой электродвигатель, который высвобождает фиксирующий механизм ГР. Такие устройства достаточно просты по конструкции, однако отличаются большим потреблением энергии, малой мощностью и в силу этого ненадежностью в работе при обрастании и коррозии составных частей.

В качестве примера современных ГР рассмотрим «АГАР_МП» производства Опытно-конструкторского бюро океанологической техники РАН. Этот размыкатель рассчитан на работу до

глубин около 6000 м при дальности связи до 10 км. Он позволяет измерять наклонную дальность от судовой антенны до местоположения размыкателя, имеет 18-месячный ресурс по автономному источнику питания (батареи LR14 (sizeC)) и использует частотно-модулированную кодировку команд. Число одновременно используемых размыкателей может быть доведено до 90. Усилие на размыкательном механизме соленоидного типа - до 2 тс, вес размыкателя на воздухе – 12 кг, в воде – 10 кг, материал корпуса – титановый сплав [2].

Для сравнения приведем характеристики гидроакустического размыкателя «AR 661 DS» фирмы OceanoInstrumentsLtd. Рабочая глубина этого устройства – до 6000 м; дальность связи – до 10000 м; ресурс по источнику питания – 3 года (батареи LR20) вес на воздухе – 40 кг; вес в воде – 30 кг; материал корпуса – нержавеющая сталь; усилие на размыкательном механизме – до 5 тс.

6.9.10 Механические блок-счетчики

Как правило, глубины погружения современных средств измерения гидрофизических параметров, опускаемых на тросе, определяются с помощью встроенного датчика давления. В отдельных случаях, тем не менее, приходится пользоваться традиционным измерением длины вытравленного троса с учетом угла наклона его (длина вытравленного троса измеряется с помощью блок-счетчика).

Блок-счетчики - механические счетчики длины троса (одометры) сейчас устанавливаются почти на всех выпускаемых типах судовых лебедок в соответствующем месте. Это позволяет отсчитывать длину вытравливаемого или выбираемого троса в метрах и десятках метров (в футах и десятках футов). Счетчик может быть предустановлен, обнулен или выставлен на необходимое начальное значение глубины. Опишем стандартное устройство механического блок-счетчика на примере распространенного в практике забортных работ блок-счетчика типа 017.

Устройство блок-счетчика. Блок-счетчик 017 состоит из блока *3* (Рис. 6.82), вращающегося в шарикоподшипниках между двумя половинами корпуса 2. Для предотвращения проскальзывания троса в канавке, имеющейся на наружной окружности блока, служит прижимной ролик *6*, а сама канавка профилирована. Профиль ее рассчитан на тросы диаметром 3—5 мм. Для удобства закладки троса на блок у одной из щек блок-счетчика имеется откидная скоба *5*. В нее вмонтирован прижимной ролик *6*. Ось блока *3* имеет червячную нарезку. Она связана с системой зубчатых колес счетчика оборотов, имеющего три циферблата для отсчета единиц, десятков и сотен метров. Крепление стрелок счетчика основано на трении, что позволяет легко установить их на нули или на любое другое деление.

Для подвешивания блок-счетчика служит рым, укрепленный на вертлюге, что дает возможность блоку поворачиваться в горизонтальной плоскости.

Блок-счетчик МБС состоит из блока, вращающегося в шарикоподшипниках между двумя щеками. Тросовая канавка блока профилирована. Профиль ее рассчитан на трос диаметром 4—6 мм. Благодаря большим нагрузкам, обеспечивающим плотное прилегание троса в канавке шкива, прижимной ролик отсутствует. К одной из щек прикреплен счетчик с четырьмя циферблатами для отсчета единиц, десятков, сотен и тысяч метров; стрелки счетчика рукой легко устанавливаются на нуль. Вместо откидной скобы для удобства закладки троса на блок имеется откидная щеколда на щеке, противоположной той, на которой укреплен счетчик.

Поверка блок-счетчика* Перед началом работ блок-счетчик следует поверить, пропустив через него определенное, промеренное рулеткой, количество троса (100—200 м). При прохождении через блок-счетчик начала троса стрелки счетчика ставят на нуль. Затем находят показание блок-счетчика, соответствующее длине пропущенного через него троса. При наличии на судне двух лебедок поверку можно сделать, перематывая трос с одной лебедки на другую.

Отношение длины пропущенного через блок-счетчик троса к показаниям счетчика называется поправочным коэффициентом блок-счетчика *K:*

$$K = \frac{L}{m}, \qquad (6.1)$$

где L— длина пропущенного через блок-счетчик троса, m— показание блок-счетчика.

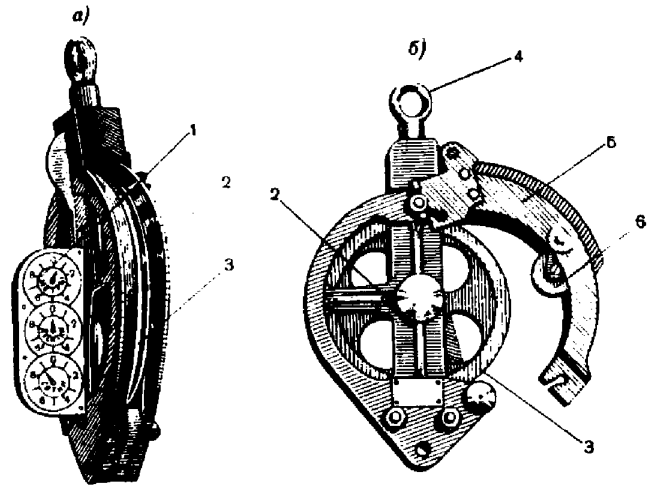


Рис. 6.82 Блок-счетчик 017

а — вид сбоку, *б* — вид сзади. *1* — счетчик оборотов, *2* — корпус, *3* — блок, *4* — рым, 5 — скоба, *6* — прижимной ролик.

Например, через блок-счетчик пропущено 100 м троса, показание блок-счетчика при этом оказалось 105 м. Поправочный коэффициент 0.95.

Для определения истинной длины троса следует показание блок-счетчика помножить на коэффициент блок-счетчика, т. е. вычислить его по формуле:

$$L = Km. \qquad (6.2)$$

При опускании приборов на глубины обычно требуется решать обратную задачу, т. е. определять, какие показания счетчика соответствуют заданной разности h глубин погружений приборов (разности двух стандартных горизонтов).

Показания счетчика m вычисляют по формуле:

$$m = \frac{L}{K} = \frac{h \sec \alpha}{K}, \qquad (6.3)$$

где α — угол наклона троса.

При частом пользовании блок-счетчиком рекомендуется составить и распечатать таблицу значений, вычисленных по формуле (6.3) для различных α, h и K, и пользоваться ею при опускании приборов.

Уход за блок-счетчиками. Счетчик необходимо держать в чистоте и следить за тем, чтобы он не заржавел и не покрывался зеленью. При работе необходимо следить за блок-счетчиком: не соскочил ли трос со шкива, хорошо ли вращается шкив, нет ли пропила желоба шкива, либо щеки.

После окончания каждого рейса блок-счетчик нужно хорошо промыть пресной водой и просушить. Промывать блок-счетчик керосином не рекомендуется, так как это влечет в последующем интенсивное окисление металла. Мыть керосином можно только отдельные блоки, когда счетчик разобран и есть возможность вымыть детали горячей водой, насухо протереть и смазать маслом. Смазку производят легкими маслами, не густеющими при низких температурах. При отрицательных температурах счетчик смазывать маслом нельзя. Если он был до этого смазан, то смазку надо тщательно удалить. При сильном морозе трущиеся части рекомендуется смазывать графитной смазкой, но так, чтобы она ни в коем случае не попадала на кип шкива.

Необходимо внимательно следить за стрелками счетчика, своевременно устраняя слабину на осях и возможное трение стрелок о циферблат, так как это может вызвать большие ошибки в показаниях счетчика. Блок-счетчик следует брать только за рым или щеки, но не за счетчик.

Особое внимание следует обращать уходу за шариковыми подшипниками блок-счетчиков. Во время работы, не реже одного раза в месяц вскрываются крышки подшипников и производится замена смазки.

Перед каждым рейсом производится определение коэффициента блок-счетчика. При коэффициенте менее 0.85 производится замена шкивов блок-счетчика или восстановление их первоначальных диаметров путем наплавки и проточки кипа. Лебедочник должен следить, хорошо ли вращается блок, нет ли пропила желоба или щеки.

При работе в зимнее время необходимо следить за тем, чтобы счетчик не обледеневал. Стекающая с выбираемого троса вода, имеющая зимой температуру, близкую к точке замерзания, попадая на холодный, висящий на ветру счетчик, мгновенно замерзает. Часто лед покрывает кип шкива тонким, не сразу заметным слоем. Образование льда на канавке блока ведет к проскальзыванию троса и вызывает большие ошибки в показаниях счетчика. Внутри счетчика размалываемый блоком лед смешивается с загустевшим на морозе маслом. Набиваясь в шестерни, лед вызывает поломку зубцов и расшатывание всей системы шестерен.

Во избежание обмерзания счетчика, если позволяет устройство палубы, устанавливают над ним защиту в виде прямоугольной парусиновой будки на деревянном каркасе, отепляемой электрической печкой. Если это окажется невозможным, то можно рекомендовать согревание счетчика горячей пресной водой или паром из системы отопления судна, подводя его к счетчику при помощи мягкого шланга. Отогревают счетчик по мере надобности. Хранят блок-счетчик хорошо промытым и совершенно сухим в неплотно закрытом ящике, так как в закрытом ящике (без вентиляции) он покроется зеленью.

6.9.11 Общие замечания по конструктивным особенностям используемого оборудования и приборов

К обычным требованиям к конструкции, одинаковым как для автономных устройств, рассчитанных на длительную работу в водной толще, так и к обычным приборам, например, океанологическим зондам, относится требование герметичности корпуса без его нарушения до высоких давлений порядка 60 Мпа (это значение является обычным для приборов, выпускаемых серийно, поскольку глубины до 6000 м покрывают 98% площади Мирового океана). Соответственно, выступающие наружу компоненты прибора (чувствительные элементы датчиков, пробоотборники, герморазъемы) также должны выдерживать такое давление.

Другим аспектом, которому следует уделять самое пристальное внимание, является требование коррозионной совместимости материалов, из которых изготовлены корпуса приборов, тросы и такелаж. Все конструктивные элементы, контактирующие между собой в агрессивной среде в условиях высокого давления, должны быть подобраны так, чтобы исключить выход из строя оборудования по причине возникновения гальванических пар. При нарушении этого требования возможны дорогостоящие потери: так, незащищенная алюминиевая деталь, работающая в паре с обычной или нержавеющей сталью, титаном, латунью, полностью разрушается уже через несколько дней. В случае невозможности избежать контакта подобных разнородных материалов необходимо использовать высококачественные антикоррозионные покрытия.

В отдельных случаях актуальными становятся меры предупреждения биологического обрастания элементов оборудования. Это замечание особенно относится к постановкам АБС на небольших глубинах, в приповерхностном слое или на шельфе. Для профилактики этого явления применяют различные лакокрасочные покрытия, содержащие биологические яды (например, соединения свинца или ртути), которые препятствуют развитию биологических организмов на поверхности защищаемого объекта.

Часть III. Измерение гидрофизических характеристик в океанах и морях

Глава 7. Взятие проб воды с разных глубин

Принимая во внимание, что современная промышленность за рубежом выпускает качественно новые приборы для взятия проб морской воды, мы решили начать эту главу с описания новых технических средств. В частности, батометра Нискина, многобатометрических секций Розетта и других.

Вместе с тем, в отечественной морской практике все еще используются батометры, выпускавшиеся в советское время (БМ-48, батометр ААНИИ и другие). Поэтому считаем необходимым включить в эту главу не только описание современных батометров и батометрических секций, но и наши, отечественные батометры все еще использующиеся в экспедиционных работах, особенно на малых судах в прибрежной зоне.

7.1 Назначение проб воды и их необходимые объемы

Пробы воды с различных глубин берутся на всех гидрологических станциях для определения физических и химических свойств (солености, плотности, электропроводности, радиоактивности, оптических характеристик и др.) и для исследования содержащихся в воде в растворенном или во взвешенном состоянии неорганических и органических веществ и находящихся в ней газов, а также веществ, загрязняющих воду (нефтепродукты, тяжелые металлы, фенолы, детергенты и пр.).

Цели и методы дальнейшего исследования обусловливают способы получения проб и их хранение. Однако основным и общим требованием является получение пробы точно с заданного горизонта и предохранение ее от перемешивания с водой других слоев, от испарения и от химического воздействия прибора, которым набирают пробу, и посуды, в которой она будет храниться.

Специальные требования предъявляются к отбору проб на химические загрязнения с поверхности моря:

а) пробы следует брать в носовой части судна, где поверхность моря не загрязняется нефтью и другими отходами с судна;

б) не следует брать пробы на поверхности в пятнах нефти (если нет специального задания);

в) следует различать пробы, берущиеся специальной аппаратурой с самой поверхности моря (пленочные пробы), и пробы из поверхностного слоя, последние обычно берутся ведром или батометром.

Объемы проб воды

1. Для определения солености воды и содержания кислорода объем пробы должен быть не менее 300 $см^3$.

2. Для определения стандартного комплекса гидрохимических элементов (соленость, кислород, фосфор, кремний, азот, щелочность, концентрация водородных ионов) объем пробы должен быть не менее 1000 $см^3$.

3. Для определения веществ химических загрязнителей объем пробы должен быть не менее 7—10 л.

4. Для определения радиоактивности воды объем пробы должен быть в несколько десятков литров (50—200 л).

Пробы воды с поверхности моря обычно зачерпываются чистым эмалированным, полиэтиленовым или оцинкованным ведром. Для взятия пробы воды с глубин моря служат батометры, представляющие собой цилиндрические сосуды с клапанами или крышками, закрывающимися под водой на заданной глубине.

7.2 Батометры Нискина и системы «Розетта»

Зарубежными производителями, лидером среди которых является фирма «Global Oceanics», налажен выпуск клапанных батометров Нискина, которым для срабатывания не нужно

переворачиваться. Существенную экономию времени забортных работ дает использование т.н. «розетты» (multi-bottle sampling array), когда батометры (от 12 до 24шт.) собираются в единый комплекс, снабженный пусковым устройством (Рис.7.1).

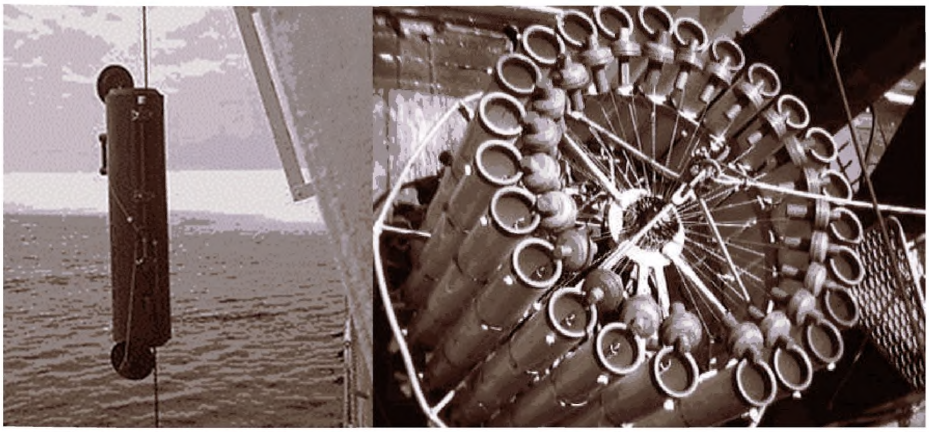


Рис. 7.1 Одиночный батометр Нискина на тросе и «розетта»

При этом в специальную оправу на корпусе батометра могут быть помещены глубоководные термометры, которые одновременно со снятием проб позволяют фиксировать температуру воды на этом же горизонте.

Батометры и батометрические секции



Рис. 7.2 Развертывание батометрической секции *SBE 32*.

Сейчас выпускается несколько моделей батометрических секций, представляющих собой металлическую конструкцию с размещенными на ней измерителями. В их число, как правило, входят: CTD-зонды, различные датчики (гидрофизические, гидрохимические), измерители скорости течения, а также емкости для отбора проб воды на разных глубинах, с соответствующими запускающими устройствами. Самой удачной с точки зрения многофункциональности, надежности и быстроты развертывания можно считать модель *SBE 32* (Рис.7.2). Выпускается три модификации этой модели: стандартная (*SBE 32)*, компактная (*SBE 32C)* и субкомпактная (*SBE 32SC)*. В Таблице 7.1 представлены модификации этой модели с описанием возможных конфигураций заполнения батометрической секции различными измерительными датчиками.

Таблица 7.1

Модификации *SBE 32*.

Модель	Количество батометров в секции	Объем одного батометра, л	CTD-зонд	Дополнительная аппаратура	
				Аппаратура для установки на судне	Устройство для забора проб воды
SBE 32	12	1,7-30	*SBE 9plus*	*SBE 11plusDeckUnit*	*SBE 17plusV2*
	24	1,7-12			
	36	*			
	12	1,7-30	*SBE 19, 9plus или*	*SBE 33*	*90208*

	24	1,7-30	*25*	*DeckUnit*	*AutoFireModule*
	36	*			
SBE 32C	12	1,7-8	*SBE 9plus*	*SBE 11plusDeckUnit*	*SBE 17plusV2*
			SBE 19,9plus или 25	*SBE 33 DeckUnit*	*90208 AutoFireModule***
	12	1,7 или 2,5	*SBE 19,9plus или 25*	*SBE 33 DeckUnit*	*90208 AutoFireModule***

* По индивидуальному заказу.

** Может также использоваться совместно с датчиком давления *SBE 50*.



Отличительной особенностью *SBE 32* является то, что она совместима с большинством выпускаемых CTD-зондов.

Рис. 7.3 Терминал для управления батометрической секцией *SBE 33*

Батометрическая секция может работать (управление режимом работ и сбором данных) в автономном режиме, при этом:

-данные записываются в память CTD-зонда;

-интервал забора проб воды контролируется с помощью специального устройства, находящегося на борту зонда и запрограммированного перед зондированием, а также в режиме реального времени через CTD-зонд, установленный на ней, либо через специальный терминал *SBE 33* (Рис. 7.3).

Терминал *SBE 33* выполняет следующие функции:

-осуществляет управление батометрическим комплексом (режим измерений, подача команды забора пробы воды и т.д.);

-получение результатов измерений в режиме реального времени;

-сопряжение с компьютером через стандартный интерфейс RS-232C на скорости 300/4800/9600 Бод;

-осуществление привязки измерений к дате, времени и пространственным координатам, через систему навигации, для этого в составе терминала имеется интерфейс NMEA 0183.

SBE 32 передает данные на терминал *SBE 33* со скоростью 9600 Бод. Терминал рассчитан на установку в 19 дюймовую стойку. Питание 120 или 240В переменного тока (50/60 Гц). Программное обеспечение под Windows 95/98/NT/2000/XP.

Таблица 7.2

Размеры батометрической секции в зависимости от модификации и количества батометров на борту

Модель	Количество батометров	Объем одного батометра, л	Диаметр, мм	Общая высота, мм	Чистый вес*, кг
		1,2		1201	68
		1,7			
		2,5		1438	79
	12	5	991	1234	78
		8		1438	79
		10		1603	82
		12		1730	83

SBE 32		20	1550	1765	164
		30		1765	171
		1,2		1214	95
		1,7	1143		
	24	2,5		1417	106
		5		1300	179
		8	1550	1506	185
		10		1659	194
		12		1786	199
	36	12	2134	1661	339
SBE 32C	**12**	от 1,2 до 8	966	973	68
SBE 32SC	**12**	1,7	699	800	50
		2,5		1003	52

* Без CTD-зонда и батометров.

Диапазон рабочих глубин: 6800/7000/10500 м. Питание: 110 или 230 В переменного тока, 100 вт. Материалы, использованные в производстве батометрической секции: анодированный алюминий, нержавеющая сталь, титан, делрин, поливинилхлорид.

Различные фирмы выпускают целый ряд батометров. В отличие от батометрических секций, они имеют в своем составе одну емкость для пробы и соответственно делают только один забор пробы воды. Использование батометров может быть эффективным в тех случаях, когда нет возможности или необходимости для развертывания сложных батометрических секций, а нужно сделать несколько однократных заборов проб воды. Батометры этого типа отличают малые размеры и простота использования. Особую популярность приобрели батометры Нискина.

Модель *1010 Niskin* (Рис.7.4). Корпус батометра выполнен из поливинилхлорида. Объем от 1,2 до 12 л (по заказу 20 и 30 л). Крепление для кабеля толщиной до 6,4 мм. Для больших батометров большой емкости (20, 30 л) до 8 мм. Размеры и вес батометров даны в Таблице 7.3.



Рис. 7.4 Модель *1010 Niskin*.

Таблица 7.3

Размеры и вес батометров, модель *1010 Niskin*.

	Объем батометра, л								
	1,2	1,7	2,5	5	8	10	12	20	30
Максимальная длина, мм	762	633	851	692	895	1060	1216	905	1178
Максимальный диаметр[3], мм	176	204	204	257	257	257	257	338	338
Вес пустого батометра, кг	2,0	2,5	3,0	3,6	4,5	5,7	6,1	11,4	12,7



Рис. 7.5 Модель *1010C Niskin*.

Модель *1010C Niskin* (Рис.7.5) является разновидностью модели 1010 Niskin, но может осуществлять забор проб воды и в горизонтальном положении, в связи с чем немного изменена конструкция крепления и форма емкости.

[3] С учетом выступающих частей.

Модель *Niskin Clear Water Sampler* (Рис.7.6) представляет собой батометр для забора проб воды с целью изучения биологических компонентов воды. Для этой цели батометр сделан из прозрачного кристаллического поликарбоната (пропускание света до 89-90 %). Объем: 1,7 л (вес 2,5 кг; длина 64 см) или 2,5 л (вес 2,95 кг; длина 86 см).

Для открытия клапанов доступа воды в батометр используются контроллер модели *1000 MG*, принимающие через кабель сигнал к активации и открывающие клапан. Открытие доступа воды может быть осуществлено посредством либо открытия специального канала в батометре, либо с помощью открытия целиком дна и крышки, второй способ доступа воды в батометр называется «рычажный».

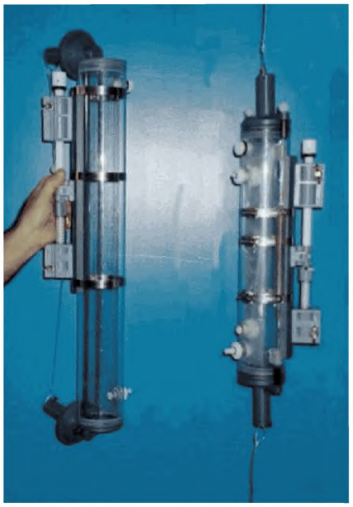


Рис. 7.6. Модель *Clear Water Sampler*.

Модель *Clear Water Sampler* (Рис.7.6) выпускается в двух разновидностях, каждая из которых реализует один из способов. Модели *1010 Niskin* и *1010C Niskin* предусматривают только первый тип - «открытие канала».

Модель *1011 Lever Action Niskin Sampler* (Рис.7.7), предусматривает забор воды «рычажным» способом. Объемы: 1,7-, 2,5-, 5-, 8-, 10-, 12-л. Для открытия клапанов доступа воды в батометр используются контроллер модели *1000 MG*.

Для забора проб воды больших объемов, может использоваться батометр модели *1080 GO-FLO* (Рис.7.8), особенность его конструкции позволяет осуществлять забор воды объемом до 100 л. Крепление для кабеля толщиной до 6,4 мм. Для батометров больших емкостей (20, 30 л) до 8 мм. Размеры и вес батометров даны в Таблице 7.4.



Рис.7.7. Модель *1011 Lever Action Niskin*.



Рис.7.8. Модель *1080 GO-FLO*.

Таблица 7.4

Размеры и вес батометров, модель *1010 Niskin*.

	Объем батометра, л										
	1,7	2,5	5	8	10	12	20	30	60	90	100
Максимальная длина, мм	627	826	673	876	1041	1219	965	1270	1219	1676	1822
Максимальный диаметр[4], мм	189	189	240	240	240	240	323	323	425	448	448
Вес пустого батометра, кг	3,9	4,3	6,8	7,7	9,5	10,0	18,6	21,3	35,0	43,0	47,0

Широко используется модель батометрической секции *1015 Rosette* (Рис. 7.9), она является аналогом описанных выше образцов и выполняет те же функции. Эта модель может иметь в своем составе либо 12, либо 24 отдельных батометра, соответственно модели *1015-12 Rosette* и *1015-24 Rosette*. Помимо самой батометрической секции в состав *1015 Rosette* входит терминал, с которого осуществляется управление всей конструкцией. Следует отметить, что в качестве отдельных батометров для забора проб воды могут использоваться батометры моделей: *1010 Niskin*, *1010C Niskin* описанные выше, а также некоторых других. В составе всего комплекса их может быть до 24 единиц. Модульность конструкции 1015 Rosette позволяет включать в состав секции различные CTD-зонды и датчики. Однако добавление CTD-зонда может быть осуществлено только на место одного из батометров. Таким образом, наличие дополнительных устройств на борту будет сокращать количество единиц батометров. Это не относится к датчикам малых размеров, которые могут быть установлены другим способом.



Рис.7.9. Модель 1015 *Rosette Water Sampler*.

Максимальная глубина погружения, как утверждают производители, не ограничена.

Питание: 115 или 230В переменного тока (±10 %), 50-60 Гц, 60Вт. Кабель: одно- или многожильный электромеханический кабель. Дополнительно в поставку может быть включен датчик глубины (точность ±0,5 % от всей шкалы). Терминал управления рассчитан на установку в 19 дюймовую стойку (8,9×48,3×24,4см). Терминал управления: 110/220 В переменного тока.

Следующая модель батометрической секции *1016 Intelligent Rosette* (Рис. 7.10) представляет собой результат дальнейшей разработки и усовершенствования модели *1015 Rosette*. В отличие от своего предшественника *1016 Intelligent Rosette* позволяет осуществлять забор с помощью уже 36 батометров при этом максимальный объем емкости одного батометра ограничен 12 литрами. Допускается установка CTD-зондов и датчиков. Эта модель в своем составе также имеет терминал управления (питание 110/220В переменного тока). Передача данных через стандартный интерфейс RS-232 (9600 Бод).



Рис. 7.10. Модель *1016 Intelligent Rosette*

Питание: не менее 30В постоянного тока, или автономные батареи 38В постоянного тока. Кабель: одно- или многожильный электромеханический кабель. Терминал

[4] С учетом выступающих частей.

управления рассчитан на установку в 19 дюймовую стойку (8,9×48,3×24,4 см). Максимальная глубина погружения по уверениям производителей также не ограничена.

Интересной представляется модель *1014 Syringe Sampler System* (Рис. 7.11, 7.12) фирмы **General Oceanic**. Этот комплекс предназначен для забора проб воды малого объема.

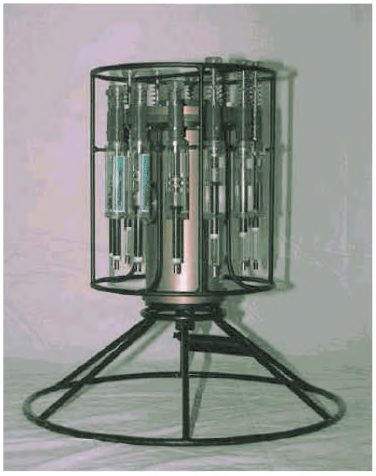


Рис. 7.11 Модель*1014 Syringe Sampler System*, общий вид.

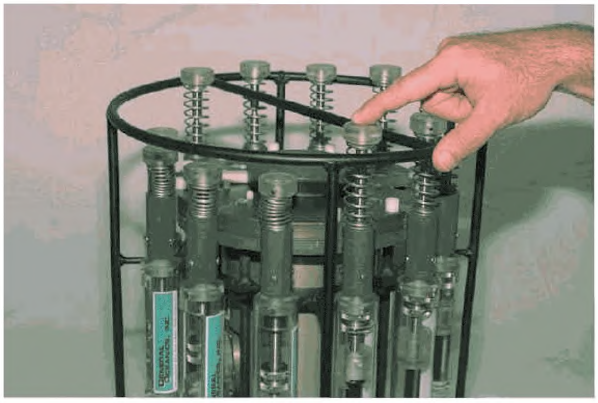


Рис. 7.12 Модель *1014 Syringe Sampler System*, клапаны доступа воды в батометры.

В следующем разделе приводится описание традиционных отечественных батометров, в течение многих лет используемых в практике морских экспедиционных наблюдений.

7.3 Батометр морской модернизированный

Устройство батометра

Батометр (Рис.7.13) имеет длину 65см, массу 4.3кг, емкость 1л, он состоит из латунного цилиндра 4, окрашенного в белый или серый цвет. На обоих концах цилиндра имеются крановые затворы 2 со щелевидными отверстиями длиной около 60 и шириной 12 мм. Трение кранов регулируется спиральными бронзовыми пружинами, которые прижимаются к кранам гайками. К расширенным концам обоих кранов прикреплены два параллельных рычага 8, посредством которых краны закрываются и открываются. Концы рычагов соединены на шарнирах со штоком 12, этим достигается одновременность действия обоих кранов.

Для предохранения запорных кранов от самопроизвольного открывания на штоке имеется конусный выступ, который при опрокидывании батометра заскакивает за прикрепленную к батометру пластинку 11 и тем самым прочно удерживает краны в закрытом состоянии. Прибор крепится к тросу с помощью зажимного устройства 9 на нижнем конце батометра и спускового устройства 1 на верхнем конце. Ударом посыльного груза, скользящего по тросу, батометр опрокидывается и закрывается на заданной глубине.

Для подвешивания и сбрасывания посыльного груза на расположенный ниже батометр на зажиме смонтировано сбрасывающее устройство 10.

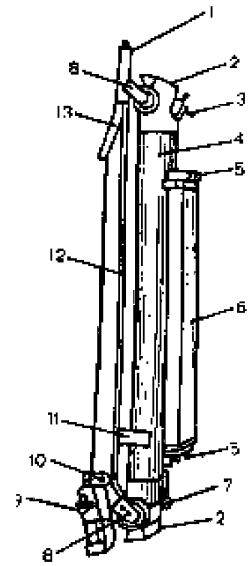


Рис. 7.13 Батометр морской БМ-48

1 — спусковое устройство, *2* — крановые затворы, *3* — сливной кран, *4*— латунный цилиндр, 5 — угольники, *6* — оправа, 7 — воздушный клапан, *8* — рычаг, 9 — зажимное устройство, *10* — сбрасывающее устройство, 11 — пластинка, *12* — шток, *13* — направляющая пластина.

Зажимное устройство (Рис.7.14) состоит из: основания зажима 1 с укрепленным в перпендикулярной плоскости его болтом 6; прижимной планки 4, прикрепленной к основанию зажима, планка имеет отверстие для болта, на который навинчивается барашек 5, с его помощью планка прижимается к основанию зажима; кронштейна 7, являющегося продолжением основания, он служит для придания большей жесткости вертикальному положению зажима, вокруг которого при опрокидывании батометра вращается весь прибор.

К зажиму прикреплено сбрасывающее устройство. Оно состоит из рычага 3 с плоской пружиной и из входящего в запил основания зажима крючка 2, на который подвешивается посыльный груз.

Спусковой механизм состоит из цилиндра 2 (Рис.7.15) с продольным пазом. В верхней части цилиндра имеется косая прорезь, в которую входит изогнутый стержень 3, связанный со штифтом 4, выдвигающимся наверх при помощи спиральной пружины, находящейся в цилиндре.

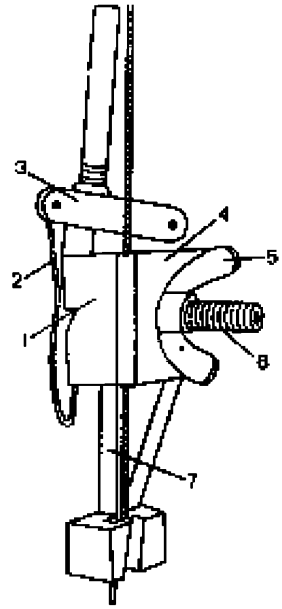


Рис. 7.14. Зажимное устройство морского батометра

1 — основание зажима, *2* — крючок, *3* — рычаг, *4* — прижимная планка, 5 — барашек, *6* — болт, 7 — кронштейн.

Трос проходит по продольному пазу цилиндра, а стержень, находясь в верхнем положении, закрывает паз и скрепляет, таким образом, верхнюю часть батометра с тросом. Под действием посыльного груза штифт оседает и увлекает за собой изогнутый стержень, который, двигаясь по косой прорези, отходит от паза и освобождает трос, вследствие чего батометр переворачивается на 180° и повисает на зажиме. В первую половину своего поворота батометр вращается вокруг оси зажима, а во вторую — вокруг пробки нижнего крана. Это происходит потому, что имеющийся на зажиме винт после поворота батометра на 90° упирается в рычаг 8 пробки нижнего крана и тем самым принуждает прибор вращаться уже не вокруг зажима, а вокруг пробки крана. При этом происходит одновременный поворот на тот же угол (т. е. на 90°) и пробки верхнего крана, так как во время поворота батометра шток, соединяющий оба крана, перемещается вдоль корпуса и увлекает за собой рычаг пробки верхнего крана. При опрокидывании батометра посыльный груз, освободив верхний конец прибора от соединения с тросом, скользит по тросу далее и ударяет по рычагу 3 (Рис. 7.14) сбрасывающего устройства. Конец рычага опускается под тяжестью посыльного груза и выдвигает загнутый конец крючка 2 из запила основания 1 зажима. Если на этот крючок был подвешен посыльный груз, то он соскакивает с крючка и скользит по тросу вниз до встречи со следующим батометром и заставляет его опрокинуться. Первый же груз остается на рычаге сбрасывающего устройства. На Рис. 9.4 изображены три положения морского батометра: I — во время выдержки батометра на горизонте в заряженном состоянии; II — сразу после удара посыльного груза; III — в перевернутом на 180° положении с закрытыми кранами и зафиксированной температурой воды на заданном горизонте.

В верхней части батометра имеется сливной кран 3 (Рис.7.13), а в нижней — воздушный клапан 7, который при выливании воды приоткрывается для доступа воздуха в батометр. К батометру прикреплены два угольника 5, на которых укрепляется оправа 6 для глубоководных термометров и термоглубомеров.

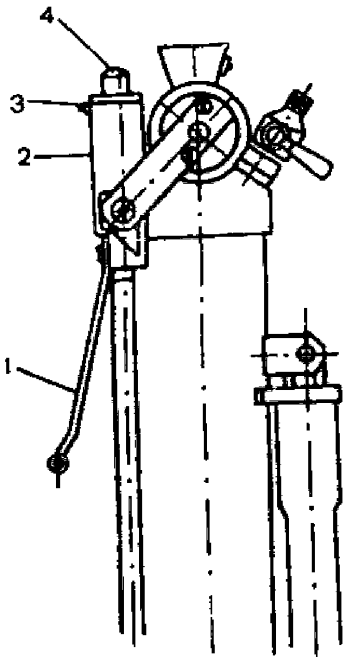


Рис. 7.15 Спусковой механизм морского батометра.

1— направляющая пластина, *2* — цилиндр, *3* — стержень, *4* — штифт.

Основные требования

1. Запорные краны должны открываться и закрываться без затруднений. Трущиеся поверхности кранов не должны иметь окисла, забоин, царапин и других дефектов.

2. Штифт спускового устройства при нажатии на него должен весь уходить в цилиндр, а при освобождении — возвращаться в крайнее верхнее положение. Изогнутый стержень не должен иметь каких-либо повреждений и должен закрывать всю прорезь цилиндра. При нажатии на штифт изогнутый стержень должен полностью открывать всю прорезь.

3. На зажимном устройстве резьба в барашке и на болте барашка не должна быть сорванной и поврежденной. Прижимная планка должна свободно открываться и не должна быть погнутой.

4. Сливной и воздушный краны должны быть в исправности. Сливной кран не должен самопроизвольно открываться;

5. Оправа для глубоководных термометров должна надежно запираться запирающим болтом. Гильзы оправы не должны быть помятыми иперекошенными. Пробки на гильзах должны легко ввинчиваться;

6. Окраска и никелировка на приборе не должны иметь повреждений;

7. Батометр должен быть укомплектован не менее, чем двумя посыльными грузами.

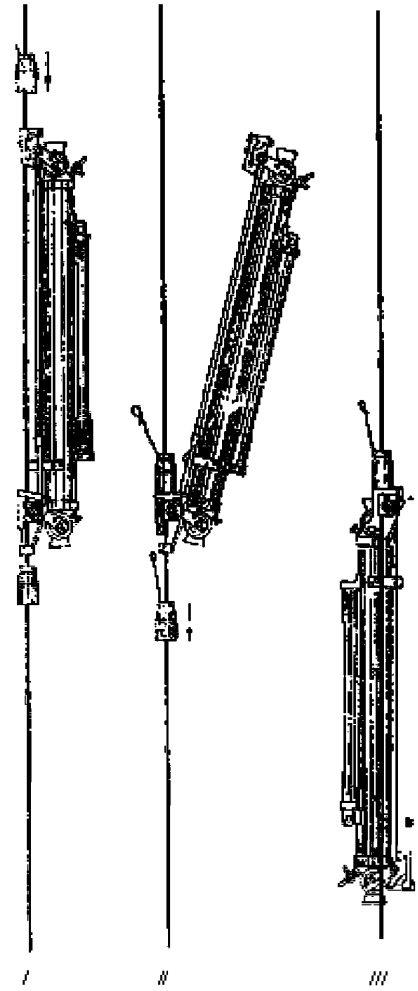


Рис. 7.16 Морской батометр в трех различных положениях.

7.4 Морской батометр ААНИИ

Устройство батометра

Батометр рассчитан на взятие проб воды объемом около 220 см^3, длина его 38 см, масса около 1.5 кг. Батометр (Рис.7.17) состоит из латунного корпуса 6, выполненного в форме открытой с концов трубы, закрепляемой с помощью винтовых зажимов на тросе 1. На концах корпуса укреплены вращающиеся на шарнирах крышки 4, 7 с резиновыми уплотнительными прокладками. Пружина 5, проходящая внутри корпуса (или, как вариант исполнения, пружины, закрепленные на шарнирах крышек), предназначена для захлопывания крышек в момент срабатывания батометра и удержания в нем взятой пробы воды.

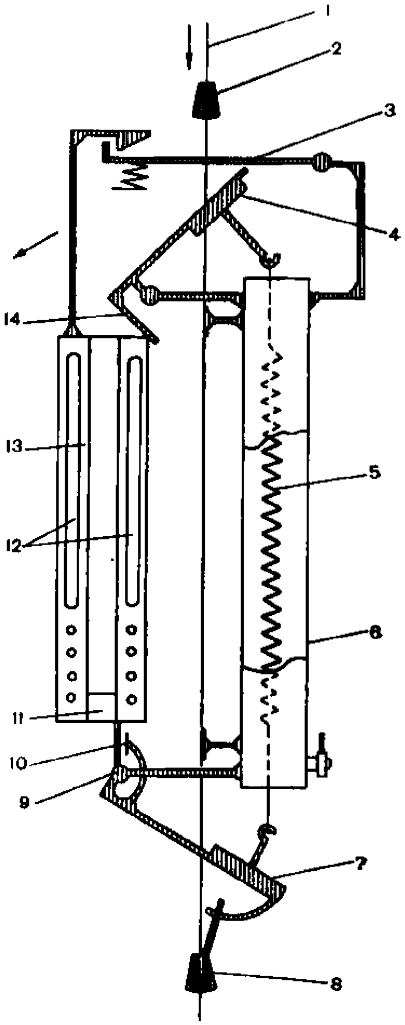


Рис. 7.17 Схема морского батометра ААНИИ

1 – трос, *2, 8* – посыльные грузики, *3* – пружинная защелка, *4, 7* – вращающиеся крышки, *5* — пружина, *6* — латунный корпус, *9* – горизонтальная ось, *10, 14* – рычаги, *11* – грузик-боек, *12* – глубоководные термометры, *13* – двойная оправа.

Для определения температуры воды батометр снабжен двумя глубоководными термометрами 12, заключенными в двойной оправе 13, способной поворачиваться вокруг горизонтальной оси 9, совмещенной с осью вращения шарнира нижней крышки батометра.

При опускании батометра в воду крышки 7 и 4 удерживаются в открытом положении за счет упора их в оправу (Рис.7.18, положение а)). Термометры ориентированы вертикально резервуарами с ртутью вниз и удерживаются в этом положении пружинной защелкой 3 (Рис.7.17). Срабатывание батометра на глубине происходит так же, как и у морского батометра БМ-48, под действием посыльного грузика 2, надетого и опускаемого по тросу, на котором подвешен батометр. Добегая до батометра, грузик ударяет в пружинную защелку 3 и освобождает оправу 13. Последняя, поворачиваясь под действием рычагов 10 пружины 5, а затем и своего веса, позволяет крышкам батометра захлопнуться и сама свободно повисает на оси 9 в перевернутом положении (Рис. 7.18, положение б)).

Для обеспечения надежного отрыва столбиков ртути в термометрах служит вложенный между ними в оправу подвижный грузик-боек 11. При перевертывании оправы грузик-боек скользит, под

действием своего веса, вдоль оправы и, падая, ударяет о верхнюю планку оправы, усиливая тем самым ее встряхивание, необходимое для уверенного отрыва столбиков ртути.

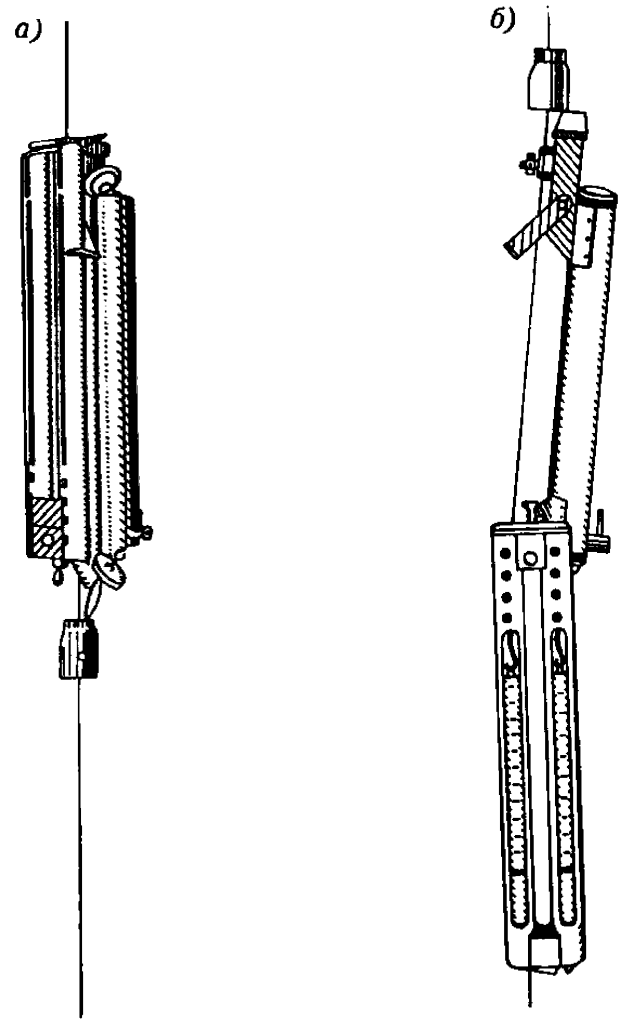


Рис. 7.18 Морской батометр системы ААНИИ в двух положениях:

а — до срабатывания, *б* — после срабатывания.

Для удобства отсчета показаний термометров оправа с термометрами может быть быстро отделена от батометра и снята с оси Р. С этой целью необходимо отвернуть вручную на 2—3 оборота винт с накатанной головкой, удерживающий оправу на оси, после чего она легко сдвигается вдоль этой оси и отделяется от корпуса батометра.

Батометр ААНИИ может быть легко и быстро разобран на отдельные части для чистки и промывки. Разборка производится без применения инструментов. Сначала с батометра снимается оправа с термометрами. Затем, преодолевая усилие пружины 5, оттягивают рукой на 1—2 см вдоль корпуса любую из крышек батометра, в результате чего загнутый под углом край крышки, входящий в щелевую прорезь на оси крышки, выйдет из прорези и крышку можно будет переместить вбок. После этого тянувшая крышку пружина 5 может быть зацеплена своим концевым крючком за край корпуса 6 и освобождена от зацепления с крышкой. Аналогичным образом снимается и другая крышка. Вслед за этим могут быть без труда вынуты обе оси, на которых вращались крышки и весь батометр оказывается разобранным на главные части.

Термометры вынимаются из оправы после отвертывания винта, расположенного на нижней торцевой крышке оправы и поворота этой крышки на 90°. Сборка прибора производится в обратном порядке.

Благодаря своему малому весу батометры ААНИИ могут подвешиваться сериями до 15—20 штук на относительно тонких тросах и опускаться на большие глубины. Батометры рассчитаны на подвешивание их на тросах диаметром от 1.2 до 6.0 мм вместе с прилагаемыми к ним посыльными грузиками. В случае необходимости батометры могут применяться и на тросах большего диаметра, для чего требуется увеличить размер зажимов батометра и диаметр отверстия в посыльном грузике.

Батометры хранятся и перевозятся в ящиках, в которых они находятся в вертикальном положении, по шесть штук в каждом ящике. Батометры укладываются в ящики с открытыми крышками.

Работа с батометрами

Взяв батометр за корпус левой рукой, поворачивают оправу с термометрами в направлении по часовой стрелке, в результате чего поочередно открываются сначала нижняя, а затем верхняя крышки прибора и оправа встанет на пружинную защелку 3 (Рис. 7.17). После этого, осмотрев состояние столбиков ртути в термометрах (ртуть должна быть опущена в капиллярах до соединения с ртутью в резервуарах термометров), батометр закрепляют на тросе с помощью винтового зажима, укрепленного на кронштейне в верхней части корпуса батометра. Предварительно трос должен быть продет в направляющий вилкообразный вырез, расположенный в нижней части батометра.

В случае подвешивания на одном тросе серии из нескольких батометров, опускаемых на различные горизонты, их последовательное срабатывание осуществляется уже описанным ранее способом путем подвешивания на крючке нижней крышки каждого батометра (кроме нижнего) посыльных грузиков 2, 8, которые освобождаются при захлопывании этих крышек и сбегают по тросу вниз, вызывая поочередное срабатывание.

Подвешивание посыльных грузиков под крышками батометров рекомендуется производить перед закреплением батометра на тросе, после закрепления батометра грузик надевается на трос.

Пробы воды из батометра, поднятого на борт судна, берут, повесив батометр к стойке на крючек за проушину, имеющуюся в стенке верхнего кронштейна корпуса батометра. Для удобства набора проб воды, например при ветре, на носик батометра может быть предварительно надета мягкая резиновая трубка необходимой длины, нижний конец которой вводится внутрь склянки, в которую берут пробу. При исправном состоянии резиновых прокладок под крышками батометра, вода из краника батометра при открывании его не вытекает. Выпуск ее можно регулировать, приподнимая слегка верхнюю крышку 4, путем нажатия рукой на ее рычаг. Быстрое удаление воды, оставшейся в батометре после взятия проб можно осуществить, открыв полностью нижнюю крышку 7.

7.5 Батометры большого объема

Батометр (ГМ-42)

Батометр (ГМ-42) (Рис.7.19) изготовляется целиком из нержавеющей стали и представляет собой полый цилиндр 9 диаметром 250 и длиной 1100 мм, лежащий на прикрепленных к нему ножках. Объем батометра 54 л, масса без воды около 25 кг. Батометр позволяет забирать пробы воды с разных глубин. Он опускается и поднимается на тросе при помощи лебедки и блок-счетчика. Время опорожнения батометра не превышает 3 мин. Прибор прошел государственные сдаточные испытания.

Устройство батометра

На обоих концах корпуса батометра расположены откидные крышки 10. Тросы 4 (по одному с каждой стороны батометра) пропускаются через скобки 11 и своими концами прикрепляются болтами по бокам крышек. В тросы вплетены коуши, которыми они через общее кольцо подсоединяются к крюку размыкающего устройства.

Концы троса 3, захлопывающего крышки и поддерживающего их в закрытом положении, пропускаются через ролики 1 и болтами крепятся к крышкам сверху. Коуш, вплетенный в трос 6, через такелажную скобу неразъемно подсоединяется к размыкающему устройству.

В качестве размыкающего устройства для батометра используется планктонный вертлюжный размыкатель ПВР-60, разработанный Институтом океанологии.

При опускании батометра крышки его открыты и тросами 4 прижимаются к ножкам батометра, трос 3 находится в свободном (ненатянутом) состоянии. Посыльный груз 5, опускаясь по тросу 6, ударяет по штоку размыкающего устройства. При этом освобождается система тросов 4, и под действием собственного веса батометр опускается несколько вниз и натягивает трос 3, который закрывает крышки батометра. Водонепроницаемость батометра обеспечивается при помощи резиновых прокладок в виде дисков, закрепленных на крышках.

Для исключения самопроизвольного закрытия крышек при сильном волнении, тросы 4 дополнительно пропускают через кольца, приваренные к ножкам батометра. Около каждой крышки имеются по два накидных болта 2, которые обеспечивают водонепроницаемость батометра в положении, когда система тросов 3 не натянута весом прибора (батометр стоит на ножках, приваренных снизу к корпусу прибора).

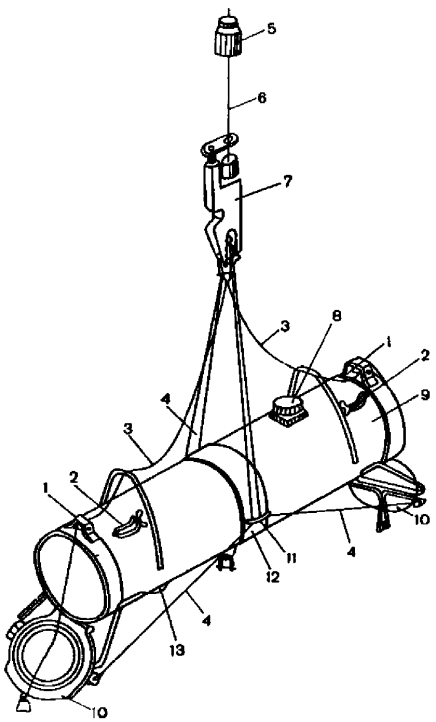


Рис.7.19 Батометр ГМ-42 большого объема:

1 — ролики, *2* — накидные болты, *3* — тросы, управляющие крышками, *4*— концы тросов, *5* — посыльный груз, *6* — трос подвески батометра, 7— размыкатель, *8*— крышка воздушного отверстия, *9* — полый цилиндр, *10* — откидные крышки, *11* — скобки, *12* — хомут, *13* — клапан слива воды.

Рядом с крышками с каждой стороны корпуса приварены две ручки, а посередине — хомут 12, в котором имеется отверстие для крепления дополнительного груза.

Посыльный груз по конструкции не отличается от стандартного посыльного груза, но имеет несколько большую массу — 800 г.

Слив воды из батометра может производиться в двух положениях: из подвешенного за тросы прибора или же установленного на специальной подставке. В последнем случае крышки прибора должны быть затянуты накидными болтами с барашками, завинчиваемыми вручную.

Для обеспечения слива воды из батометра, необходимо открыть доступ воздуха внутрь батометра — это достигается вращением крышки 8 воздушного отверстия. Слив воды из батометра производится через клапан 13 при помощи специального сливного устройства, прилагаемого к прибору и подсоединяемого к нему при сливе. Это устройство состоит из основания, на котором расположены сверху четыре штыря и уплотняющая прокладка, а снизу крепится резиновая трубка, по которой вода поступает в бак. Рядом расположены две рукоятки, накидываемые на крючки, имеющиеся на клапане.

Подсоединение сливного устройства к клапану производится следующим образом: четыре штыря сливного устройства вставляются в отверстие клапана, а рукоятки с петлями накидываются на крючки; затем быстрым движением рукоятки спускаются вниз. При этом штыри, перемещаясь вверх, отогнут подпружиненную крышку клапана, и вода из батометра поступает в трубку сливного устройства. При снятии сливного устройства крышка клапана под действием пружины перемещается вниз, перекрывая отверстие.

Проба воды из батометра сливается в бак объемом 120л. Бак представляет собой цилиндр диаметром 500 мм с коническим дном, изготовленный из винипласта. Высота бака — 800 мм.

Для слива из бака воды в коническом дне имеются два штуцера, расположенные на различном расстоянии от вершины корпуса. Через третий штуцер диаметром 16 мм, находящийся на вершине конуса дна, сливается осадок. Бак устанавливается на палубе в металлическом каркасе, состоящем из двух ободов и трех ножек.

Сверху бак закрывается крышкой с ручками, также изготовленной из винипласта.

Батометр для взятия проб воды на загрязнение (Рис. 7.20)

Объем батометра — 7 л. Батометр состоит из пластмассового цилиндра 5, диаметром 120 мм и длиной 595 мм и системы закрытия; последняя крепится к корпусу батометра хомутиками 3.

В систему закрытия батометра входят крышки 2, которые имеют резиновые прокладки / для герметизации батометра и штуцеры 15 и 6. Штуцер 15 предназначен для впуска воздуха в батометр, а штуцер 6 для слива пробы воды из батометра.

Крышки батометра приводятся в действие тягами 8 с помощью резиновых тяжей 11.

Работа с батометром

Штуцерами 15 и 6 перекрываются отверстия в крышках 2 батометра, затем резиновые тяжи 11 натягиваются на ролики 12 (только на время работы) и с помощью тяг 8 батометр приводится в рабочее положение (Рис.7.19). Рабочее положение батометра фиксируется зацеплением зуба 10 с пазом на кулисе 9.

Затем, держа батометр за ручку 13, его подвешивают и крепят к тросу с помощью обычных приспособлений, как у батометра Б-48.

Для срабатывания батометра необходимо, чтобы по штоку 14 ударил грузик, после этого шток, передвигаясь вниз, выведет из зацепления зуб 10 и тяги 8 под действием резиновых тяжей 11 закроют батометр крышками. Шток 14 возвращается в исходное положение с помощью упругой резиновой пластины 4.

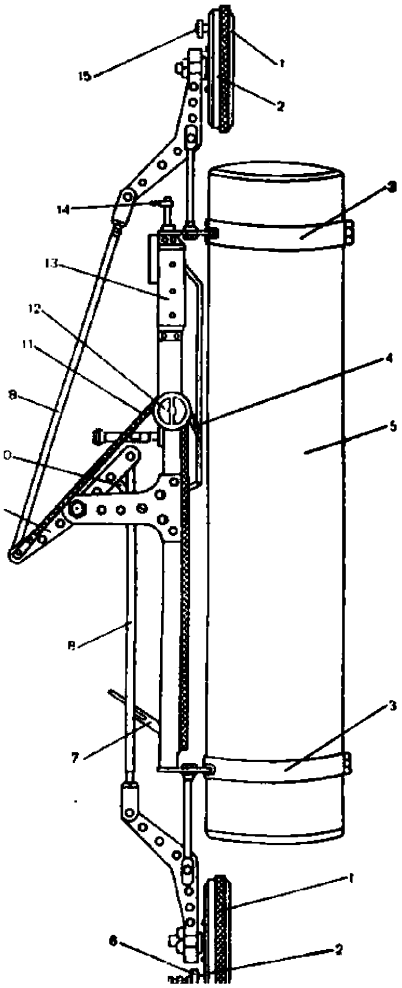


Рис. 7.20 Пластмассовый батометр для взятия проб воды на загрязнение.

1 – резиновые прокладки. 2 – крышки, 3 – хомутики, 4 – резиновая пластина, 5– пластмассовый цилиндр, 6 – штуцер, 7– приспособление для подвески посыльного груза, 8 – тяги, 9 – кулиса с пазом, 10– зуб, 11– резиновые тяжи, 12– ролики, 13– ручка, 14 – шток, 15 – штуцер.

Для подвески посыльного грузика, необходимого для срабатывания нижнего батометра, имеется приспособление 7. Использование нескольких батометров на одном тросе позволяет одновременно брать пробы воды с разных горизонтов.

7.6 Проверка батометров и уход за ними

Проверка батометров

Перед работой проверяют:

1) удовлетворяют ли батометры основным требованиям, проверка производится путем осмотра батометров;

2) герметичность закрывания кранов путем осмотра поднятого с глубины и вытертого досуха батометра. При недостаточной герметичности вода, содержащаяся в батометре, попадая в условия меньшего давления и более высокой температуры, расширяется и начинает просачиваться наружу;

3) герметичность спускового крана при открытом вентиле. Вода не должна просачиваться из закрытого крана;

4) герметичность вентиля при открытом спусковом кране. Вода не должна вытекать через спусковой кран за исключением первой небольшой порции, находящейся в самом кране;

5) правильность опрокидывания батометра проверяется следующим образом: закрепленный на тросе батометр опускают на небольшую глубину в воду, после чего трос довольно сильно раскачивают из стороны в сторону. При исправном состоянии батометра не должно происходить опрокидывания его без удара посыльного груза;

6) правильность действия всего спускового механизма и выключателя нижнего груза проверяется следующим образом: батометр с прикрепленным к нему нижним грузом погружают на некоторую глубину (5—10 м) и опускают посыльный груз. Если спусковой механизм исправен, то должны быть слышны удары груза — первый о спусковое устройство, второй о спусковой крючок нижнего груза, и заметен следующий за вторым ударом рывок троса вследствие опрокидывания батометра.

Перед опусканием батометра следует проверить надежность крепления батометра к тросу и открыт ли батометр, так как в противном случае прибор может быть раздавлен давлением воды.

Уход за батометрами

Для обеспечения исправной работы батометра за ним требуется надлежащий уход. Необходимо следить за тем, чтобы внутри цилиндра на его стенках и соединительных частях не образовался осадок солей от морской воды. Для этого батометр после работы промывают пресной водой; особенно тщательно промывают внутреннюю часть цилиндра.

Для промывки лучше всего целиком опустить раскрытый батометр в бак с пресной водой. Промыв батометр, выдерживают его некоторое время в вертикальном положении, чтобы, по возможности, стекла вся вода.

Если на судне имеется паровой котел, то целесообразно промывать поверхность и внутренние стенки батометра струей горячего пара, который полностью удаляет смазку, грязь и накипь.

Батометры, употребляемые в экспедиционных работах, нумеруют яркой эмалевой или масляной краской крупными цифрами, так как имеющиеся на них заводские номера выбиваются очень мелкими цифрами, что затрудняет их чтение. Номера наносят на батометры и на прикрепленные к ним гильзы для термометров.

Каждый посыльный груз прочищают и смазывают жидким маслом (автолом). К ушку посыльного груза привязывают тросик из проволоки длиной 25—30 см с небольшой петлей на конце (поводок).

Батометры хранят в сухом месте в стойках или вентилируемых ящиках в вертикальном положении.

7.7 Хранение проб воды

Пробы воды наливают в специальные склянки, изготовленные из невыщелачиваемого морской водой стекла и герметически закрывающиеся, емкостью 100—200 мл. Этим требованиям удовлетворяют бутылки из зеленого стекла со специальными фарфоровыми пробками на резиновой прокладке. Если специальных склянок нет, можно пользоваться и другими соответствующей емкости. Склянки из темного стекла выщелачиваются значительно меньше, чем из простого бесцветного. Склянки для проб воды, впервые употребляемые для хранения проб, необходимо за несколько недель до начала работ наполнить морской водой до горлышка, чтобы выщелочить растворимые элементы стекла. После этого склянки промывают пресной водой. Если они уже употреблялись для проб, достаточно промыть их сначала горячей мыльной, а потом холодной пресной водой. Вымытые склянки просушивают, держа их в стойках вверх дном, затем затыкают пробками и укладывают в ящики. Перед наполнением склянку промывают три раза исследуемой водой, чтобы удалить остатки пресной воды, или воды, предшествующей пробы.

При длительном хранении проб или транспортировке их в неблагоприятных условиях — с резкими колебаниями температуры — заливать пробки склянок следует менделеевской замазкой или восковой массой, состоящей из двух частей воска, двух частей парафина и одной части канифоли. Восковую массу доводят до кипения, все время перемешивая ее. Пробку плотно зажимают в горлышко склянки, протирают пробку и горлышко склянки тряпкой и погружают на

несколько секунд в горячую массу. Не рекомендуется заливать пробы, температура которых ниже 5°С, так как при повышении температуры пробы увеличивается давление воздуха внутри склянки. Вследствие этого слой замазки может быть нарушен и проба будет испорчена. При невозможности заливать пробки менделеевской замазкой или восковой массой можно закупорить склянки резиновыми пробками и надеть поверх их резиновые колпачки (соски).

Склянки надо хранить в гнездах специальных ящиков, дно и крышка которых подбивается войлоком. Каждый ящик должен иметь запор и две ручки. В ящике следует помещать не более 50 склянок на 200 мл, ящики большого размера неудобны в работе и при транспортировке.

Глава 8. Порядок наблюдений и отбора проб морской воды, донных осадков и гидробионтов с борта судна

В этой главе описывается примерная последовательность процедуры отбора проб морской воды, донных осадков и гидробионтов с борта судна, а также порядок проведения сопутствующих гидрологических и гидрометеорологических наблюдений.

Процедура применима для выполнения гидрологических работ на научно-исследовательском судне, оборудованном кран - балкой и палубной электрической лебедкой для спуска и подъема различных приборов и пробоотборников. Последовательность работ обусловлена ограничениями, связанными с наличием на судне только одной или нескольких гидрологических лебедок, работа которых возможна только в последовательном режиме. Метод основан на принципе очередности отбора проб и измерений обусловленной требованиями их репрезентативности и качества.

8.1 Специальные термины

Пробоотборник — специальное устройство для отбора и подъема на борт судна проб воды, донных осадков и биоты обеспечивающее сохранение их физических, химических и биологических свойств.

Дночерпатель— устройство для отбора проб донных отложений с поверхности морского дна, а также с поверхности дна лиманов, озер и рек.

Сеть Джеди— устройство для отбора проб на анализ биоты.

8.2 Приборы, оборудование и материалы

1. Гидрологическая лебедка, грузоподъемностью 100 кг и емкостью барабана (при тросе диаметром 4.0 мм) 100 м – 1 шт.;
2. Поворотная кран - балка, грузоподъемностью 100 кг – 1 шт.;
3. Трос (нержавеющий или оцинкованный) диаметром 4.0 мм – 100 м;
4. Блок - счетчик 017, грузоподъемностью 120 кг – 1 шт.;
5. Угломер – 1 шт.;
6. Концевой гидрологический груз весом 20 кг – 1 шт.;
7. Концевой гидрологический груз весом 10 кг – 1 шт.;
8. Спутниковая навигационная система – 1 шт.;
9. Гидрологический зондирующий комплекс – 1 шт.;
10. Персональный компьютер “ноутбук” – 1 шт.;
11. Батометр БМ-48 – 5 шт.;
12. Пластмассовый батометр, емкостью 5 л – 3 шт.;
13. Пластмассовый батометр, емкостью 10 л – 1 шт.,
14. Грузики посыльные ПР-28 – 10 шт.;
15. Ведро пластмассовое, емкостью 8 л – 2 шт.;
16. Дночерпатель “Океан - 0,025” – 1 шт.;
17. Дночерпатель ДЧ-0,01 – 1 шт.;

18. Пробоотборник донных отложений согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 (например, грунтовая трубка или дночерпатель любого типа);

19. Фарфоровая ложка или шпатель – ГОСТ 9147-80;

20. Широкогорлые склянки или банки с притертыми или завинчивающимися пробками объемом 50 – 500 см^3.

21. Бутыль стеклянная в оплетке с грузом 5 кг, емкостью 7л – 2 шт.;

22. Капроновый фал диаметром 6 мм – 20 м;

23. Сеть малая "Джеди" – 1 шт.;

24. Диск белый ДБ – 1 шт.;

25. Шкала цветности воды ШЦВ – 1 шт.;

26. Капроновый, промаркированный через 1 м, фал диаметром 6 мм – 20м;

27. Анемометр ручной – 1 шт.;

28. Барометр – 1 шт.;

29. Психрометр – 1 шт.;

30. Судовой компас – 1 шт.;

31. Шланг резиновый диаметром 10 мм. – 1шт.;

32. Стойка для батометров специальная (не стандартная) – 1шт.;

33. Пинцет медицинский;

34. Журнал рабочий;

35. Реактивы и химикаты:

- спирт этиловый марки «ч.» – для протирки батометров;
- раствор углерода четыреххлористого марки «х.ч.» – для протирки стеклянной посуды.

8.2.1. Специальное оборудование и устройства для отбора проб поверхностного микрослоя

При выполнении отбора проб поверхностного микрослоя применяют следующие устройства:

- специальное приспособление из металлической сетки площадью 50х60 см (сетка Гаррета);
- капиллярный пробоотборник;
- склянки с плотно закрывающимися пробками объемом 50 – 100 см^3;
- воронки химические – ГОСТ 35336.

Подробно эти работы будут рассмотрены в п.8.6

8.2.2. Специальное оборудование и устройства для отбора проб аэрозолей

При выполнении отбора проб аэрозолей применяют следующие устройства:

- счетчик газа мембранный G-6 (СГМН-1) или аналогичный другого типа;
- устройство для отбора проб на 3 фильтра одновременно на основе пылесоса "Karcher" NT 351 ECO со средней скоростью пробоотбора 16±0,1 м^3/час или аналогичное другого типа;
- стекловолоконные фильтры GF/F (WHATMAN) диаметром от 25 до 37 мм в зависимости от конструкции пробоотборника;
- стеклянные пробирки с завинчивающимися крышками емкостью 10-15 см^3 – ГОСТ 23932;
- полиэтиленовые пакеты с застежками.

Примечание: допускается использование других типов средств измерений, посуды и вспомогательного оборудования, в том числе импортного, с характеристиками, аналогичными указанным.

8.3 Подготовка оборудования к работе

Определение поправочного коэффициента блок – счетчика

1. Промаркировать через 10м трос, находящийся на барабане лебедки, подсоединить к тросу концевой груз и вывести его за борт, включить лебедку и установить первую марку в точку касания троса с блок – счетчиком, установить стрелки счетчика на нуль.

2. Выправить трос до касания следующей марки блок - счетчика и снять его показания.

3. Определить поправочный коэффициент блок - счетчика путем деления количества пропущенного через блок - счетчик троса на его показания.

4. Повторить несколько раз операции пп. 1 – 3 и, путем осреднения, определить принятый поправочный коэффициент блок - счетчика.

5. Показания блок - счетчика для выхода прибора или пробоотборника на заданную глубину определяются по углу наклона троса и поправочному коэффициенту блок-счетчика.

Подготовка батометров к отбору проб воды

1. Все батометры должны быть пронумерованы несмывающейся краской в возрастающем порядке, начиная с номера 1.

2. Проверить исправность и работоспособность всех узлов батометра.

3. Тщательно промыть батометр в мыльной воде.

4. Многократно промыть батометр чистой пресной водой.

5. Надеть на сливной кран батометра резиновый шланг, закрыть воздушный клапан, крановые запоры и открыть сливной кран, поместить батометр в емкость с водой и путем нагнетания воздуха через шланг проверить его герметичность (появление пузырьков воздуха свидетельствует о его разгерметизации). При необходимости неисправный батометр заменить.

6. После проведения работ по отбору проб морской воды все батометры промыть чистой пресной водой.

7. Хранить батометры в открытом виде в специальной батометрической стойке.

Подготовка пластмассового батометра к отбору проб воды на загрязняющие элементы и гидробионты

1. Обеспечить выполнение работ согласно пп. 1 – 4.

2. Наполнить батометр чистой пресной водой, протереть досуха его наружную поверхность проверить герметичность крышек. При ослаблении натяжения резины, удерживающей крышки, вода под действием силы тяжести начинает просачиваться наружу. При необходимости заменить резину или батометр.

3. Слить воду, открыть крышки и просушить батометр.

4. Протереть внутреннюю поверхность батометра ватным тампоном, смоченным этиловым спиртом. После отбора проб морской воды (перед каждой станцией) все батометры промыть чистой пресной водой.

5. По завершению работ (не реже одного раза в сутки) все батометры промыть чистой пресной водой и протереть этиловым спиртом.

6. Хранить батометры в закрытом виде в специальной батометрической стойке или в чистом ящике.

Подготовка посуды для отбора проб

Подготовка посуды для отбора и последующего хранения проб производится в базовой лаборатории.

Первоначальное отмывание стеклянной посуды следует производить хромовой смесью и водой до достижения полной смачиваемости внутренних поверхностей (отсутствия капель). После сушки посуду ополаскивают четыреххлористым углеродом с контролем чистоты. Контроль осуществляют последовательным ополаскиванием посуды одинаковой порцией (10—30 мл) четыреххлористого углерода и снятием ИК-спектра этой порции растворителя относительно исходного четыреххлористого углерода. На спектрограмме в аналитической области не должно быть пиков, более чем вдвое превосходящих по высоте уровень «шума».

Все используемые полиэтиленовые пакеты и алюминиевая фольга должны быть новыми.

Подготовка дночерпателей к отбору проб грунта

Тросовая оснастка дночерпателя должна быть из нержавеющего или оцинкованного троса и не содержать смазывающих веществ из продуктов переработки нефти.

Проверить исправность и работоспособность всех узлов дночерпателя.

Протереть внутреннюю поверхность дночерпателя и тросовую оснастку тампоном, смоченным четыреххлористым углеродом (тампон держать пинцетом или специальным зажимом, избегая попадания CCl4 на кожу рук).

Тщательно промыть пресной или забортной водой;

По завершению работ дночерпатель промыть пресной водой.

При загрязнении дночерпателя нефтепродуктами, произвести его протирку четыреххлористым углеродом и тщательно промыть водой.

Подготовка сети Джеди для отбора проб зоопланктона

Проверить сеть Джеди на отсутствие порезов и разрывов материала и газа. При необходимости произвести ремонт;

Перед началом работ сеть тщательно промыть забортной водой;

По завершению работ сеть промыть пресной водой и просушить.

Хранить сеть в сухом виде, не допускать загрязнения ее нефтепродуктами.

8.4 Порядок выполнения работ на судне

С выходом судна в заданную точку, после остановки двигателя на малом инерционном ходу судна, произвести с помощью стеклянной бутыли отбор проб с поверхности моря *(в носовой части судна)* на загрязняющие элементы;

После постановки судна на якорь или при слабом ветре в дрейфе *(в дрейфе судно должно лежать рабочим бортом на ветер)* произвести измерение глубины места тросом с помощью лебедки или по эхолоту. При измерении глубины с помощью лебедки, опустить груз до уровня поверхности моря, установить показания блок-счетчика на нуль и произвести опускание концевого груза до дна. При касании груза дна (момент касания определяется по ослаблению натяжения троса), снять показания с блок-счетчика. Груз поднять до уровня поверхности моря, при этом показания блок-счетчика должны быть *нулевыми*.

Определить глубину с учетом коэффициента блок-счетчика и угла наклона троса;

Определить по GPS или по карте координаты места и записать в журнал время начала работ и координаты судна;

Произвести зондирование моря с помощью СТД-комплекса и определить визуально по вертикальному профилю температуры положение нижней границы термоклина, которая определяется как глубина, начиная с которой вертикальный градиент температуры резко уменьшается и далее изменяется незначительно;

С теневого борта судна произвести измерение прозрачности и цвета морской воды в светлое время суток с помощью диска (цветность определяется с помощью шкалы цветности);

Определить горизонты отбора проб морской воды;

С помощью электрической лебедки пластмассовым батометром произвести отбор проб морской воды с заданной глубины на загрязняющие элементы и гидробионты;

С помощью серии батометров произвести отбор проб воды с заданных горизонтов на анализ гидрохимических элементов морской воды;

Произвести измерение метеорологических параметров (атмосферного давления, направления и скорости ветра, волнения, температуры сухого и смоченного термометра), результаты измерений записать в журнал;

С помощью сети Джеди произвести отбор проб на зоопланктон;

С помощью дночерпателя произвести отбор проб донных осадков на загрязняющие элементы и гранулометрический состав.

С помощью дночерпателя произвести отбор пробы донной фауны;

Определить по G PS координаты конца станции и записать в журнал время конца станции и координаты.

Последовательность отбора проб морской воды на загрязняющие элементы и гидробионты из стеклянной бутыли и пластмассового батометра

Произвести отбор пробы воды на содержание нефтепродуктов (3 л на суммарное количество и 3 л на индивидуальные формы).

Произвести отбор пробы воды на детергенты 0.25 л, на металлы 0.5 л, на хлорорганические пестициды 4 л, на фенолы 0.25 л.

Произвести отбор пробы воды на фитопланктон 1.5 л (на фитопланктон проба отбирается только из пластмассового батометра Нискина).

Последовательность отбора проб морской воды на химические элементы из батометра

Произвести отбор пробы воды на содержание растворенного кислорода 200 мл;

При наличии запаха сероводорода произвести отбор пробы воды (100 мл) на содержание сероводорода;

Произвести отбор пробы воды (100 мл) на определение водородного показателя pH ;

Отобрать пробы воды на содержание: фосфатов 100 мл, кремния 100 мл, нитритов 100 мл, нитратов 100 мл, аммонийного азота 60 мл, общего и органического азота 60 мл, общего фосфора 60 мл;

Отобрать пробу воды на соленость 300 мл.

Последовательность отбора проб донных осадков на загрязняющие элементы и гранулометрический состав

Отобрать пробу грунта на содержание металлов 100 гр.;

Отобрать пробу грунта на содержание нефтепродуктов и хлорорганических пестицидов 100 гр.;

Отобрать пробу грунта на анализ гранулометрического состава 0.5 кг.

Протереть внутреннюю поверхность батометра ватным тампоном, смоченным этиловым спиртом.

После отбора проб морской воды (перед каждой станцией) все батометры промыть чистой пресной водой.

По завершению работ (не реже одного раза в сутки) все батометры промыть чистой пресной водой и протереть этиловым спиртом.

Хранить батометры в закрытом виде в специальной батометрической стойке или в чистом ящике.

Подготовка стеклянной бутыли для отбора проб морской воды на загрязняющие элементы

Тщательно промыть бутыль в мыльной воде;

Многократно промыть чистой пресной водой;

Ополоснуть бутыль четыреххлористым углеродом и тщательно протереть наружную поверхность бутыли и оплетку тампоном, смоченным четыреххлористым углеродом (тампон держать пинцетом или специальным зажимом, избегая попадания углерода на кожу рук).

После отбора проб бутыль промыть чистой пресной водой.

По завершению работ (не реже одного раза в сутки) бутыль ополоснуть, а внешнюю поверхность протереть четыреххлористым углеродом;

После высушивания, бутыль закрыть пробкой и хранить в чистом ящике.

Подготовка дночерпателей к отбору проб грунта

Тросовая оснастка дночерпателя должна быть из нержавеющего или оцинкованного троса и не содержать смазывающих веществ из продуктов переработки нефти.

Проверить исправность и работоспособность всех узлов дночерпателя.

8.5 Отбор проб донных отложений с помощью дночерпателей

Дночерпатель «Океан – 0.25»

Перед началом забортных работ необходимо проверить техническое состояние дночерпателя. При этом обращается внимание на следующие позиции:

– оснастка (тросы, ролики) не должны быть покрыты смазочным материалом. Оснастка должна быть изготовлена из нержавеющей стали.

– внешняя и внутренняя поверхности дночерпателя очищаются от ржавчины (с помощью металлической щетки).

– в закрытом состоянии (при подъеме) дночерпатель не должен пропускать воду и отобранный осадок, при этом исключается вымывание осадка и не происходит нарушение естественного залегания.

Работа с дночерпателем в судовых условиях производится на корме, снабженной лебедкой (с тросом 12-14мм).

Начало работ (в дрейфе или на якоре) начинается с разрешения вахтенной службы. Работа на лебедке обеспечивается вахтенным матросом.

Грузовой трос от судовой лебедки завести через блок судовой кранбалки и соединить с помощью скобы с оснасткой дночерпателя. Скобу зашплинтовать.

Спусковой механизм дночерпателя завести в кольцо, указанного механизма.

С помощью лебедки, вахтенный матрос (по команде исполнителя) выполняет подъем дночерпателя.

Произвести визуальный контроль полного раскрытия дночерпателя. Полное раскрытие дночерпателя обычно происходит при подъеме на 0.5 м от поверхности палубы.

После полного раскрытия, по команде исполнителя, вахтенный матрос выводит дночерпатель за борт судна и производит спуск.

Спуск-подъем дночерпателя производится на первой скорости лебедки (до 1м/сек).

По ослаблению натяжения троса контролировать касание дночерпателя дна. При этом происходит автоматическое срабатывание спускового механизма.

Сразу (при касании дна дночерпателем) дать команду на подъем. При этом происходит закрытие дночерпателя и отбор донных осадков.

Скорость подъема должна быть равной 1м/сек (первая скорость лебедки).

Последующий подъем производить при скорости 2м/сек (вторая скорость лебедки).

Наблюдать появление дночерпателя на поверхности моря.

Заводить дночерпатель на борт судна только на первой скорости лебедки (1м/сек.).

Установить дночерпатель в поддон.

Открыть обе верхние крышки дночерпателя и убедиться, что отбор донных осадков произведен в достаточном объеме. При необходимости отбор донных осадков повторить.

После контроля достаточного объема отобранных донных осадков, поставить в известность вахтенную службу о завершении работ.

Дночерпатель Петерсона

Проверить техническое состояние дночерпателя.

Начало работ производить с разрешения вахтенного помощника.

Работа с дночерпателем производится на корме судна непосредственно исполнителем работ, в обязанности которого входит и обслуживание лебедки.

Провести подъем дночерпателя с помощью судовой лебедки (скорость спуско-подъема указанной лебедки постоянна и равна 1м/сек.

Произвести визуальный контроль полного раскрытия дночерпателя.

Вывести дночерпатель за борт и произвести спуск на дно.

По ослаблению натяжения троса контролировать касание дночерпателя дна. При этом происходит автоматическое срабатывание спускового механизма.

При касании дна начать подъем дночерпателя. При этом происходит закрытие дночерпателя и отбор донных осадков.

Контролировать появление на поверхности дночерпателя.

Завести с помощью бортовой судовой поворотной лебедки дночерпатель на борт судна

Опустить и установить дночерпатель в поддон.

Открыть обе верхние крышки дночерпателя и убедиться, что отбор донных осадков произведен в достаточном объеме.

При необходимости отбор донных отложений повторить.

После завершения работ, поставить в известность вахтенную службу судна.

Отбор проб донных отложений

Отбор осуществляется с помощью хорошо очищенного и отмытого пробоотборника. В первом случае имеется возможность дифференциации (стратификации) массы пробы, во втором практически всегда имеют дело с интегральными пробами. Пробу отбирают фарфоровой ложкой или шпателем из средней, не соприкасающейся со стенками пробоотборника части. Глубина слоя отбираемой пробы не должна превышать 3 см. Отобранную массу тщательно перемешивают, освобождая по возможности от макровключений (камешков, обломочного материала, водорослей) и помещают в широкогорлую стеклянную емкость с плотно закрывающейся крышкой. При необходимости дальнейшей консервации и хранения допускается упаковывать пробу в алюминиевую фольгу, после чего помещать в полиэтиленовый пакет с застежкой.

Описание осадков

Проводится в геологическом журнале стандартного образца, в который заносятся следующие сведения о месте пробоотбора:

- Район работ.
- Дата и время отбора
- Номер станции пробоотбора.
- Координаты места.
- Глубина места.
- Метеоусловия.
- Название судна.
- Номер рейса.
- Фамилия исполнителя.

После записи необходимых сведений о месте пробоотбора, производится описание осадка. При описании указывается:

- Гранулометрическое наименование осадка (алеврит, детрит, ракушник, песок) по преобладающей фракции.
- Для алеврито-пелитовых и пелитовых осадков-консистенция (текучая, текучепластичная, мягко- или тугопластичная, полутвердая, твердая).
- Цвет осадка
- Мощность и текстура слоев (однородная, слоистая, пятнистая, комковатая).
- Включение обломочного материала.
- Наличие и состав фауны(живые формы,отмершие).
- Наличие водорослей.
- Запах осадка (наличие сероводорода).
- Предположительный возраст и генезис отложений.
- Обязательно делается рисунок (лучше цветное фото) самого осадка, створок моллюсков, водорослей и характерных особенностей.
- Описание осадка производится только в светлое время суток.

8.6 Отбор проб поверхностного микрослоя

Сравнительная характеристика сеточного и капиллярного пробоотборников

В основу устройства сетки Гаррета положено явление смачиваемости некоторых материалов водой. Устройство представляет собой подвешенную на тросе сетку из нержавеющей стали с ячейками в 1мм^2, вставленную в рамку из того же материала. Сетка опускается под воду, затем вынимается, а задержавшаяся на ней влага собирается в сосуде для дальнейшей обработки. Предполагается, что такая сетка задерживает 0,15 мм слой жидкости с расположенной на ней пленкой поверхностно-активных веществ. Метод Гаррета не позволяет контролировать толщину слоя жидкости, из которого производится отбор и не исключает разбавления пробы нижележащими слоями воды. В реальности толщина слоя отбираемой пробы может достигать 1 мм. Кроме того, подъем сетки при высоте борта судна более 1 м может сопровождаться резким повышением концентрации определяемых веществ за счет испарения тонкого слоя воды.

При необходимости отбора проб с движущегося малым ходом судна можно использовать сетку треугольной формы, когда рамка выполнена в форме равностороннего треугольника с длиной каждой стороны 50 – 60 см.

В капиллярном пробоотборнике используется система элементарных пробоотборников (ЭП), каждый из которых представляет два последовательно соединенных капилляра. Один капилляр выполняется из смачиваемого водой материала и в процессе эксплуатации заполняется водой из изучаемого слоя, а второй, изготовленный из материала, не смачиваемого водой, выполняет функцию затвора, препятствуя проникновению воды в ЭП при попадании последнего в подповерхностные слои воды. При соприкосновении нижней части смачиваемого капилляра с морской поверхностью за счет капиллярных сил происходит втягивание поверхностных вод в ЭП. После заполнения водой первого (смачиваемого) капилляра отбор прекращается, т. К. капиллярные силы не дают возможности воде проникнуть в смачиваемую часть ЭП. Существенным в устройстве является выбор параметров капилляров в ЭП. Конструкция из двух капилляров, первый из которых (смачиваемый), имеет радиус 1 мм и длину 5 мм, дает возможность исследовать химический состав поверхностного микрослоя воды толщиной 500 мкм и менее. Многослойная пластина, пронизываемая капилляром с наличием гидрофобного участка, предотвращает гидравлический пробой капилляра при отборе пробы и попадание воды в капилляр при заплеске волн.

Подготовка пробоотборников к работе

Новый пробоотборник тщательно протирают от смазки метиленхлоридом или другим растворителем, не содержащим углеводородных компонентов, после чего промывают дистиллированной водой . Для контроля чистоты пробоотборник погружают в емкость с чистой водой так, как и при отборе пробы, а собранную воду анализируют на содержание возможных примесей. Процедуру повторяют до установления полного отсутствия углеводородных примесей в отбираемой из ПМС воде. Аналогичным образом промывают пробоотборник после отбора каждой пробы. Хранить чистый пробоотборник следует в чехле с внутренним покрытием из алюминиевой фольги или другого материала, исключающего загрязнение органическими соединениями.

Отбор проб сеткой Гаррета

Работа выполняется в резиновых перчатках.

Использование сеточного пробоотборника возможно только в штилевых условиях. Для отбора пробы чистую и сухую сетку, подвешенную на тросе из синтетического материала, в горизонтальном положении опускают за борт в носовой части судна, погружают ее на глубину в несколько см приблизительно на 5 секунд, после чего быстро поднимают. Отобранную пробу собирают в стеклянную склянку через воронку с любого угла сетки в течение 50-60 секунд. Объем пробы обычно составляет 50 -100 $см^3$ в зависимости от ожидаемого уровня содержания НУ. Для сбора необходимого количества пробы сетку опускают несколько раз.

Отбор проб капиллярным пробоотборником.

Работа выполняется в резиновых перчатках. Перед началом работы с устройства снимают защитную крышку и из корпуса вытаскивают собирающую ПМС пластину. Пластину с капиллярами, подвешенную на тросе из синтетического материала, опускают за борт и аккуратно, без удара кладут на водную поверхность так, чтобы вода снизу не пробивала капилляры насквозь и не брызгала фонтанчиками над пластиной. Затем пластину поднимают и сразу поворачивают на ребро для того, чтобы вся лишняя вода стекла. Вставляют пластину по направляющим в корпус пробоотборника. При помощи специального приспособления воздухом продувают все капилляры. Воздух, независимо от источника, обязательно пропускается через стекловолоконный фильтр GF/F.

Отобранную пробу из поддона пробоотборника через специальное отверстие собирают в стеклянную банку через воронку.

Перед отбором каждой пробы пластину для отбора проб и поддон пробоотборника промывают дистиллированной водой и продувают воздухом по методике отбора пробы.

Реактивы и оборудование для консервации и первичной обработки проб ПМС

Для консервации и первичной обработки проб ПМС применяют следующие реактивы и оборудование:

– углерод четыреххлористый, ГОСТ 20288;

– мешалка электромеханическая, составленная из электромотора и стеклянной или металлической мешалки с лопастями или

– мешалка магнитная, например, ММ-5 – ТУ 25-11-834 с перемешивающим стержнем;

– воронки химические ГОСТ 25336;

– воронки делительные вместимостью 50-100 $см^3$ с притертыми пробками ГОСТ 25336;

– склянки или банки стеклянные с винтовым горлом, с прокладкой и крышкой или с притертой пробкой для хранения экстрактов вместимостью 50-250 $см^3$ ТУ 6-19-6-70.

Консервация и первичная подготовка проб ПМС

Консервацию пробы проводят добавлением в нее четыреххлористого углерода в количестве, необходимом для последующей экстракции. Однако для предотвращения проблем с транспортировкой больших стеклянных бутылей целесообразно выполнить первичную пробоподготовку сразу после отбора.

Первичную подготовку (экстракцию НУ) проводят без предварительной консервации. Экстракцию выполняют в делительной воронке ручным встряхиванием, в колбе или банке электромеханическим либо магнитным перемешиванием. Объем проб воды – 2…5 л, соотношение «растворитель: вода» от 1:80 до 1:200. Во всех трех вариантах экстракции необходимо добиваться, чтобы экстрагент образовывал эмульсию с водой практически по всему объему обрабатываемой пробы. Время экстракции – 15 минут. Если обработке подлежит проба воды, по объему превышающая емкость экстрактора, то процесс проводят поэтапно с аликвотами пробы. При этом можно использовать одну и ту же порцию экстрагента-экстракта с добавлением на каждом последующем этапе 20% свежего растворителя. Конечный объем экстракта должен составлять 10 – 25 $см^3$ и примерно в 3 раза превосходить емкость кюветы. При выборе объема пробы руководствуются тем, что ожидаемая концентрация нефтепродуктов в экстракте должна быть выше 0,002 мг/$см^3$.

По окончании экстракции раствор оставляют на 0,5 – 3 часа до разделения фаз, после чего верхний водный слой декантируют и отбрасывают. Нижний органический слой с некоторым количеством воды, если дальнейший анализ будет проводиться на берегу, сливают в склянку для хранения экстрактов.

8.7 Дополнительные замечания по отбору проб.

Работа выполняется в резиновых перчатках.

Отбор проб проводится на стекловолоконные фильтры GF/F, обеспечивающие сбор аэрозольных частиц с линейными размерами от 0,6 мкм, с помощью устройства, позволяющего проводить отбор проб на 3 фильтра одновременно. Побудителем расхода воздуха является пылесос (например, “Karcher” NT 351 ECO) с максимальным расходом воздуха 78 $дм^3$/сек. Контроль расхода воздуха осуществляется с помощью мембранного счетчика газа G-6. При средней скорости пробоотбора 16,0±0,1 $м^3$/час длительность пробоотбора составляет 3 – 7 часов в зависимости от ожидаемого содержания определяемых веществ. Отбор производится не далее 10 м от уреза воды. Во время пробоотбора следует избегать видимого попадания брызг на фильтры. Отбор проб не производится в дождливую погоду. При отборе контролируются следующие метеопараметры: направление и скорость ветра, температура, влажность, давление, облачность. Сбор именно морского аэрозоля обеспечивается непрерывным контролем направления ветра.

Реактивы и оборудование для консервации и первичной обработки проб аэрозолей

Для консервации и первичной обработки проб аэрозолей применяют следующие реактивы и оборудование:

- углерод четыреххлористый, ГОСТ 20288;
- стеклянные пробирки с завинчивающимися крышками емкостью 10-15 $см^3$ – ГОСТ 23932.

Консервация и первичная подготовка проб аэрозолей

Для консервации пробы аэрозоля фильтр с помощью пинцета помещают в стеклянную пробирку, добавляют 5 – 10 $см^3$ четыреххлористого углерода и плотно закрывают крышкой.

8.8 Хранение проб

Законсервированные пробы воды и ПМС можно хранить в течение 5 суток. После проведения предварительной подготовки экстракты можно хранить в течение 1 месяца.

Замороженные пробы донных отложений устойчивы в течение длительного времени – до 6 месяцев.

Законсервированные пробы аэрозолей можно хранить в течение 1 месяца.

8.9 Транспортировка проб

Емкости с пробами упаковывают таким образом, чтобы упаковка не влияла на состав пробы и не приводила к потерям определяемых показателей при транспортировании, а также защищала емкости от возможного внешнего загрязнения и поломки. При транспортировке емкости размещают внутри тары (контейнера, ящика, футляра и т.п.), препятствующей загрязнению и повреждению емкостей с пробами. Тара должна быть сконструирована так, чтобы препятствовать самопроизвольному открытию пробок емкостей.

Замороженные пробы следует перевозить в сумке-холодильнике, по возможности не допуская их размораживания.

8.10 Требования к оформлению результатов отбора проб

Сведения о месте отбора проб и условиях, при которых они были отобраны, указывают на этикетке и прикрепляют к емкости для отбора проб. Допускается кодировать данную информацию при помощи нанесения на емкость для отбора проб шифра (кода).

Результаты отбора проб заносят в акт об отборе, который должен содержать следующую информацию:

– расположение и наименование места отбора проб с координатами и любой другой информацией о местонахождении;
– дату отбора;
– метод отбора;
– время отбора;
– климатические условия окружающей среды при отборе проб;
– температуру воды при отборе пробы (при необходимости);
– метод подготовки к хранению (при необходимости);
– цель исследования воды;
– другие данные в зависимости от цели отбора проб;
– должность, фамилию и подпись исполнителя.

8.11 Техника безопасности работ

Для участия в производстве отбора донных осадков с борта плавсредств допускаются лица, прошедшие инструктаж на рабочем месте и прошедшие практику с опытным специалистом.

Все работы начинаются с разрешения вахтенного помощника, старшего по плавсредству.

Перед началом пробоотбора производится осмотр оснастки дночерпателя и грузового троса, обеспечивающего спуско-подъемные операции. Оснастка, троса должны соответствовать безопасному проведению работ.

Лица, обслуживающие процесс пробоотбора должны иметь индивидуальные средства безопасности (каски, рабочие костюмы, обувь, рукавицы, страховочные пояса). Рабочее место должно быть обеспечено спасательным кругом.

Производство пробоотбора с помощью дночерпателей производится при волнении моря до 3 балов и скорости ветра до 7-10 м/сек. При усилении ветра свыше 10м/сек (дрейфе) отбор проб будет осложнен из-за опрокидывания дночерпателя. При постановке судна на якорь отбор проб донных отложений с помощью дночерпателя, имеет ограничения только по состоянию моря. При этих условиях отбор проб практически всегда происходит без повторных спуско-подъемных операций.

Глава 9. Аппаратурный блок мониторинга состояния океана

Введение

Разработка аппаратурного блока мониторинга состояния океана и атмосферы обусловлена как необходимостью изучения состояния океана, так и первостепенной важностью развития дистанционных, прежде всего спутниковых, методов исследования океана. Это важно для верификации спутниковых измерений, т.е. все параметры океана и атмосферы, измеряемые из космоса, нуждаются в калибрации контактными средствами измерений тех же параметров. На протяжении последних лет на многих судах проводятся как дистанционные измерения параметров океана и атмосферы, так и подспутниковые эксперименты. Для повышения научной и экономической эффективности проводимых исследований необходима разработка концепции оптимального аппаратурного блока.

Развитие дистанционных методов мониторинга состояния океана и атмосферы открывает новые возможности непрерывного наблюдения за изменениями, происходящими в океане и атмосфере, анализ которых позволяет своевременно обнаруживать и прогнозировать опасные явления и тенденции в региональных и глобальных масштабах с целью их предотвращения или, по крайней мере, смягчения возможных последствий.

Если говорить о глобальных проблемах, то наиболее важная из них – это изменение климата, в частности, глобальное потепление, и, соответственно, повышение уровня морей и океанов из-за таяния льдов. За прошедшее столетие средняя глобальная температура возросла на 0.6^{o}C, и уровень океана постепенно поднимается. Возможно, однако, что наибольшую угрозу представляет не возрастание температуры и повышение уровня океана, а неравномерность происходящих изменений, в результате чего может произойти перераспределение тепла и осадков на поверхности Земли.

Не менее важное значение имеет контроль и прогноз относительно коротких межгодовых и сезонных изменений, наиболее яркий пример которых – явление Эль-Ниньо, связанное с более глобальной Южной Осцилляцией (ElNino/SouthernOscillation – ENSO). Это явление определяет погодные изменения на всем земном шаре, в частности, такие катастрофические явления как наводнения и засухи.

Климатические изменения определяются изменениями количества солнечного излучения, нагревающего поверхность Земли, и балансом между приходящим коротковолновым солнечным излучением и уходящим длинноволновым. Радиационный баланс существенно зависит от количественного распределения облачности и аэрозоля в атмосфере. Эти факторы в настоящее время постоянно контролируются несколькими спутниковыми датчиками. В число постоянно оцениваемых по спутниковым данным параметров океана входят температура поверхности океана, скорость и направление ветра, топография поверхности океана, знание которой позволяет рассчитывать океанские течения.

Огромный объем информации об океане и атмосфере дают спутниковые сканеры цвета, по данным которых рассчитываются такие важные характеристики, как концентрация хлорофилла и первичная продукция, содержание атмосферного аэрозоля и параметры облаков, оптические характеристики воды, в частности, показатели поглощения и рассеяния, определяющие распространение солнечного излучения в водной толще и альбедо океана, характеризующие содержание в воде взвешенных частиц и окрашенного органического вещества и являющиеся важными параметрами биогеоэкологического мониторинга.

Полноценный мониторинг состояния Мирового океана и процессов, происходящих в его верхнем слое и атмосфере, невозможен без использования спутниковых измерений, позволяющих осуществлять долговременные квазинепрерывные наблюдения, охватывающие весь земной шар. Однако спутниковые датчики измеряют косвенные характеристики – различные параметры электромагнитного излучения, восходящего от поверхности Земли или от атмосферы. Чтобы извлечь из этих характеристик информацию о физических параметрах океана и атмосферы, используются специальные алгоритмы, которые требуют дополнения и верификации данными натурных измерений. Наиболее эффективная система мониторинга основана на сочетании спутниковых и других видов измерений. В настоящее время уже сущетсвует глобальная интегрированная система, которая включает и свободно плавающие буи для непрерывного мониторинга температуры и солености верхней двухкилометровой толщи океана, и датчики для измерения приливов, заякоренные буи, дрифтерные комплексы, и судовые аппаратурные комплексы (Рис.9.1). Судовые измерения занимают важное место в этой системе, поэтому разработке корабельной аппаратуры, обеспечивающей необходимую точность и информативность, уделяется большое внимание.

В Руководстве представлена концепция судового аппаратурного комплекса научно-исследовательского судна для обеспечения измерения важнейших характеристик океана и атмосферы. Рассматриваются возможности, технические требования и состав аппаратурного блока для мониторинга параметров океана и атмосферы, таких как облачность, аэрозоль, температура поверхности океана, скорость и направление ветра, уровень морской поверхности и др.

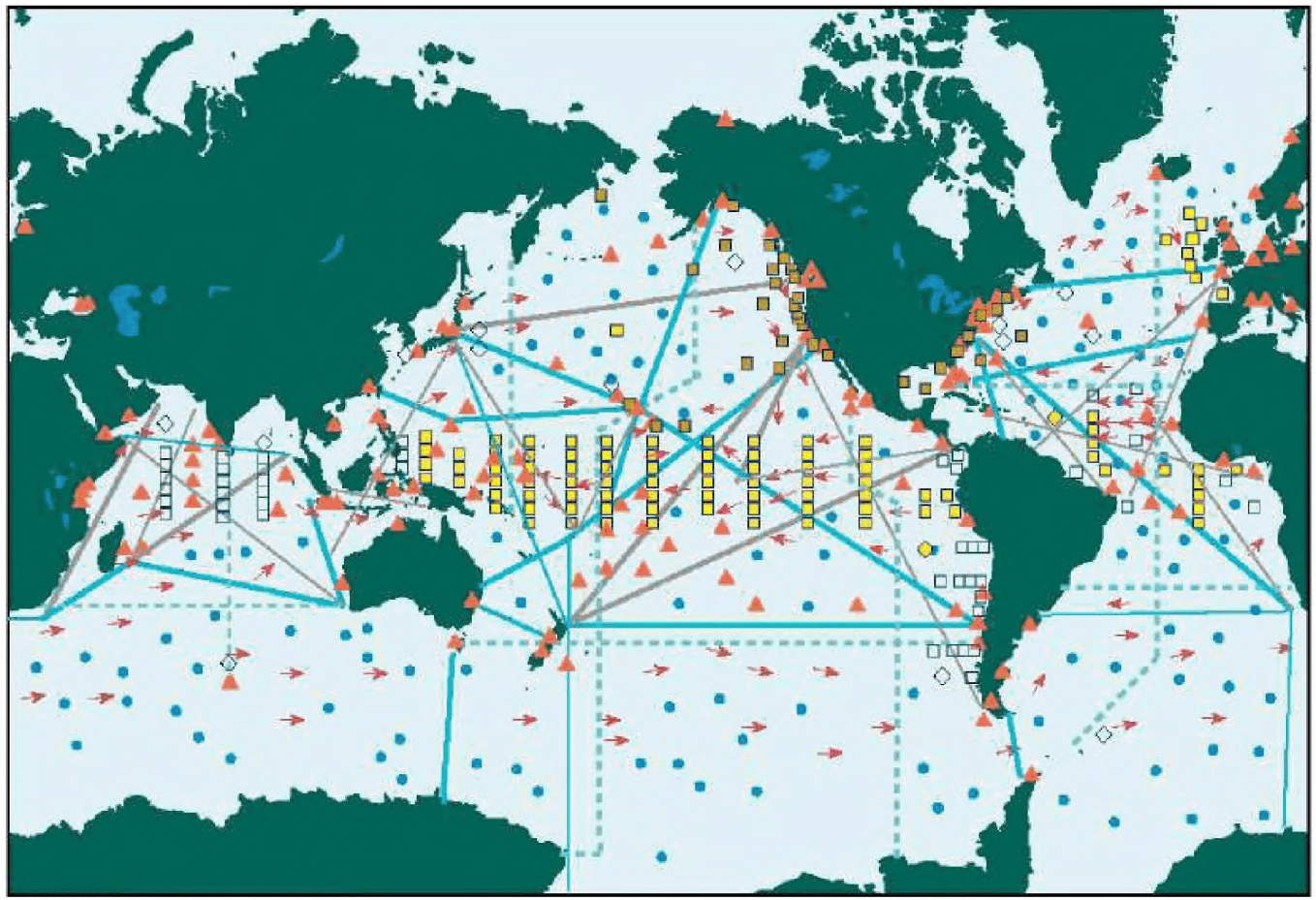


Рис.9.1 Глобальная интегрированная система наблюдений в океане

● свободно плавающие буи для непрерывного мониторинга температуры и солености верхнего 2-км слоя океана (ARGO); ▲ измерение приливов; ■ заякоренные буи; → дрифтерные комплексы; ▬ судовые измерения.

9.1 Концепция комплексных океанологических исследований

Комплексные океанологические исследования включают в себя получение репрезентативной информации о различных природных явлениях на море. При проведении экспериментальных судовых исследований в Мировом океане наиболее значимой является информация о гидрометеорологических факторах. В настоящее время мониторинг гидрометеорологической информации на научно-исследовательских судах осуществляется с помощью спутниковых систем, зондирующих и буксируемых комплексов, а также автономных океанографических станций или обсерваторий, снабженных аппаратурой ретрансляции данных от средств измерения на борт судна.

В результате на борту научно-исследовательского океанографического судна получают значительный объем измеренной информации. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее эффективно работа по проведению натурных экспериментов по изучению физических процессов, происходящих в Мировом океане, выполняется когда на борту такого судна имеются в реальном масштабе времени результаты собственных судовых, буйковых и дистанционных спутниковых наблюдений. Эти данные включают информацию о следующих гидрометеорологических параметрах:

- скорости и направлении ветра,
- атмосферном давлении,
- температуре и влажности воздуха,
- высоте и картине облачности,
- метеорологической дальности видимости,
- скорости и направления течений,
- поверхностном волнении,
- температуре и солености воды.

Последние данные крайне необходимы для оценки изменчивости вод моря и характеристик водных масс, внутренних волн, выявления глубин залегания пикноклина и других особенностей стратификации.

9.2 Судовые методы и технологии измерения гидрофизических характеристик океана

Среди судовых методов следует выделить зондирование с борта судна, метод буксируемой измерительной косы, метод свободного погружения отрывных измерительных устройств разового действия, буксировка измерительного устройства, акустическое зондирование с борта судна. Рассмотрим сущность перечисленных методов более подробно.

Зондирование с борта судна.

Метод заключается в погружении с борта судна на тросе измерительного устройства, обладающего отрицательной плавучестью. В процессе движения прибора в вертикальной толще воды датчики прибора производят измерения, результаты которых, записываются во встроенную память или передаются по каналам связи в реальном масштабе времени на бортовой регистратор данных. Метод позволяет отслеживать изменчивость температуры воды, ее электропроводности и давления на глубине, а также определять ряд дополнительных параметров, таких как мутность, концентрация кислорода, величина pH и другие в зависимости от спецификации датчиков.

Важной особенностью этого метода является возможность его применения как с заякоренных судов, находящихся в дрейфе, так и с судна, движущегося с небольшой скоростью (до 5 узлов).

Метод буксируемой измерительной косы

При реализации метода измерения проводятся с помощью буксируемой косы, представляющей собой гирлянду однотипных точечных измерителей параметров океана. Эти измерители устанавливаются на определенных горизонтах, а результаты измерений исследуемых гидрофизических параметров поступают в реальном масштабе времени на бортовое

регистрирующее устройство по соединительному кабель-тросу. Недостатком метода является существенная дискретность измерения, приводящая к необходимости интерполяции полученных данных. Метод позволяет регистрировать температуру и электропроводность воды, а также получать информацию о характеристиках внутренних волн на ходу судна.

Метод свободного погружения отрывных измерительных устройств разового действия

Метод аналогичен контактному зондированию с борта судна, но передача информации на бортовой регистратор данных осуществляется только при помощи соединительного кабеля. Наиболее распространено измерение подобным образом вертикального распределения температуры. При достижении максимальной глубины зондирования под действием собственного веса термозонд отрывается от соединительного кабеля. Метод позволяет получать оперативную информацию о распределении температуры, а также о характеристиках термоклина в океане.

Буксировка измерительного устройства

Измерительное устройство буксируется судном в поверхностном слое океана и периодически заглубляется до заданного горизонта путем вытравливания кабель-троса, либо изменения скорости судна. Метод позволяет регистрировать температуру, электропроводность и ряд дополнительных параметров (мутность, концентрацию кислорода, величину pH и другие) воды верхнего слоя океана, в зависимости от горизонта заглубления.

Акустическое зондирование с борта судна.

Для реализации этого метода используется специальная аппаратура, генерирующая акустический зондирующий импульс с заданными характеристиками. Отраженный от неоднородностей воды сигнал несет в себе информацию о параметрах среды. Наибольшее распространение этот метод получил в измерениях скорости течения водного потока.

9.3 Приборы и методики их применения для измерения гидрофизических характеристик морей и океанов

При реализации метода зондирования с борта судна используются следующие типы приборов:

-CTD-зонды (температура, давление и электрическая проводимость);

-отдельные измерительные устройства (например, измерители скорости течения).

При реализации метода буксируемой косы используют установки для измерения температуры, содержащие набор последовательно расположенных на разных горизонтах локальных преобразователей температуры, которые получили название термоградиентных. Очевидно, что вертикальные градиенты температуры в таких условиях не определяют непосредственно, а лишь путем последующей обработки.

Если такими измерениями охватывается слой воды, включающий термоклин, то, очевидно, прохождение внутренних волн на пикноклине будет отображаться в результатах измерений в виде вариаций локальной температуры на горизонтах, располагающихся достаточно близко от термоклина. Подобный способ наблюдения за внутренними волнами обладает рядом несомненных достоинств, в частности, позволяет оценивать затухание колебаний по обе стороны от термоклина, при наличии неоднородностей изучать перераспределение энергии между ними и т.д. Однако, наличие большого числа преобразователей требует обычно использования многоканальных линий связи (в частности, многоканального кабеля), что делает конструкцию в целом довольно громоздкой.

Ранее широко применялись конструкции судовых буксируемых термоградиентных установок, у которых кабельная линия связи с распределенными по ее длине локальными преобразователями температуры была выполнена в виде специальной цепи, состоящей из отдельных звеньев, имеющих сечение обтекаемой формы. На нижнем конце цепи устанавливался гидродинамический заглубитель.

С целью уменьшения линий связи в современных термоградиентных установках применяют автоматический поочередный опрос преобразователей. При этом результаты измерений по каждому каналу смещены во времени относительно друг друга. При большом числе каналов (10-15) это смещение хотя и составляет не более 1-2 с, накапливается и предопределяет довольно высокое значение минимальной дискретности по каждому каналу.

Таким образом, оба эти варианта при их использовании для регистрации внутренних волн имеют существенные недостатки: громоздкость у первого варианта и высокая дискретность, ограничивающая возможности регистрации короткопериодных колебаний, у второго варианта.

Серьезным недостатком термоградиентых установок является аппроксимация реального профиля температуры линейно-ломаной формой, что вносит большие погрешности, особенно, вблизи термоклина.

Измерение вертикального профиля температуры при помощи термокосы позволяет с определенной точностью выявлять расположение термоклина – важнейшей составной части пикноклина, поскольку именно температура морской воды является основным фактором, влияющим на изменчивость плотности и, тем самым, на формирование пикноклина. Заметим, что галоклин при этом можно не учитывать, как менее значимый фактор изменения плотности в рамках решения поставленных задач. Кроме того, установленная с борта судна термокоса, позволяет регистрировать изменчивость температуры непрерывно, причем в реальном масштабе времени, а также выявлять распространение внутренних волн в термоклине.

Вследствие отсутствия реальной технологической альтернативы, а также в контексте решаемых задач наиболее интересным представляется использование именно термокос (термопрофилографов) различных модификаций. В отличие от гидрологических зондов термокоса позволяет проводить с борта судна более длительные и детальные наблюдения за изменчивостью температуры воды, что позволяет выделять внутренние волны на пикноклине широкого спектра частот.

При реализации метода свободного погружения отрывных датчиков широкое применение получили отрывные датчики температуры. Этот метод подразумевает свободное погружение отрывных измерительных устройств температуры разового действия; Метод аналогичен контактному зондированию с борта судна, но передача информации на бортовой регистратор данных осуществляется только по соединительному кабелю. Эта особенность метода не исключает возможности его использования на ходу судна. При реализации этого метода используются обрывные зонды (XBT), позволяющие получать оперативную информацию о характеристиках пикноклина в океане. Серийно производимые в настоящее время термозонды позволяют регистрировать вертикальное распределение температуры до глубин ≈300 м

Однако при использовании отрывных датчиков температуры возникает та же методологическая проблема, что и при прямом зондировании посредством CTD-зонда, а именно – невозможность регистрации высокочастотных внутренних волн на пикноклине и их характеристик.

При реализации метода буксируемого измерительного устройства могут использоваться практически все приборы, о которых говорилось выше. К ним относятся и CTD-системы, термопрофилогафы, обрывные термозонды разового действия. Однако при использовании этих устройств необходимо учитывать их конструктивные особенности, например, прочностные характеристики.

В основе метода акустического зондирования лежат акустические доплеровские профилографы течения. Одним из главных достоинств профилографов является возможность их использования как в составе автономных буйковых станций (на дне, на поверхности, на определенной глубине, на льдине и т.п.), так и судне (дрейфующем, или двигающемся), что делает этот прибор универсальным. При установке пары профилографов (горизонтального и вертикального) на подводном объекте, либо одного, но со специальной управляющей системой ориентации прибора в пространстве, такая система позволяет получать трехмерный профиль скорости течения в режиме реального времени на расстояниях до 600 м от точки расположения прибора.

Следует также отметить, что при использовании специального программного обеспечения аккустический доплеровский профилограф, установленный на дне, способен использоваться в качестве измерителя характеристик волнения (высоты волн и направления их распространения).

9.4 Измерение гидрофизических характеристик морской воды с помощью дистанционных гидрозондов и свободнодрейфующих профилемеров. Проект «Арго»

Современная практика океанологических исследований и поисковых работ предполагает обязательное использование дистанционных *CTD*–зондов, которые позволяют получать профили вертикального распределения температуры и электропроводности (солености) в режиме реального времени. Как правило, датчики всех трех параметров вместе с устройствами сбора информации размещены в едином прочном корпусе погружаемого устройства (ПУ) зонда. Иногда в комплектацию зондов входят датчики других параметров (например, гидрохимических), а также другие измерители и дополнительное оборудование (датчик касания дна, альтиметр и т.д.).

Некоторые производители для расширения области применения своих изделий выпускают *CTD*–зонды в виде модульной конструкции.

CTD-зонды

Уже несколько десятилетий как в практику океанологических исследований и поисковых работ вошли и стали практически незаменимыми *CTD*-зонды, позволяющие получать в процессе зондирования профили вертикального распределения температуры и электропроводности (солености). Далее мы будем именовать*CTD* зондами все устройства, которые измеряют электропроводность, температуру и давление, независимо от их механической конструкции или наличия дополнительных устройств, включенных в общий корпус.

По эксплуатационным качествам все *CTD*-зонды можно разделить на две группы: зонды, работающие на кабель-тросе, и автономные зонды, для использования которых достаточно обычного троса. В то же время, в обеих группах могут быть зонды различных метрологических качеств и, соответственно, имеющих разный уровень сложности. Среди производителей*CTD*-зондов имеется несколько крупных компаний-лидеров, разрабатывающих, и выпускающих*CTD*-зонды, которые отличаются наиболее высокими метрологическими характеристиками. Кроме этих зондов, в производственную программу таких компаний входят и другие разновидности зондов, как правило, меньшей сложности.

Кроме крупных компаний, специализирующихся именно на разработке и производстве *CTD*-зондов, ряд фирм в числе другого океанографического оборудования тоже выпускает*CTD*-зонды, но меньшей точности. Как правило, они отличаются более низкими ценами, и среди них имеются модели, которые могут оказаться полезными при ведении исследований на попутных судах. Некоторые фирмы выпускают *CTD*-зонды, совмещенные с другими измерителями (течений, флуоресценции и т.п.), причем такие комбинации приборов обычно предназначены для специальных областей применения, например, для буйковых или донных постановок, а также для использования в составе буксируемой аппаратуры.

Классификация зондов по их техническим и эксплуатационным качествам

Кабельные зонды используют кабель-трос для своего электропитания и передачи данных о параметрах среды и другой информации на бортовое устройство (БУ). В ранних моделях *CTD* зондов эти данные в основном передавались в аналоговом виде (изменение напряжения тока или частоты) по многожильному кабель-тросу. Сейчас практически во всех*CTD*-зондах данные измерителей преобразуются в последовательный код и далее в цифровом виде передаются на БУ или сразу на компьютер. В качестве линии связи обычно применяют одножильный кабель-трос. Если на тросе закреплено несколько разных, устройств, то в этом случае может использоваться многожильный кабель-трос.

Главным достоинством кабельных зондов является возможность наблюдения за изменением измеряемых величин в реальном масштабе времени. В особенности это важно для совместной работы зонда с кассетой батометров, где требуется выбор горизонтов отбора проб

непосредственно во время зондирования. Другой важной областью, где это качество также необходимо, является использование зонда на буксируемом носителе или в системе прокачки забортной воды для оперативной оценки характеристик водных масс, например для поиска фронтальных зон.

Автономные зонды получают электропитание от внутренних аккумуляторов или батарей, а результаты измерений регистрируются в запоминающем устройстве для последующего считывания на борту судна. В связи с развитием цифровой техники и созданием недорогих твердотельных устройств памяти большого объема, этот тип зондов в последнее время получил широкое распространение. Однако можно отметить, что в автономном режиме могут работать и многие модификации кабельных зондов, имеющих встроенные или подсоединяемые к ним внутреннюю память и собственный источник питания. Некоторые фирмы специально выпускают так называемые *логгеры* - отдельные блоки в прочном корпусе, которые могут подключаться к кабельным зондам и позволяют их использовать в качестве автономных.

Обычные тросовые лебедки значительно дешевле кабель-тросовых как по своей стоимости, так и в эксплуатации. В связи с этим способность зондирования на обычном тросе делает автономные зонды очень привлекательными для использования на судах, не предназначенных для научных исследований. Выгодным моментом является то, что в морских условиях автономные зонды практически не нуждаются в специальном обслуживании, поэтому некоторые фирмы изготавливают *CTD*-зонды, допускающие их эксплуатацию персоналом с минимальной квалификацией. Особенно популярными такие зонды стали на судах, используемых для попутных исследований, позволяя любому члену экипажа или прикомандированному научному сотруднику работать с зондом в одиночку, используя любой способ погружения прибора.

Еще одна область, где автономные зонды являются незаменимым инструментом - это их установка на долговременные станции - донные, дрейфующие и т.п. Однако, в отличие от режима зондирования, где возможно применение и кабельных зондов в автономном варианте, *CTD*-зонды, используемые для долговременных постановок, должны обладать несколько иными качествами. Здесь наибольшее значение приобретает экономичность электропитания. С одной стороны, выполнение этой задачи требует специальной элементной базы, а также соответствующего подхода в выборе датчиков и схемных решений. С другой стороны, для долгопериодных измерений нет необходимости в частом опросе датчиков как при режиме зондирования, наоборот - в зависимости от выполнения поставленных задач, период опроса может быть в пределах от минут до часов.

В последнее время сформировалась принципиально новая концепция построения *CTD*-зонда. За основу берется автономный режим работы, при этом все электронные компоненты имеют минимальное энергопотребление. Практически все современные модели зондов работают под управлением микропроцессора с внутренним таймером, которые являются ядром функциональной схемы. Периферийные узлы зонда включают интерфейсы датчиков, платы памяти, устройство связи с внешним компьютером и блок питания. Использование микропроцессора позволяет программировать работу зонда через внешний компьютер в зависимости от направления исследований. В частности, можно выбрать период опроса датчиков в пределах от долей секунд (режим зондирования) до нескольких часов, когда в промежутках включается режим энергосбережения и прибор как бы засыпает, работая с минимальным потреблением от блока питания. Для применения такого зонда в режиме зондирования достаточно установить интерфейсную плату связи с БУ через кабель-трос (например, в отсеке для размещения автономного питания) и соответствующим образом перепрограммировать микропроцессор. Некоторые зонды имеют дополнительную энергонезависимую память для хранения калибровочных коэффициентов на используемые датчики и ряда программ, реализующих различные режимы работы зонда.

Анализ характеристик современных зондов и измеряемых ими параметров позволяет классифицировать зонды по четырем уровням точности. Одновременно эти уровни имеют соответствующие степени конструктивной сложности базового прибора и вариантов комплектации, а также предполагают разные ценовые пределы как для собственно аппаратуры, так и для стоимости ее эксплуатации.

1-й класс - это высший уровень, который предполагает измерения любого масштаба, вплоть до работ по международным программам. Де-факто, критерием высокого метрологического качества

CTD-зондов является их соответствие выполнению задач программы WOCE. Как правило, такие зонды являются основой судового зондирующего комплекса, который устанавливается в качестве штатного оборудования на всех крупных научно-исследовательских судах. В связи с тем, что одной из важнейших составляющих такого комплекса является батометрическая кассета,*CTD*-зонд должен быть обязательно кабельным и передавать информацию в масштабе реального времени.*CTD*-зонды 1-го класса имеют наивысшую степень сложности и, соответственно, отличаются высокой ценой. Для их эксплуатации на зарубежных судах существуют специальные группы технических специалистов, а их калибровка проводится наиболее часто, причем только в сертифицированных береговых центрах.

2-й класс — это средний уровень, не требующий наивысших метрологических характеристик от *CTD*-зондов, но он должен позволять проводить полигонные съемки с использованием данных при изучении мезомасштабных и, частично, мелкомасштабных процессов. Как правило, зонды этого класса значительно проще и дешевле зондов высшего уровня. Однако иногда, при тщательной калибровке, эти зонды допускаются к использованию на научных судах в качестве основных, или могут быть их дублерами. Отдельные модели*CTD*-зондов 2-го класса могут комплектоваться дополнительными датчиками и даже батометрическими кассетами. Для работы с этим оборудованием обычно не требуется многочисленный персонал и, в зависимости от комплектации, достаточно 1-2 человек. Большинство зондов 2-го класса могут работать как в кабельном варианте, так и в автономном. В связи с этим обстоятельством, такие зонды часто используются на судах, не оборудованных кабель-тросовыми лебедками, но привлекаемых для ведения исследований среднего уровня.

3-й класс, или минимальный уровень прикладных задач (например, в промысловых исследованиях) где для *CTD*-зондов требуется поиск промысловых скоплений по изотермам, а также обеспечения работы гидроакустических средств (оценка реальной скорости звука).*CTD*-зонды этого класса также используются для оценки сезонных, синоптических и частично мезомасштабных процессов. Обычно эти зонды являются законченным изделием и не комплектуются дополнительными датчиками или другим оборудованием. Зонды имеют относительно малую стоимость и могут эксплуатироваться персоналом без специальной квалификации. Как правило, такие зонды являются автономными и могут использоваться на необорудованных судах.

4-й класс, или ненормированный уровень, включает зонды, предназначенные для вспомогательных задач, связанных с оценочными измерениями. Как правило, эти зонды имеют в наборе еще несколько датчиков и представляют собой легкое погружаемое устройство, связанное с цифропоказывающим БУ многожильным кабелем длиной 30 - 200 м, намотанным на ручную вьюшку. Иногда такие зонды имеют варианты с памятью и автономным питанием. Эти приборы полностью автономны, могут использоваться с легких плавсредств и являются своеобразными тестерами качества воды.

В таблице приводятся требования к основным характеристикам зондов в соответствии с их классом и масштабом исследуемых процессов. Эти требования включают только оценки возможных систематических и случайных погрешностей *CTD* измерения основных параметров морской воды. Они не распространяются на возможные пределы динамических погрешностей измерения *CTD*-параметров, которые могут превосходить на один - два порядка значения, указанные в таблице.

Таблица 9.1

Требования к основным характеристикам зондов

Погрешность измерений			Макс, глубина погр., м
Температура, °С	Электропроводность, мСм-см	Давление, дцб	
0,002	Требования 0,001-0,003	WOCE 3	6000
0,002-0,005	1-й класс	(высший уровень)	3000

	0,002-0,005	0,42-1,5	
0,005-0,01	2-й класс 0,005-0,01	(средний уровень) 1-2	2000
0,01-0,05	3-й класс 0,01-0,04	(минимальный уровень) 1-3	1000
0,1-0,2	4-й класс 0,5-1,0% от ПШ	(ненормированный уровень) 3	30-200

Следует отметить, что приведенные требования не являются официальным стандартом, а сложились на данный период из практики экспедиционных исследований и могут со временем измениться. Иногда при очередной модернизации зонда, он начинает соответствовать по своим параметрам требованиям уже более высокого класса.

Приведем описание двух CTD-зондов, зарегистрированных в Государственном реестре Росстандарта: зонд-гидрологический CTD-2008 (регистрационный номер 43233-09) и зонд гидрологический YSI6600 (регистрационный номер в Государственном реестре 60523). CTD-зонд YSI6600 способен измерять не только температуру и давление, но и гидрохимические параметры.

Зонд гидрологический CTD-2008.

Регистрационный номер в Государственном реестре 43233-09

Назначение и область применения

Зонды гидрологические CTD — 2008 (далее - зонды) предназначены для измерений температуры, солености и избыточного гидростатического давления морской воды, а также автоматического вычисления соответствующих значений глубины погружения и скорости распространения звука при исследованиях вертикального распределения измеренных значений в поверхностном слое морей и океанов.

Область применения — научные исследования, производство гидрологических, экологических и рыбопоисковык работ.

Описание

Принцип действия зонда заключается в преобразовании первичными измерительными преобразователями (датчиками) зонда текущих значений температуры, относительной электрической проводимости и избыточного гидростатического давления водной среды, в которую погружен зонд, в соответствующие этим физическим величинам аналоговые электрические сигналы, формирования их цифровых эквивалентов (кодов) с помощью быстродействующего многоканального программируемого АЦП. Текущая измерительная информация с привязкой к реальному времени вводится в собственную твердотельную память зонда.

Зонд снабжен собственным источником питания — аккумуляторной батареей, обеспечивающей долговременную автономную работу и многократную зарядку в промежутках между измерениями от сети переменного тока напряжением 220 В.

После извлечения из воды зонд подключают к стандартному ЭВМ — совместимому персональному компьютеру (ПК), обеспечивающему считьпіание измеренных значений температуры, относительной электрической проводимости и гидростатического давления из памяти зонда.

Программа, устанавливаемая на ПК с компакт-диска, входящего в комплект поставки зонда, заиищена от несанкцнонированной коррекции коэффициентов преобразования и обеспечивает вычисление солености, глубины и скорости звука в морской воде по измеренным значениям температуры, относительной электрической проводимости и гидростатического давления, отображение дают в единицах измеренных физических величин и документирование результатов измерений.

Алгоритм автоматического вычисления солености базируется на уравнении Международной практической шкалы солености морской воды МПШС-78 (ГССД-84).

Измерение солености морской воды основано на зависимости электрической проводимости электролитов (морской воды) от концентрации и состава ионов, а также от температуры н гидростатического давления водной среды.

В качестве датчика относительной электрической проводимости (ОЭП) морской воды, используемой для вычисления солености, использована высокостабильная бесконтактная кондуктометряческая ячейка индуктивного типа.

В качестве датчика температуры использован малоинерционный полупроводниковый термометр сопротивления (термистор).

Для измерения избыточного гидростатического давления используется датчик с деформационным тензометрическим чувствительным элементом.

Конструктивно зонд представляет собой герметичный металлический корпус цилиндрической формы, на нижнем торце которого установлены дамки температуры и ОЭП.

Датчик гидростатического давления установлен внутри корпуса зонда и сообщается с внешней средой через трубку, подведенную к отверстию приемного штуцера на боковой поверхности торцевой крышки.

Корпус зонда имеет ограждение, предназначенное для защиты датчиков температуры и ОЭП от внешнего механического воздействия.

Во внутренних, герметично разделенных отсеках корпуса размещены электронные платы с AL ГI и вторичными преобразователями и аккумуляторный блок питания зонда На верхней крышке установлены магнитный выключатель электропитания поворотного типа и герметичный коаксиальный соединитель, обеспечивающий подключение извлеченного из воды зонда к компьютеру и к зарядному устройству.

Зонд, свободно подвешенный к несущему тросу, погружается и извлекается из воды с помощью малогабаритной лебедки, входящей в комплект поставки.

Основные технические характеристики

Основные технические характеристики приведены в Таблице 9.2.

Таблица 9.2

Наименование характеристики	Значение характеристики
1 Измерительный канал температуры морской воды: - диапазон измерений, °С - пределы допускаемой абсолютной погрешности, °С	 от минус 2 до 30 ± 0.005
2 Измерительный канал солености морской воды: - диапазон измерений, относительные единицы солености (п.е.с.) - пределы допускаемой абсолютной погрешности, п.е.с.	 от 0.020 до 42,000 ±0.005
3 Измерительный канал избыточного гидростатического давления: - диапазон измерений, кПа - пределы допускаемой абсолютной погрешности, кПа	 от 0 до 3000 ±3
4 Напряжение питания (номинальное напряжение аккумуляторной батареи), В	9±2
5 Потребляемая электрическая мощность, не более, мВт	150
6 Время непрерывной работы при цикличности измерений 1с, не менее, ч	8,5
7 Периодичность циклов измерения, с	1, 2, 6
8 Объем памяти, циклов	20000
9 Масса, не более, кг	5
10 Габаритные размеры: - диаметр, мм - высота, мм	 90 300
11 Условия эксплуатации: - диапазон рабочих температур, °С - диапазон гидростатических давлений, кПа	 от минус 2 до 30 до 3000
12 Средний срок службы, лет	10
13 Вероятность безотказной работы в течение 1 года, Р	0,95

Знак утвержденин типа

Знак утверждения типа наносится типографским способом на титульный лист формуляра, а также краской на корпус зонда.

Комплектность

Обозначение	Наименование	Коли-чество
ИСАТ.416413.001	Зонд CTD -2008	1
СУЕИ. 467119.001	Специальный компьютерный кабель с адаптером	1
H500 тип GP PB50GS270CA-UE4/6 Изготовитель: GP	Зарядное устройство	1
UPort 1110 Изготовитель: MOXA Inc.	Адаптер USB (для ноутбуков)	1
Э010-001	Комплект программного обеспечения на компакт-диске	1
ИСАТ.416413.001 ФО	Формуляр	1
ИСАТ.416413.001 РЭ	Руководство по эксплуатации	1
МП 254-0012-2009	Методика проверки	1
Э02.51.00.000	Малогабаритная лебедка с ручным приводом	1

Поверка

Поверку зонда осуществляют в соответствии с документом МП 254-0012-2009 «Зонд гидрологический СТО — 2008». Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» « 30» октября 2009 г.

Основные средства поверки:

-манометр грузопоршневой МП-60, класс точности 0,05 по ГОСТ 8291-83;

-эталонный термометр 1-го разряда ПТС-10 по ГОСТ 8.558-93;

-термостат ТВП-6, АБЛ 217.00.000 ТУ;

-электросолемер ГМ-2007 по ЯИКТ.414311.001 ТУ.

Межповерочвый интервал —1 год.

Нормативно-техническая документация

1. ГОСТ 8.017-79 ГСИ. Государственный первичный эталон и поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа.
2. ГОСТ 8.558-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.
3. ГОСТ 8.457-2000 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей.
4. ГСССД 77-84. Морская вода. Шкала международной практической солености МПШС-78.
5. Техническая документация изготовителя.

Заключение

Тип зондов гидрологических СТО — 2008, зав. М2 01, 02, 03, 04 и 05, утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации согласно государственным поверочным схемам.

Изготовитель:

ОАО «НПП «Радар ммс»
Адрес: 197375, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 37
факс: (812) 302-16-16
ИНН 7814027653

Зонды гидрологические YSI 6600

(регистрационный номер в Государственном реестре 60523).

Назначение средства измерени

Зонды гидрологические YSI 6600 (далее – зонды) предназначены для измерений удельной электрической проводимости (УЭП), pH, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), мутности, температуры, массовой концентрации растворенного кислорода, а также массовых концентраций ионов нитратов (NO_3^-), и аммония (NH_4^+) в морской и природной воде.

Описание средства измерений

Принцип действия канала измерения УЭП основан на измерении силы тока и напряжения между электродами в четырёхэлектродной (два токовых и два потенциальных электрода) кондуктометрической ячейке.

Принцип действия каналов измерения pH, Eh, а также массовых концентраций ионов нитратов (NO^{3-}), и аммония (NH^{4+}) основан на измерении ЭДС электродной системы, образуемой pH-электродами.

Принцип действия канала измерения массовой концентрации растворенного в воде кислорода амперометрическим методом основан на измерении силы тока между платиновым катодом и серебряным анодом в первичном преобразователе (мембраной ячейке Кларка) посредством специально созданным фирмой YSI независящим от скорости перемешивания среды датчиком «Рапид-Пульс»™.

Принцип действия канала измерения температуры основан на преобразовании электрического сопротивления, поступающего в электронный блок от первичного преобразователя, пропорционально измеряемой величине.

Принцип действия канала измерения мутности основан на оптическом измерении взвешенных твердых частиц в воде.

Конструктивно зонд состоит из электронного блока, размещенного в герметичном корпусе и пристыкованных к нему сенсоров (кондуктометрической ячейки, ионоселективных и pH-электродов, преобразователей температуры и массовой концентрации растворенного в воде кислорода). Конструкция зонда позволяет эксплуатацию на глубинах до 200 м.

Зонд способен одновременно записывать и сохранять в памяти до 150000 индивидуальных результатов измерений.

Каждый зонд имеет аппаратный интерфейс стандарта RS485, предназначенный для их настройки, калибровки и для получения показаний приборов и копирования данных из памяти устройств на компьютер. Используемый интерфейс позволяет подключить к зондам все без исключения регистраторы данных, устройства передачи данных, а также носимые устройства, располагающие аналогичным разъёмом RS485. как правило, электропитание зондов обеспечивается либо за счет подключаемых к ним устройств, либо от внешних источников (12 В).

На Рис.9.2 приведен внешний вид зонда.

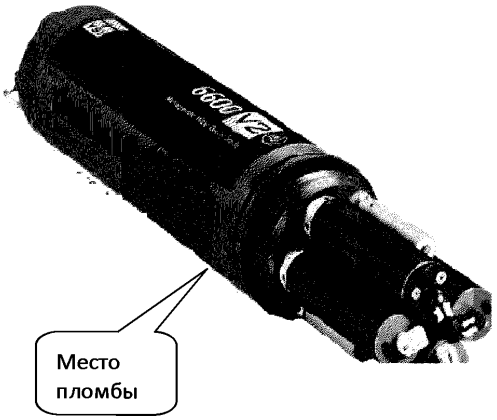


Рис.9.2 Внешний вид зонда гидрологического YSI 6600

Программное обеспечение

Зонды гидрологические YSI 6600, имеют встроенное программное обеспечение «YSI-6600», специально разработанное для решения задач управления зондом, выполнения измерений, сохранения результатов измерений и передачи данных на ПК, на котором установлен специальный программный продукт (автономное ПО) «YSI6600.hex», предназначенный для изменения настроечных параметров зонда, просмотра (распечатывания), отображения, хранения данных и работы с ними.

Структура встроенного программного обеспечения представляет древовидную форму. Встроенное ПО защищено на аппаратном уровне (опломбирование) от несанкционированной подмены программного модуля.

Просмотр номера версии встроенного программного обеспечения доступен в программе «Eco Watch» в меню «Main Menu» подразделе «Status».

Просмотр номера версии автономного программного обеспечения доступен в программе «Eco Watch» во вкладке «Help».

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в Таблице 9.3.

Таблица 9.3

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	«YSI6600.hex»	Eco Watch for Windows
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1	3.18
Цифровой идентификатор ПО	BE669240 вычислен по алгоритму CRC32	2F808D5C вычислен по алгоритму CRC32
Другие идентификационные данные (если имеются)	-	-

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «средний» по Р 50.2.077-2014.

Влияние ПО учтено при нормировании метрологических характеристик.

Таблица 9.4

Метрологические и технические характеристики

Наименование характеристики	Значения характеристики
Диапазон измерений удельной электрической проводимости (УЭП), мСм/см	от 0,001 до 100
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений удельной электрической проводимости (УЭП), %	± 1

Диапазон измерений водородного показателя pH	от 1 до 14
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений водородного показателя pH	± 0,2
Диапазон измерений окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), мВ	от минус 167 до 999
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), мВ	± 20
Диапазон измерений мутности, ЕМФ	от 0 до 1000
Пределы допускаемой погрешности измерений мутности: -абсолютной в диапазоне от 0 до 100 ЕМФ, включительно, ЕМФ; -относительной в диапазоне свыше 100 до 1000 ЕМФ, %	 ± 5 ± 5
Диапазон измерений температуры, °С	от 2 до 45
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	± 0,15
Диапазон измерений массовой концентрации растворенного кислорода, мг/дм^3	от 5 до 50
Пределы допускаемой погрешности измерений массовой концентрации растворенного кислорода: -абсолютной в диапазоне от 5 до 20 мг/дм^3, включительно, мг/дм^3; -относительной в диапазоне свыше 20 до 50 мг/дм^3, %	± 2 ± 6
Диапазон измерений массовой концентрации ионов: - нитратов (NO_3^-), мг/дм^3; - аммония (NH_4^+), мг/дм^3	 от 0,5 до $60 \cdot 10^3$ от 0,5 до $18 \cdot 10^3$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массовой концентрации ионов, %: - нитратов (NO_3^-); - аммония (NH_4^+)	 ± 5 ± 5
Электрическое питание постоянный ток: -напряжение (от 8 щелочных батарей типа С), В	12
Габаритный размеры: - длина, мм, не более; - диаметр, мм, не более	 520 82
Масса, кг, не более	2,7
Средняя наработка на отказ, ч	7000
Срок службы, лет	5
Условия эксплуатации: – температура воздуха, °С; – относительная влажность воздуха, %; – атмосферное давление, кПа, не более	 от минус 5 до 45 от 10 до 95 106,7

Знак утверждения типа

Знак наносится на корпус зонда в виде клеевой этикетки и на формуляр - типографским способом.

Комплектность средства измерений

В комплект входят:

1. Зонд с кабелем – 1 шт.
2. Набор сенсоров*.
3. Набор запасных частей – 1 шт.
4. Контрольные растворы – 1 компл.
5. Набор аккумуляторов – 1 компл.
6. Набор кабелей RS 485/232 для подключения – 1 компл.

7. Адаптер для подключения к компьютеру – 1 шт.
8. Диск с автономным ПО – 1 шт
9. Формуляр – 1 шт.
10. Руководство пользователя – 1 шт.
11. МП 242-1774-2014– 1 шт.
* - набор сенсоров может отличаться в зависимости от комплектации.

Поверка

Поверка осуществляется по следующим документам:

1) МП 242-1785-2014 «Зонды гидрологические YSI 6600. Методика поверки», утвержденная ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в июле 2014г.;

2) ГОСТ Р 8.722-2010 «ГСИ. Анализаторы жидкости кондуктометрические. Методика поверки»;

3) Р 50.2.045-2005 «ГСИ. Анализаторы растворенного в воде кислорода. Методика поверки»;

4) Р 50.2.036-2004 «ГСИ. pH-метры и иономеры. Методика поверки»;

5) ГОСТ Р 8.702-2010 «ГСИ. Электроды для определения окислительно-восстановительного потенциала. Методика поверки».

Средства поверки:

- рабочие эталоны pH 2-го разряда - буферные растворы по ГОСТ 8.120-99;
- СО состава водного раствора нитрат ионов (NO_3^-) ГСО 7820-2000;
- СО состава водного раствора ионов аммония (NH_4^+) ГСО 7747-99;
- термометр ртутный, ТР-1;
- ГСО мутности (формазиновая суспензия) 7271-96;
- стандарт-титры СТ-ОВП-01-1 и СТ-ОВП-01-2 (готовятся насыщением хингидроном буферных растворов pH 1,65 и 6,86)
- кондуктометр лабораторный КЛ-4 с диапазоном от 10^{-4} до 100 См/м, погрешность ± 0,25 %;
- поверочные газовые смеси ГСО-ПГС состава ($O_2 + N_2$).

Сведения о методиках (методах) измерений

Приведены в формуляре «Зонды гидрологические YSI6600».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к зондам гидрологическим YSI 6600

1. ГОСТ Р 8.722-2010 «ГСИ. Кондуктометры жидкости лабораторные. Методика поверки».
2. Р 50.2.036-2004 «ГСИ. pH-метры и иономеры. Методика поверки».
3. ГОСТ 8.450-81 «ГСИ. Шкала окислительных потенциалов водных растворов».
4. ГОСТ 8.120-99 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений pH».
5. ГОСТ 8.457-2000 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей».
6. ГОСТ Р 8.766-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений массовой концентрации растворенных в воде газов (кислорода, водорода)».
7. ГОСТ Р 8.702-2010 «ГСИ. Электроды для определения окислительно-восстановительного потенциала. Методика поверки»»
8. Техническая документация фирмы «YSI inc», США.

Изготовитель

Фирма «YSI inc», США
Адрес: 1700/1725 Brannum Lane, Yellow Springs, Ohio 45387
Тел. (800) 765-4974, (937) 767-7241, fax (937) 767-9320

Свободнодрейфующие профилемеры. Проект «АРГО»

С середины 1950-х годов начались инструментальные измерения с помощью погружаемых буев. Поначалу эти аппараты почти не содержали электроники и выполняли роль щепок, брошенных в реку. Дрейфуя на больших глубинах, они периодически подавали звуковые сигналы, которые пеленговались океанографическими судами и позволяли определить координаты зонда. Кстати, даже по форме первые аппараты напоминали гигантские щепки — длинные алюминиевые трубы, заполненные жидкостью, сжимаемой меньше морской воды. Наблюдая за подводным движением таких маяков, ученые смогли обнаружить крупные глубоководные течения, невидимые инерционные и приливные колебания океана. Лучше всего была изучена Северная Атлантика.

В 70-е годы развитие электроники позволило устанавливать на буи более сложные детекторы и постепенно превращать их в полноценные исследовательские зонды. Размеры буев могли быть достаточно большими, батареи — емкими, собранная информация — очень важной, но проблемой по-прежнему оставалась передача данных. Как известно, морская вода проводит электричество, а значит — экранирует радиоволны. Поэтому удобная радиосвязь, позволяющая управлять приборами даже на других планетах, в океане оказывается бесполезной. Если подлодки еще могут кое-как использовать ее, применяя сверхнизкие частоты и киловаттные мощности, то для погружаемых буев это невозможно. До сих пор у них есть только два выхода — передавать данные звуком, который в воде распространяется далеко, или всплывать на поверхность, поднимая над водой антенну.

В 70-е годы, как в заякоренных, так и в дрейфующих зондах, применялись оба способа связи, но по мере развития исследовательских спутников радио стало доминировать. Спутники впервые позволили ученым не охотиться за буями на океанографических судах, а находиться в институтах и принимать данные, собранные со всего земного шара. Осваивая эту технологию, океанологи проводили все более глобальные эксперименты, пока, наконец, в 1990 году не начался WOCE (The World Ocean Circulation Experiment; www.woce.org) — эксперимент по изучению циркуляции Мирового океана. Этот проект впервые потребовал покрыть зондами все океаны (на поверхности и под ней), и в его рамках был создан новый тип автономных аппаратов, которые могли многократно погружаться, дрейфовать на глубине и всплывать для передачи собранной информации.

Проект был международным, и в нем применялось несколько разновидностей зондов (например, SLOCUM — без батарей, питающийся за счет разницы температур), но главное — была отработана конструкция автономных аппаратов, свободно дрейфующих в глубине, а при всплытии — передающих данные через спутник. В большинстве случаев для этого использовалась орбитальная система Argos, состоящая из нескольких ретрансляторов на спутниках американского метеоведомства NOAA (Ретрансляторы Argos System всегда составляли лишь часть полезной нагрузки метеоспутников). Они вращались на низких (850 км) полярных орбитах и за сутки несколько раз сканировали всю планету, принимая данные из любой точки океана.

Океанские зонды WOCE погружались на километровую глубину, а их установка длилась до конца 90-х, но уже в середине проекта стало ясно, что сбор данных такими зондами чрезвычайно перспективен и его надо расширять. Так родился проект Argo.

Сегодня автоматические погружаемые зонды для проекта Argo изготавливаются во многих странах. Конструкции разных производителей отличаются в деталях, но в целом они похожи. Самые популярные зонды APEX представляют собой алюминиевые цилиндры диаметром 16,5 см, высотой 1,3 м и весом 26 кг. Они могут плавать, как буйки на поверхности воды, и они это делают, когда передают собранные данные, но главное — они могут погружаться. Внутри корпуса находится электромотор с поршнем, а под корпусом — пузырь со специальной жидкостью. Двигая поршень, мотор выдавливает жидкость из цилиндра в пузырь, или наоборот — засасывает внутрь, отчего зонды всплывают и погружаются на заданную глубину.

Прочность и простота инициализации аппаратов, позволяют сбрасывать их даже с низколетящих самолетов. После попадания в воду каждый зонд проекта Argo находится на поверхности несколько часов, измеряя температуру и соленость воды. Затем, по команде собственного процессора, начинается погружение на два километра со скоростью около 10 см/с. Это занимает более шести часов, после чего зонд дрейфует девять дней в глубоководных течениях. На девятый день начинается всплытие, при котором записывается окружающая температура и соленость.

После подъема на поверхность запись передается в виде пакетов длиной до 256 бит. Это обычные характеристики для орбитальной системы Argos System, созданной, кстати, еще в 1979 году и сегодня обслуживающей более 10 тысяч наземных передатчиков. Обслуживание одного передатчика в системе Argos стоит примерно 10 долларов в сутки за данные и вычисление координат, и вдвое меньше только за данные. Подробнее см. www.argosinc.com). Сейчас Argos System состоит из двух спутников, которые проходят над любой точкой экватора (в зоне радиовидимости) шесть-семь раз в сутки, а над полюсами 28 раз. «Окно» радиосвязи (пока односторонней) длится около десяти минут. Интересно, что эта система позволяет определять координаты наземных маяков безо всякой GPS. Принимая сигналы, два спутника фиксируют доплеровский сдвиг частот (когда приближаются к передатчику и удаляются от него), а наземный центр обработки может вычислить по таким сдвигам расположение маяка с точностью от 1 км до 150 м.

Океанские зонды дрейфуют на поверхности воды до полусуток, а затем опять погружаются (Глубина подводного дрейфа может быть задана и меньше 2 км, но перед всплытием зонд все равно должен попытаться нырнуть и снять данные, начиная с двухкилометровой глубины). Щелочные батареи, занимающие большую часть алюминиевого корпуса, позволяют выполнить более полутора сотен циклов погружение-всплытие. В промежутках между ними зонд почти не расходует энергии, поэтому общий срок работы должен составлять четыре года.

Проект АРГО является первой попыткой организации постоянно действующей глобальной сети океанографических станций на основе дрейфующих буев-измерителей. С учетом существующей сети поверхностных буев сеть буев-измерителей составляют основу новой науки-оперативной океанографии.

Данные, получаемые с этой сети важны, прежде всего, для прогноза погоды и климата (поэтому проект АРГО является частью программы CLIVAR), а также прогноза состояния океана (поэтому проект АРГО является частью программы GODAE).

БУИ АРГО

Непосредственными предшественниками буёв-измерителей были глубинные дрейфующие буи ALACE, широко использованные в проекте WOCE в конце 80-х годов.

В настоящее время производится 4 разновидности буев-измерителей, используемых в проекте АРГО. Наибольшее распространение получили два вида, производимых в Фалмуте, США (АПЕКС) и во Франции (ПРОВОР). Организации, использовавшие несколько типов (для сравнения характеристик), неизменно переходили к буям АПЕКС.

Буй АПЕКС обычно комплектуется тремя датчиками (давления, температуры и электропроводности. Его длина с антенной- около 2 м. Горизонт дрейфа и нижний горизонт измерений на буях нового типа можно задавать различными.

Для проекта АРГО приняты следующие установочные параметры буев: нижний горизонт измерений-2000 м, а дискретность измерений- 10 дней, время нахождения на поверхности- около 6 часов. Параметры неизменны в течение всей продолжительности дрейфа (3-4 года, если буй не будет выловлен). Предполагается, что буй должен произвести до 150 станций за весь период работы.

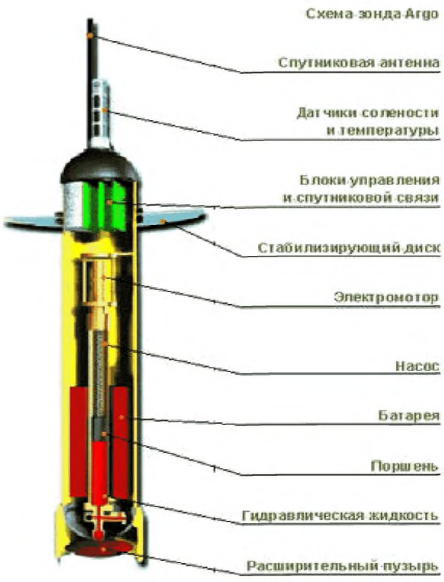


Рис.9.3 Схема зонда Argo

Предполагается, что параметры буев в будущем могут меняться по команде с берегового компьютера (по обычному каналу). Соответствующие спутники уже запущены и ведется отладка таких буев.

Связь и данные

Данные измерений одной станции передаются (Рис.9.4) на систему спутников (АРГОС), проходящих через место всплытия буя. Если сеанс связи пропущен (нет спутника или поверхность недоступна - лед или вода более низкой, чем предполагалось, плотности) - данные пропадают.

Полученные через спутник данные перекодируются (с шестнадцатиричного в десятиричный код), проверяются их координаты и точность и в течение суток передаются в глобальную метеосеть (ГСТ), т.е. доступны всем странам. После более детального контроля качества данных (занимающего несколько месяцев), они передаются в центры АРГО.

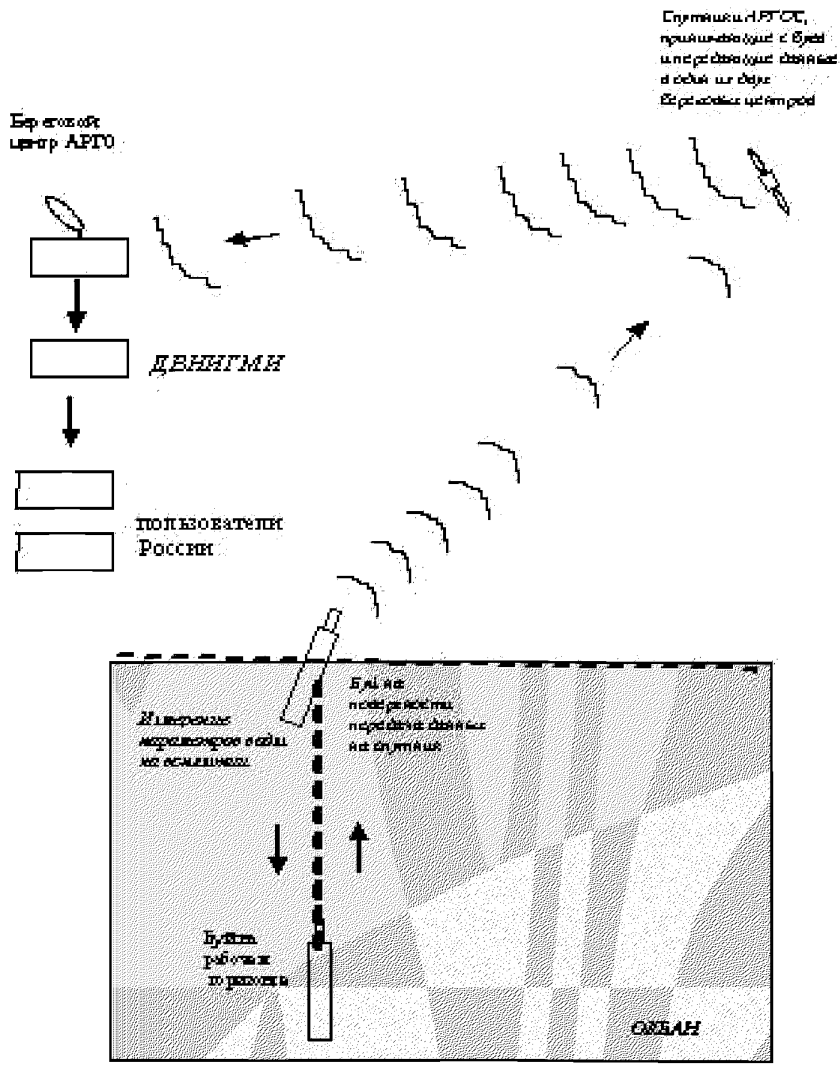


Рис.9.4 Схема связи буя измерителя с береговым центром

Степень доступности к таким данным дифференцирована в зависимости от страны и группы, к которой относится пользователь. Для ученых данные доступны с разрешения того ученого (ПИ-principal investigator), кто является ответственным за проект. Так как в одной стране могут быть несколько ведомств, осуществляющих постановку, и несколько ПИ, то их интересы соблюдаются.

9.5 Отрывные измерительные устройства одноразового действия

Метод свободного погружения отрывных измерительных устройств одноразового действия использует XBT-зонды. С помощью XBT-зонда осуществляется измерение профиля температуры, существуют также XSV-зонды для измерения профиля скорости звука. Конструктивно они представляют собой устройства сигарообразной формы с хорошо обтекаемой носовой частью. Внутри прибора расположены: высокочувствительный датчик температуры, внутренняя электроника и катушка с проволокой, через которую осуществляется передача данных на терминал. Вся система в целом состоит из трех элементов: XBT-зонда, терминала приема, записи и первичной обработки измерительной информации и пусковой установки. Аналогично устроены и XSV-зонды.

В настоящее время выпускается целый ряд XBT-зондов и ряд дополнительных устройств для их применения.

Принцип действия XBT-зондов заключается в следующем. Зонд погружается в воду и находится в свободном падении. Проходя через толщу воды он измеряет температуру получая тем самым практически непрерывный профиль температуры. Вес зонда точно определен, через математические соотношения определяется привязка профиля температуры к глубине с погрешностью ±2%. Прецизионный датчик температуры обеспечивает измерение профиля с погрешностью ±0,1%.

Характеристики различных моделей XBT-зондов приведены в Таблице 9.5.

Таблица 9.5

Характеристики XBT-зондов

Модель	Максимальная глубина погружения	Скорость судна	Разрешающая способность
T-4	460 м	30 узлов	65 см
T-5	1830 м	6 узлов	65 см
Fast Deep	1000 м	20 узлов	65 см
T-6	460 м	15 узлов	65 см
T-7	760 м	15 узлов	65 см
Deep Blue	760 м	20 узлов	65 см
T-10	200 м	10 узлов	65 см
T-11	460 м	6 узлов	18 см

XBT- зонды могут быть использованы как с подводной так и надводной пусковых установок.

9.6 Буксируемые измерительные устройства

В настоящее время широкое распространение получили буксируемые по волнообразной (синусоидальной) траектории носители океанических датчиков – ондуляторы. Попеременно всплывая к поверхности и погружаясь до максимальных глубин в 100-400м, комплекс океанологических датчиков, установленных на андуляторах, позволяет получать на ходу судна практически непрерывные разрезы по соответствующим параметрам. Как правило, на андуляторы устанавливаются не только обычные CTD-зонды с комплектом дополнительных датчиков, но и другая аппаратура.

MiniBAT (Guildline, Канада) и BIO-FISH ("ADM-Electronik GmbH") – это очень легкие аппараты, напоминающие по форме двухкилевой аэроплан с открытым корпусом простой каркасной конструкции и небольшим полезным объемом, предназначенные для работы при слабом волнении и не высоких скоростях буксировки на малых глубинах. Несколько лучшие характеристики имеет буксируемый носитель типа ScanfishMkI корпус которого, пользуясь авиационной терминологией, выполнен в виде летающего крыла с небольшими концевыми килями. Эти три носителя нельзя назвать андуляторами в строгом смысле этого слова, так как в

основном они предназначены для буксировок на постоянном горизонте, а величина глубины горизонта обеспечивается необходимым соотношением длины кабель-троса и скоростью буксировки. Применяя реверсивный режим работы лебедки, можно буксировать носители по синусоидальной траектории, но такое решение значительно сокращает жизненный ресурс лебедки и поэтому используется редко.

Глубоководный буксируемый носитель Scanfish Mk II имеет форму, близкую к предыдущей модели, но большие размеры, а само крыло снабжено раздельно управляемыми закрылками, которые позволяют буксировать носитель по синусоидальной траектории или менять горизонты буксировки без изменения длины кабель-троса. Следует отметить, что малая площадь концевых килей не может обеспечить носителю курсовую устойчивость во всех режимах буксировки, что, впрочем, характерно и для авиационных аппаратов с этой формой корпуса. Более совершенными глубоководными носителями являются BATFISH II фирмы Guildline и SeaSoar фирмы ChelseaInstrumentLtd. Оба носителя выполнены по самолетной схеме с двумя крыльями и однокилевым хвостовым оперением с горизонтальными и вертикальными рулям, причем сечение основного тела имеет овальную форму с боковым сжатием, что повышает курсовую устойчивость. Полезный объем SeaSoar позволяет разместить всю необходимую аппаратуру внутри корпуса в отличие от канадской модели, на которой часть измерителей должна навешиваться снаружи. SeaSoar также имеет альтернатор (кормовой винт с генератором), позволяющий использовать буксируемый комплекс в автономном режиме на тросе без кабеля. Несмотря на все достоинства глубоководных андуляторов, их большие габариты и множество выступающих частей вызывают определенные эксплуатационные сложности, ограничивая область их применения крупными научно-исследовательскими судами, имеющими специальные лебедки и кормовые спускоподъемные устройства.

Самыми распространенными являются андуляторы для средних глубин, охватывающих всю эвфотическую зону. Фирмой Valeport выпускается буксируемый носитель U-Tow, форма корпуса которого напоминает сегмент самолетного крыла, причем ширина корпуса соизмерима с его толщиной. В отличие от датских носителей, по центру задней части корпуса расположен вертикальный киль и два небольших управляемых боковых крылышка. Использование встроенных датчиков тангажа и крена в комплексе с корректирующей компьютерной программой значительно повысило курсовую устойчивость носителя.

Полностью проблема устойчивости была снята только в конструкции андулятора фирмы Chelsea Instruments Ltd – AquashuttleMkIII. Форма корпуса напоминает носитель U-Tow, однако Aquashuttle имеет гидродинамически просчитанный и хорошо обтекаемый корпус, выполненный из стеклопластика с внутренней стальной рамой, и главное, два сильно развитых вертикальных киля, соединенных в своей верхней части управляемым крылом. Носитель обладает очень высокой прочностью и может работать на скорости до 25 узлов. На меньших скоростях в средней части корпуса дополнительно устанавливаются два небольших крыла. Модификация этой модели пользуется большим спросом.

Таблица 9.6

Основные характеристики буксируемых систем

Модель	Глубина, м	Скорость, узл.	Полезн. объем, л	Кабель-трос		Размеры см	Вес, кг
				Диам. мм	число жил		
MiniBAT	60	3-10	25	4.75	1; 4	75×32×70	7
BIO-FISH	60	3-8	25	4.75	3	75×32×70	7
Scanfish Mk I	100	2-10	25	6.35	1; 4	100×13×75	34
Scanfish Mk II	500	2-10	40	6.35	1; 4	100×14×80	50
BATFISH II	400	3-12	-	8.20	7	130×90×125	85
Sea-Soar	500	4.5-12	120	9.53	7	150×98×160	150
U-Tow	100	4-20	60	8.20	7	120×48×81	100
Aquashuttle	150	5-25	45	8.20	1; 7	106×50×72	66

Mk3							
Nu-Shuttle 400	150	4.5-15	80	8.20	1; 7	130×57×40	72
Nu-Shuttle 500	150	4.5-10	100	8.20	1; 7	130×57×50	75

9.7 Мареографы

Как отмечалось ранее, кроме выделения собственно пикноклина, а также внутренних волн на нем, весьма важным гидрофизическим фактором, влияющим на эксплуатацию в условиях надводного плавания является измерение характеристик поверхностного волнения.

Граница раздела океан-атмосфера представляет собой несомненный интерес с точки зрения эксплуатации в условиях надводного плавания. Из гидрофизических характеристик океана способных повлиять на эту эксплуатацию, в первую очередь, следует выделить волнение на поверхности моря, а также ледовую обстановку и различные метеорологические факторы.

С точки зрения задач, решаемых в экспериментальных исследованиях, наиболее подходящими измерителями изменчивости уровня моря (а именно - волнения широкого спектрального диапазона) являются мареографы уровня моря. Наибольшее распространение в настоящее время получили мареографы, основанные на гидростатическом принципе. Гидростатический принцип измерений реализован в целом ряде моделей мареографов открытого моря. Из отечественных приборов отметим *«Прилив-2»* (НПП «МАРС», г. Гатчина, Россия).

Измеритель уровня моря «Прилив-2» внесен в Государственный реестр средств измерений. Регистрационный номер 37032-08. Приведем его краткое описание.

Измерители уровня моря «Прилив-2Д»

Назначение и область применения

Измерители уровня моря «Прилив-2Д» (далее - измерители) предназначены для измерений уровня воды в открытых водоемах относительно условно принятого нулевого уровня системы геофизических высот в акватории водоема.

Область применения -гидрометеорология.

Описание

Принцип действия измерителя основан на зависимости, связывающей высоту столба воды, гидростатическое давление, плотность воды и ускорение свободного падения в месте постановки погружаемого блока измерителя.

Измеритель имеет модификации, отличающиеся диапазонами измерений и комплектностью:

-модификация измерителя (СУЕИ.406239.001) с погружаемым и приемным блоками, соединенными линией связи, обеспечивающая непрерывную цифровую индикацию измеряемых значений уровня, температуры воды в месте постановки погружаемого блока, а также атмосферного давления в зоне расположения приемного блока;

- модификации измерителей (СУЕИ.406239.001 - 01, - 02, - 03) с автономными погружаемыми блоками, обеспечивающие после их извлечения из воды вывод на монитор компьютера таблицы с измеренными значениями уровня, гидростатического и атмосферного давлений, а также температуры воды в месте постановки погружаемого блока за весь период его автономной работы.

Все модификации измерителя снабжены таймер - календарем с независимым электропитанием, обеспечивающим синхронизацию измеряемых значений уровня, гидростатического и атмосферного давлений и их привязку к текущему местному времени, как при включенном, так и при выключенном основном питании измерителя.

Измеритель выполняет автоматическое вычисление уровня по измеренным значениям гидростатического и атмосферного давлений и предварительно введенным вручную значениям условно принятого нулевого уровня системы геофизических высот в акватории водоема, плотности воды (пресной - 1,00 г/см^3 или соленой - 1,02 г/см^3) и значения местного ускорения свободного падения в месте постановки погружаемого блока.

В качестве первичного измерительного преобразователя применен преобразователь (датчик гидростатического давления) тензометрического типа серий EC, ML, MLH фирмы Honeywell. Введение поправки на атмосферное давление производится автоматически с помощью датчика

атмосферного давления типа МПХ 4100А фирмы Motorola, установленного на печатной плате приемного блока (модификация СУЕИ.406239.000), либо с помощью специального барометра с цифровым выходом, поставляемым вместе с измерителем (для остальных модификаций).

Для измерения температуры используется платиновый термометр сопротивления типа Pt-1000, расположенный рядом с корпусом датчика гидростатического давления и обеспечивающий введение температурных поправок к показаниям последнего.

Выходные сигналы датчиков (температуры, гидростатического и атмосферного давления) предварительно преобразуются в пропорциональные им значения частоты с последующим преобразованием этих значений в цифровой двоичный 16-ти разрядный код. Значения цифровых кодов заносятся в память микропроцессора измерителя.

Электронная схема измерителя выполнена на базе микропроцессора PIC 16F84. В ее состав входит таймер-календарь, обеспечивающий режимы цикличности измерений (2; 10; 30; 60 мин) и осуществляющий привязку результатов измерений к точному времени и дате.

Корпус погружаемого блока измерителя выполнен в виде цилиндра из нержавеющей стали. Приемный блок выполнен в пластмассовом корпусе с жидко - кристаллическим индикатором, отображающим дату и время измерения, уровень воды в сантиметрах, температуру воды в градусах Цельсия, атмосферное давление в гектопаскалях.

Измеритель снабжен CD - диском с соответствующим программным обеспечением.

Основные технические характеристики

Основные технические характеристики модификаций измерителя приведены в Таблице 9.7.

Таблица 9.7

№ п/п	Наименование характеристики	Значения характеристик
1	2	3
1	Диапазон измерений уровня, м Модификации СУЕИ.406239.001, СУЕИ.406239.001-01 Модификации СУЕИ.406239.001 - 02, СУЕИ.406239.001 - 03	0,5-10; 1-30;1-60
2	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня, м Модификации СУЕИ.406239.001, СУЕИ.406239.001-01 Модификации СУЕИ.406239.001-02, СУЕИ.406239.001-03	± 0,025; ±0,06;± 0,1
3	Диапазон измерений гидростатического давления, кПа Модификации СУЕИ.406239.001, СУЕИ.406239.001 -01 Модификации СУЕИ.406239.001-02, СУЕИ.406239.001-03	5-100; 10-300; 10-600
4	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений гидростатического давления, кПа Модификации СУЕИ.406239.001, СУЕИ.406239.001-01 Модификации СУЕИ.406239.001-02, СУЕИ.406239.001-03	±0,1; ±0,3; ±0,6
5	Диапазон измерений температуры,°С	минус 2-30
6	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры,°С	±0,1
7	Диапазон измерений атмосферного давления, кПа	95,0-106,0
8	Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении атмосферного давления, кПа	±0,1
9	Периодичность циклов измерений, мин	2; 10; 30; 60
10	Погрешность хода таймера за сутки, с, не более	2
11	Длительность цикла измерения (время осреднения), с	60

12	Автономность измерителя, мес.	12
13	Электропитание - от источника постоянного тока напряжением, В - модификация СУЕИ.406239.001 - модификации СУЕИ.406239.001 - 01, -02,- 03	 12± 15% 3,5(1,5)
14	Масса, не более, кг: - модификация СУЕИ.406239.001 - модификации СУЕИ.406239.001 - 01, -02,- 03	 1,2/0,5 1,8
15	Габаритные размеры, мм -модификация СУЕИ.406239.001 -модификации СУЕИ.406239.001 - 01,-02,- 03	 050x270/ 180x125x42; 089x210
16	Стойкость к внешним механическим воздействиям: - синусоидальная вибрация при ускорении 9,8 м/с частотой, Гц - одиночные удары с ускорением, м/с при длительности импульса (0,5-2,0) мс	 10 147
17	Рабочие условия эксплуатации - диапазон температур,°С: для погружаемого блока для приемного блока - относительная влажность воздуха при 25°С, %	 минус 2-30 1 -35 80
18	Срок службы, лет, не менее	10

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации, а также гравировкой на корпус погружаемого блока измерителя.

Комплектность

Комплектность измерителя в зависимости от модификации соответствует Табл. 9.8

Таблица 9.8

	Количество на модификацию			
Наименование составной части	СУЕИ. 406239. 001	СУЕИ. 406239. 001-01	СУЕИ. 406239. 001-02	СУЕИ. 40623 9001-03
Погружаемый блок СУЕИ.408837.001 с линией связи 15м	1	-	-	
Погружаемый блок СУЕИ.408837.001-01	-	1	-	-
Погружаемый блок СУЕИ.408837.001-02	-	-	1	-
Погружаемый блок СУЕИ.408837.001-03	-	-	-	1
Источник питания на основе стабилизированного блока питания БПС А 12-0,35 СУЕИ.436212.001	1	-	-	-
Приемный блок с ЖКИ - индикатором СУЕИ.408843.001	1	-	-	-
Барометр цифровой СУЕИ.406239.300 с кабелем СУЕИ.685690.002 (по отдельному заказу)	-	1	1	1
Аккумуляторная батарея 12В, емкость	1	-	-	-

не менее 3,5А-час СУЕИ.563340.001				
Компьютерный кабель - адаптер СУЕИ.467119.001	-	1	1	1
Компьютерный кабель - адаптер СУЕИ.467119.002	1	-	-	-
Переходник ComPort - USB-Port СУЕИ.467119.003	1	1	1	1
Двухпроводная линия связи СУЕИ.685690.001 длиной до 1000 м (по отдельному заказу)	1	-	-	-
CD-диск с установленными программами СУЕИ.301241.001	1	1	1	1
Руководство по эксплуатации СУЕИ.406239.001РЭ	1	1	1	1
Методика поверки 254 -0005-2007МП	1	1	1	1
Формуляр СУЕИ.406239.001 ФО	1	1	1	1

Поверка

Поверку измерителей осуществляют в соответствии с документом МП 254-0005-2007 «Измеритель уровня моря «Прилив-2Д». Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» в декабре 2007г.

В перечень основного поверочного оборудования входят:

- манометр грузопоршневой МПА-15, кл. точности 0,01 по ГОСТ 8291-83;
- манометр грузопоршневой МП-6, кл. точности 0,02 по ГОСТ 8291-83;
- термометры стеклянные ртутные ТР-1 по ГОСТ 13646-68
- термостат водяной прецизионный ТВП-6, ТУ 50.119-78.

Межповерочный интервал - 1 год.

Нормативно-технические документы

ГОСТ 8.017-79 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа

ГОСТ 8.223-76 ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне 2,7-10 ... 4000-10 Па

ГОСТ 8.558-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.

Измеритель уровня моря «Прилив-2Д» СУЕИ.406239.001ТУ.

Заключение

Тип измерителей уровня моря «Прилив-2Д» утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при выпуске из производства и эксплуатации согласно государственным поверочным схемам.

Изготовитель

ЗАО «НПП «МАРС»
ИНН 4705023484
Адрес: 188350, Ленинградская обл., г.Гатчина,
ул.120-й Гатчинской дивизии, д.1
Тел/факс: (81371) 76137

9.8 Акустические доплеровские профилографы течения

Сейчас выпускается целый ряд *акустических доплеровских профилографов течения,* число выпущенных моделей исчисляется десятками. Мы рассмотрим только последние модели профилографов. Все профилографы делятся на два типа: вертикальные и горизонтальные. Последние появились на рынке сравнительно недавно, но уже успели получить широкое распространение. Как следует из названия, вертикальные профилографы определяют вертикальный профиль скорости течения, горизонтальные - горизонтальный. При использовании профилографов обоих типов можно получать практически трехмерный профиль скорости течения в режиме реального времени на расстоянии до 600 м от точки измерений, также все приборы могут использоваться в составе автономных станций.

Рассмотрим вертикальные и горизонтальные профилографы более подробно.

Вертикальные профилографы

Ocean Surveyor Vessel-Mount ADCP

Специально для установки на судах выпускается модель Ocean Surveyor Vessel-Mount ADCP, она допускает три конфигурации в зависимости от частоты зондирования, они приведены в Таблице 9.9.

Таблица 9.9

Конфигурации модели Ocean Surveyor Vessel-Mount ADCP

Частота зондирования	Дальность зондирования	Размер слоя
38 Кгц	800-1000 м	24 м
75 Кгц	560-700 м	16 м
150 Кгц	375-400 м	8 м

Модель Ocean Surveyor Vessel-Mount ADCP может работать в двух режимах измерения: *большая дистанция* и *высокая точность*. В первом режиме прибор работает на максимальную дальность зондирования, но с меньшей точностью. Во втором уменьшается дальность зондирования, но возрастает точность. Характеристики трех конфигурации для обоих режимов приведены в Таблицах 9.10 и 9.11.

Таблица 9.10

Режим *большая дистанция*

	38 Кгц		75 Кгц		150 Кгц	
Ширина одного слоя	Дальность зондир.	Погрешн. измерения	Дальность зондир.	Погрешн. измерения	Дальность зондир.	Погрешн. измерения
4 м	-	-	-	-	325-350 м	30 см/с
8 м	-	-	520-650 м	30 см/с	375-400 м	19 см/с
16 м	800-1000 м	30 см/с	560-700 м	17 см/с	-	-
24 м	800-1000 м	30 см/с	-	-	-	-

Таблица 9.11

Режим *высокая точность*

	38 Кгц		75 Кгц		150 Кгц	
Ширина одного слоя	Дальность зондир.	Погреш. измерения	Дальность зондир.	Погрешн. измерения	Дальность зондир.	Погрешн. измерения
4 м	-	-	-	-	200-250 м	12 см/с
8 м	-	-	310-430 м	12 см/с	220-275 м	9 см/с
16 м	520-730 м	12 см/с	350-450 м	9 см/с	-	-
24 м	730-780 м	9 см/с	-	-	-	-

Данные о дальности зондирования справедливы при движении судна не более 5 узлов, в других случаях они могут быть иными. Ширина одного слоя в пределах профиля может задаваться пользователем произвольно, в таблице приведены наиболее типичные значения ширины слоя.

Профилограф имеет сопряжение с компасом, системой позиционирования, системой определения наклона судна, а также датчиками, измеряющими электрическую проводимость и температуру, для внесения поправки в результаты измерения.

Вся внешняя электроника прибора, размещаемая на судне, заключена в специальный терминал, рассчитанный на установку в 19-дюймовую стойку.

Помимо всего прочего профилограф может измерять скорость движения судна относительно дна с точностью до 2 см/с, при частотах 38, 75 и 150 Кгц, соответственно максимальные глубины: 1700 м, 950 м и 600 м.

Диапазон измерения скорости: от - 5 до 9 м/с.

Количество слоев в профиле: от 1 до 128.

Количество лучей: 4 (под углом 30°).

Питание: 90-250 В (переменного тока), 47-63 Гц, 1600 Вт.

Передача данных: RS-232 или RS-422.

Горизонтальные и вертикальные профилографы

В Государственном реестре РФ под номером 53082 зарегистрированы профилометры течений RDCP 600, выпускаемые фирмой «AANDRAA», Норвегия. Приведем краткое описание этой аппаратуры.

Профилометры течений RDCP 600

Назначение средства измерений

Профилометры течений RDCP 600 (далее - профилометры RDCP 600) предназначены для автоматических измерений горизонтальной и вертикальной скоростей, температуры водного потока.

Описание средства измерений

Принцип действия профилометров RDCP 600 основан на изменении частоты акустического импульса при отражении от движущихся тел в жидкости (эффект Доплера) и последующем преобразовании частоты отраженного импульса по алгоритмам фирмы в скорость водного потока.

Профилометры RDCP 600 состоят из доплеровского радара, инклинометра, компаса, датчика температуры, микропроцессора.

Конструктивно профилометры RDCP 600 состоят из герметичного корпуса, внутри которого размещены, инклинометр, компас, датчик температуры, микропроцессор, и доплеровского радара, размещенного над корпусом. Профилометры RDCP 600 устанавливаются под водой на глубине от 0 до 300 метров. Внешний вид профилометров RDCP 600 представлен на Рис. 9.5 и 9.6.

Измеряя амплитуду и частоту отраженного сигнала как функции времени после передачи выходного сигнала, микроконтроллер по алгоритмам фирмы «AANDERAA» рассчитывает горизонтальную и вертикальную скорость водного потока на определенной глубине.

Профилометры RDCP 600 могут функционировать как автономно, так и в составе якорного буя CMB4280. Измерения осуществляются непрерывно (круглосуточно), сообщения о проведенных измерениях передаются через определенные временные интервалы или по запросу.

Для передачи информации имеется последовательный интерфейс RS-485.

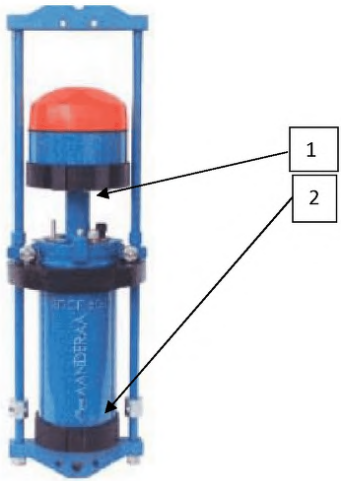


Рис.9.5 Профилометры RDCP 600.
1 - доплеровский радар, 2 - корпус

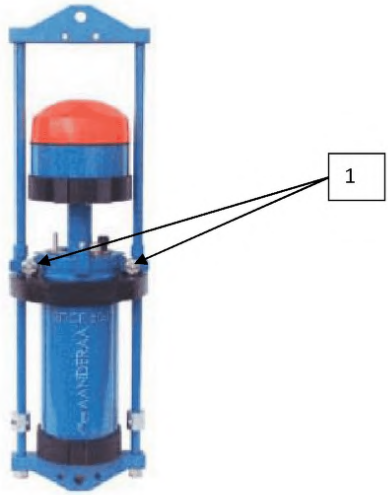


Рис.9.6 Схема пломбирования профилометров RDCP 600.
1 – пломбы.

Программное обеспечение

Программное обеспечение профилометров RDCP 600 состоит из встроенного ПО «RDCP_600» и автономного ПО «RDCP 600 Studio». Встроенное ПО обеспечивает проверку состояния, сбор данных, и передачу данных от профилометров RDCP 600. Автономное ПО обеспечивает прием, обработку, архивирование, вывод на экран и графическое представление данных, возможность калибровки профилометров RDCP 600.

Идентификационные данные программного обеспечения

Таблица 9.12

Наименование программного обеспечения	Идентификацион-ное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификацион ный номер) про-граммного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
RDCP_600	«RDCP_600.hex»	1.32	B24DC516	CRC32
RDCP 600 Studio	«RDCP 600 Studio.exe»	2.14	477EA250	CRC32

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических характеристик.

Метрологические и технические характеристики

Таблица 9.13

Наименование характеристики	Значения характеристики		
Диапазон измерений горизонтальной скорости водного потока, м/с	от 0,03 до 5		
Диапазон измерений вертикальной скорости водного потока, м/с	от 0,03 до 5		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений горизонтальной скорости водного	± 0,02		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вертикальной скорости водного потока,	± 0,02		
Диапазон измерений температуры воды, °С	от минус 3 до 36		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воды, °С	± 0,05		
Диапазон измерений углового положения профилометра, градус	от 0 до 360		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углового положения профилометра,	± 4		
Диапазон измерений наклона профилометра относительно вертикали, градус	от минус 45 до 45		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений наклона профилометра относительно вертикали, градус	± 1,5		
Рабочая частота, кГц	606		
Число лучей	4		
Периодичность измерений в автоматическом	от 60 до 600		
Период обновления измеренных значений, с	60		
Электрическое питание, постоянный ток: - напряжение, В - ток, мА	 от 13 до 42 от 10 до 300		
Потребляемая мощность, не более, Вт	80		
Средняя наработка на отказ, ч	8000		
Срок службы, лет	8		
Габаритные размеры, масса	диаметр,	высота, мм	масса, кг
	187	580	19

Условия эксплуатации - температура воды, ^{o}C	от минус 3 до 36

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на титульный лист формуляра типографским методом и на корпус профилометров течений RDCP 600 в виде фирменной планки.

Комплектность средства измерений

1. Профилометр течений RDCP 600 1 шт.
2. Формуляр 1 шт.
3. Методика поверки МП 2551-0093-2012 1 шт.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП 2551-0093-2012 «Профилометры течений RDCP 600», утвержденной ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» 12.07.2012 года.

Основные средства поверки:

1.Система гидрометрическая эталонная автоматизированная ГЭАС, диапазон воспроизводимой скорости потока жидкости от 0,01 до 5,00 м/с, погрешность ± 0,06 %.

2.Камера климатическая ТХВ-150 3.069.000 ТУ, диапазон поддержания температуры от минус 60 °С до 100 °С, точность поддержания температуры ± 2 °С.

3.Термометр эталонный ЭТС-100, диапазон от минус 196 °С до 660 °С, пг ± 0,02 °С.

4.Головка делительная оптическая ОДГЭ-20, диапазон от 0 до 360·n градусов, n=1,2,3, погрешность ± 20″.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методы измерений приведены в формуляре «Профилометры течений RDCP 600».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к профилометрам течений RDCP 600

1. ГОСТ Р 52931-2008 «Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия».
2. ГОСТ 8.486-83 ГСИ. «Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,005 до 5 м/с».
3. ГОСТ 8.558-93 ГСИ. «Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».
4. ГОСТ 8.016-81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла».
5. Техническая документация изготовителя.

Рекомендации по области применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

осуществление деятельности в области гидрометеорологии.

Изготовитель

Фирма «AANDERAA», Норвегия.
Адрес: Nesttunbrekka 97, P.O. BOX 103 Midtun,
N-5828 Bergen, tel: +4755604800, fax: +4755604801.

Под номером 35493 в Государственном реестре зарегистрированы профилографы акустические доплеровские WHRZ 1200, SPADCP и WHR600, выпускаемые фирмой Teledyne RD Insruments, США. Приведем х краткое описание.

Профилографы акустические доплеровские, модификации WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DR ADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP)

Назначение средства измерений

Профилографы акустические доплеровские WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DRADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP) (далее – профилографы) предназначены для построения профиля донной поверхности и измерений в реальном масштабе времени гидрологических характеристик водных объектов при инженерных и научных исследованиях.

Описание средства измерений

Профилографы акустические доплеровские представляют собой бесконтактные ультразвуковые построители профиля донной поверхности, измерители глубины и скорости водного потока.

Конструктивно профилографы состоят из измерительного датчика, электронного блока управления, включающего Bluetooth интерфейс для связи с внешними устройствами, отсек автономного электропитания и программно-математического обеспечения для обработки результатов измерений. В корпусе измерительного датчика размещен ультразвуковой четырёхлучевой излучатель и приёмник отражённого сигнала. Электронный блок и измерительный датчик установлены на плавсредство (плотик) для сканирования исследуемых водных объектов. Ультразвуковой сигнал, отражаясь от измеряемой поверхности, фиксируется датчиком и оцифровывается с помощью программного обеспечения в массив точек. На основании полученных данных по задержке отражённого сигнала вычисляется глубина в локальной точке и по результатам математического анализа строится профиль исследуемой донной поверхности.

Поддержка работы акустического доплеровского профилографа осуществляется программным обеспечением Stream Pro, которое позволяется проводить комплекс работ по настройке прибора, сканированию исследуемой поверхности и передаче данных во внешние устройства. Также данное программное обеспечение позволяет производить самокалибровку прибора.

В состав программного обеспечения Stream Pro входят также программы RDI Tools и Win River II, способные импортировать данные с различных измерительных систем и производить построение полигональных и сложных криволинейных профильных поверхностей, пригодных для различных инженерных приложений.

Профилографы акустические доплеровские выпускаются в трёх модификациях – WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DRADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP), отличающиеся диапазоном измерений, основной допускаемой погрешностью, сервисными функциями, комплектацией и опциями.



Рис.9.7 Общий вид профилографов акустических доплеровских

Программное обеспечение

Профилографы акустические доплеровские имеют программное обеспечение «StreamPro», которое состоит из встроенного ПО «Sensor» и автономного ПО «StreamPro» и является

полностью метрологически значимым. Встроенное ПО «Sensor» отвечает за сбор, обработку и отправление данных от электронного блока управления.

Автономное ПО «StreamPro» обеспечивает приём данных, их отображение, анализ, архивирование результатов измерений, проверку состояния и настройку профилографов.

Таблица 9.14

Идентификационные данные программного обеспечения

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
«Sensor»	«sensor.hex»	3.1	9A3D9D68	CRC32
«StreamPro»	«streampro.exe»	4.0.2	5B3736A6	CRC32

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических характеристик.

Таблица 9.15

Метрологические и технические характеристики

Наименование параметра, единица измерений	Значение параметра		
Диапазон измерений уровня воды, м	SPADCP (Stream Pro with Pocket PC)	WHRZ1200(WH Rio Grande 1200 kHz DRADCP)	WHR 600(WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP)
	от 0,15 до 4	от 0,3 до 21	от 0,7 до 75
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня воды, %	± 0,5	± 0,25	± 0,1
Диапазон измерений скорости потока, м/с	От 0,03 до 5	От 0,03 до 5	От 0,03 до 5
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости потока, %	± 5	± 5	± 5
Количество точек отсчёта для построения профиля донной поверхности, шт.	От 1 до 20	От 1 до 128	От 1 до 128
Скорость передачи информации, бит/с	115200	115200	115200
Рабочая частота, МГц	2,0	1,2	0,6
Число лучей датчика, шт.	4	4	4
Угол взаимной расходимости лучей датчика, градус	20	20	20
Разрешающая способность датчика, градус	0,01	0,01	0,01
Габаритные размеры, мм			
Электронного блока:			

-длина, -ширина, -высота	200 150 100	200 150 100	200 150 100
Датчика: -диаметр, -длина	 35 150	 35 150	 35 150
Плота, длина	1300	1300	1300
Масса, включая плот, электронный блок, датчик и комплект батарей питания, не более, кг	6	12	12
Диапазон рабочих температур датчика, °С	от минус 4 до 40		

Знак утверждения типа

наносится на специальную табличку на лицевой панели СИ методом наклейки, на титульный лист руководства по эксплуатации типографским методом.

Комплектность средства измерений

В комплект поставки входят:

- Профилограф акустический доплеровский 1 шт.
- Датчик измерительный 1 шт.
- Блок электронный 1 шт.
- Набор соединительных кабелей 1 комплект
- Плавсредство (плотик) 1 шт.
- Руководство по эксплуатации 1 экз.
- Методика поверки 1 экз.
- Чемодан для хранения и транспортирования прибора 1 экз.

Поверка

осуществляется по документу МП 40754-09 «Профилографы акустические доплеровские, модификации - WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DR ADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP). Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС» в мае 2009 года.

Перечень эталонов, необходимых для поверки:

1. Рабочие эталоны 2-ого разряда по ГОСТ Р 8.763-2011.
2. Рулетки металлические измерительные по ГОСТ 7502-98.
3. Эталонные гидродинамические измерительные установки, диапазон измерений скорости потока от 0,03 до 5,0 м/с, погрешность ± 0,5 %.

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в руководстве по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к профилографам акустическим доплеровским, модификации - WHRZ 1200 (WH Rio Grande 1200 kHz DR ADCP), SPADCP (Stream Pro with Pocket PC) и WHR 600 (WH Rio Grande 600 kHz DR ADCP)

1. ГОСТ Р 8.763-2011 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 1·10-9 до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм.
2. ГОСТ 8.477-82 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений уровня жидкости.
3. ГОСТ 8.486-83 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне от 0,005 до 25 м/с.
4. Техническая документация фирмы-изготовителя.

Рекомендации по области применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений
- при осуществлении деятельности в области гидрометеорологии.

Изготовитель
Фирма Teledyne RD Instruments, США
Адрес: 14020 Stowe Drive Poway, California 92064, тел. +1 (858) 842-2600.

9.9 Другие приборы

Для работ в прибрежной зоне и на мелководье можно рекомендовать приборы, выпускемые малыми сериями НПО «Тайфун» (ЦКБ ГМП). К ним, в частности, относятся минизонд CTD-2, комплексы «Эмист-1» и «Эмист-2», измеритель гидрологический ГМУ-2, измеритель гидрологический ГМУ-4.

Приведем основные параметры этих устройств.

Минизонд СТД-2



Назначение и область применения: измерение температуры, удельной электрической проводимости (солености) морской и распресненной воды на глубинах до 25 м.

Состав минизонда:
- модуль измерительный МИ;
- блок сопряжения и питания БСП.

Технические данные:

Температура, °С
Диапазон.....от – 5 до 40
Погрешность.....± 0,05 (0,03)
Удельная электрическая проводимость, См/м
Диапазон.....от 0,1 до 6,5
Погрешность.....± 0,005

Соленость, е.п.с. (расчет по ШПС-78)
Диапазон.....2 - 42
Погрешность..... ± 0,05
Гидростатическое давление, гПа
Диапазон.....50 - 2500
Погрешность.....± 0,2%
(глубина погружения, м)
Диапазон.....(от 0 до 25)

Программное обеспечение:
- запись данных в файл;
- вывод графиков и цифровых значений параметров на экран в режиме реального времени;
- просмотр файлов данных на экране;
- сохранение данных в тестовом формате.

Электропитание
- аккумулятор напряжения 12 В (срок автономной работы - 8 ч)
- сеть ~ 220 В 50 Гц

Габаритные размеры и масса:
модуль измерительный.....D 144 х 530 мм, 3,5 кг;
блок сопряжения и питания.....175 х 225 х 310 мм, 3,5 кг.

Комплекс «ЭМИСТ-2»



Назначение

Измерение скорости и направления течения, температуры, гидростатического давления (глубины погружения модуля) и координат точек наблюдения по системе GPS в режиме реального времени и при автономной постановке.

Состав комплекса

- Электромагнитный датчик скорости течения
- Магнитный компас
- Датчик температуры
- Датчик гидростатического давления
- Блок измерительный погружной БИП
- Пульт приёма информации ППИ

Технические данные:

Скорость течения, см/с
диапазон.....от 0 до 250
погрешность.....± (2,5+0,02V)
разрещающая способность.....0,5

Магнитный компас, °
диапазон.....от 0 до 360
погрешность.....± 5
разрещающая способность.....3

Температура воды, °С
диапазон.....от – 2 до 40
погрешность.....±0,05
разрещающая способность.....0,01

Гидростатическое давление, гПа
(глубина погружения, м)
диапазон.....от 100 до 3000 (от 0,1 до 30)
погрешность.....± 4 (± 0,04)
разрещающая способность.....0,1

Предусмотрены два варианта исполнения:
1) для работы в режиме зондирования на фале с прикреплённым к нему кабелем. Время непрерывной работы – 8 ч. Время осреднения скорости течения - 60 с, время измерения всех параметров – 80 с.
2) для автономной постановки; период измерения задаётся пользователем, возможные значения: 2,15, 30, 60, 180 мин. Срок автономной работы составляет 30 суток при периодичности измерения 180 минут.

Электропитание:
-аккумуляторная батарея.

Габаритные размеры и масса:
БИП.....D76x650 мм, 10 кг;
ППИ..... 200x120x60 мм, 2,0 кг.

Измеритель гидрологический ГМУ-2.
Внесен в Государственный реестр средств измерений под номером 21088-04.

Измерители гидрологические ГМУ-2 предназначены для измерений гидростатического давления и температуры воды.

Измерители ГМУ-2 применяются при гидрологических наблюдениях, а также для измерений гидростатического давления и температуры воды или слабоагрессивньпс жидкостей в скважинах, колодцах, резервуарах.



Описание

Измеритель ГМУ-2 состоит из модуля измерительного (МИ) и регистратора информации (РИ).

Модуль измерительный обеспечивает измерение гидростатического давления и температуры воды. Измеряемое давление воспринимается тензопреобразователем, измеряемая температура воспринимается платиновым термометром сопротивления. С помощью аналого-цифрового преобразователя и микропроцесора выходные сигналы датчиков преобразуются в единицы измеряемого параметра (кПа,°С) в соответствии с индивидуальными градуировочньпки характеристиками. Информация (гидростатическое давление, температура, уровень) передается по интерфейсу RS-485. Регистратор информации обеспечивает прием данных от модуля измерительного, накопление и хранение массива данных, индикацию информации на дисплее, считывание данных в персональный компьютер по интерфейсу RS-232.

Конструктивно модуль МИ вьшолнен в герметичном корпусе. Электрическая связь МИ с внешним устройством осуществляется по четырехжильному кабелю с воздушным каналом.

Регистратор РИ выполнен в виде настольного переносного прибора. На лицевой панели расположены жидкокристаллический дисплей и кнопки управления режимами. На боковой панели расположены разъемы для подключения модуля МИ, внешнего энергопитания и персонального компьютера.

Измеритель гидрологический ГМУ-2 имеет три исполнения:

- ГМУ-2; ГМУ-2.01 - на максимальную глубину 25 м;
- ГМУ-2.02 - на максимальную глубину 250 м.

В состав ГМУ-2 входят модуль МИ и регистратор РИ, в состав измерителей ГМУ-2.01 и ГМУ-2.02 входит модуль измерительный, работающий по командам внешнего устройства.

Измерители ГМУ-2.01, ГМУ-2.02 имеют модификацию ГМУ-2.01М, ГМУ-2.02М для измерений медленно изменяющихся давлений с частотой не более 1 Гц и амплитудой не более 0,1 МПа.

Основные технические характеристики:

Диапазон измерений гидростатического давления (Р), кПа:	
- ГМУ-2; ГМУ-2.01	от 5 до 200
- ГМУ-2.02	от 10 до 2500
Диапазон измерений температуры, ° С	от минус 5 до плюс 40

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений гидростатического давления в рабочих условиях, кПа:

- ГМУ-2, ГМУ-2.01	±(0,05 + 0,002•Р)
- ГМУ-2.02	± (0,5 + 0,002•Р)
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в рабочих условиях, °С	±0,05
Напряжение питания, В (постоянного тока)	12 ± 2
Потребляемый ток, мА, не более:	
- ГМУ-2	50
- ГМУ-2.01, ГМУ-2.02	15

По устойчивости к климатическим воздействиям измерители гидрологические имеют исполнения:

- модуль измерительный - исполнение ОМ* категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре от минус 5 до плюс 40°С;

- регистратор информации - исполнение УХЛ* категория размещения 3.1 по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре от плюс 1 до плюс 40°С и относительной влажности до 85% при температуре 25,°С.

Средний срок службы, лет, не менее	8
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	10000
Габаритные размеры, мм, не более:	
- модуля измерительного	50 х 50 х 235
- регистратора информации	206 х 180 х 70
Масса, кг, не более:	
- модуля измерительного	1,5
- регистратора информации	1,0

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на лицевую панель прибора путем наклеивания и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность

В комплект поставки входят:

-модуль измерительный МИ - 1 шт.;

-регистратор информации РИ (для исполнения ГМУ-2) - 1 шт.;

-кабель 1 шт.;

-руководство по эксплуатации 1 экз.;

-формуляр 1 экз.;

-программное обеспечение (диск) 1 шт.

Поверка

Поверка измерителей гидрологических ГМУ-2 производится по разделу 3 «Поверка» Руководства по эксплуатации ИЛАН.416211.005РЭ, согласованного ВНИИМС в 2009 г.

В перечень основного оборудования, необходимого для поверки измерителей гидрологических входят:

- термометр сопротивления платиновый эталонный 2 разряда типа ПТС-10М, погрешность ± 0,02°С;
- установка поверочная УТТ-6ВМА, ТУ50.194.-80;
- манометр избыточного давления грузопоршневой МП- 2,5 (для ГМУ-2, ГМУ-2. 01) и МП- 60 (для ГМУ-2.02) с верхним пределом измерения 0,25 (или 6,0) МПа, класс точности 0.05;
- термостат водяной прецизионный типа ТВП-6, диапазон температур от минус 10 до плюс 95°С;
- персональный компьютер типа IBM PC.

Межповерочный интервал -1 год.

Нормативные и технические документы

ИЛАН.416211.005ТУ «Измерители гидрологические ГМУ-2. Технические условия».

Заключение

Тип измерителей гидрологических утверждён с техническими и метрологическими характеристиками, приведёнными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при выпуске из производства и в эксплуатации согласно государственной поверочной схеме.

Изготовитель:

ЦКБ ГМП ГУ «НПО «Тайфун»

Юридический адрес: 249038, Калужская обл., г. Обнинск., пр. Ленина, 82

Фактический адрес: 249039, Калужская обл., г. Обнинск

Тел/факс: (48439) 6-23-03/(48439) 6-44-53

Комплекс «Эмист-1»

Назначение



Измерение скорости и направления течения, температуры, удельной электрической проводимости воды и гидростатического давления (глубины погружения модуля) в режиме реального времени и при автономной постановке.

Состав комплекса

- Электромагнитный датчик скорости течения
- Магнитный компас
- Датчик температуры
- Датчик электрической проводимости
- Датчик гидростатического давления
- контейнер измерительный КИ

Технические данные

Скорость течения, см/с
диапазон.....от 0 до 250
погрешность.....± (2,0+0,02V)
разрешающая способность.....0,1

Магнитный компас, °
диапазон.....от 0 до 360
погрешность.....± 5
разрешающая способность.....3

Температура воды, °С
диапазон.....от – 5 до 35
погрешность.....± 0,05
разрешающая способность.....0,01

Электропроводимость, См/м
диапазон.....от 0,1 до 6,5
погрешность.....± 0,005
разрешающая способность.....0,002

Гидростатическое давление, кПа
(глубина погружения, м)
диапазон.....от 0 до 2000 (от 0 до 200)
погрешность.....± 4 (0,4)
разрешающая способность.....0,1 (0,01)

Гидростатическое давление, гПа
(глубина погружения, м)
диапазон.....от 0 до 2500 (от 0 до 25)
погрешность.....± 5 (0,05)
разрешающая способность.....1 (0,01)

Предусмотрены два варианта исполнения:

1) для работы в автономном режиме; периодичность измерения и время начала работы задаются пользователем. Возможные интервалы измерения 2,15,30,60,180 мин.

Срок автономной работы при периодичности измерения 180 мин составляет 6 месяцев.

2) для работы в режиме зондирования с борта судна на фале, к которому прикреплён кабель, информация может приниматься в ноутбук или бортовой блок. Обмен информацией с внешним устройством - по интерфейсу RS-485 (RS-232).

Программное обеспечение для персонального компьютера:

-прием и представление информации в текстовом, табличном, графическом виде;

-выбор конфигурации системы, параметров постановки, периода измерений и т.п.

Габаритные размеры и масса:

КИ.....D190x630, 16 кг;
ББ.....200x120x60, 1,5 кг.

Комплекс гидрологический ГМУ-4



Комплексы гидрологические ГМУ-4 предназначены для измерений гидростатического давления с целью определения уровня воды, а также температуры воды в прибрежной зоне морей, водоемов, резервуаров.

Комплексы выпускают трех типов:

1.ГМУ-4-1 - для контроля уровня воды в контролируемой точке;

2.ГМУ-4-2 - для контроля уровней воды в двух контролируемых точках и разности значений уровней воды;

3.ГМУ-4-3 - для контроля уровней воды в трех контролируемых точках и разности значений уровней воды.

В состав комплексов входит модуль измерительный МИ (от одного до трех в зависимости от типа) и контроллер датчиков КД.

Комплексы осуществляют:

-измерение гидростатического давления и температуры воды в местах установки модулей МИ;

-расчет значений уровней воды;

-передачу информации потребителю по цифровому выходу (интерфейс RS485) и аналоговым выходам «4-20 мА» (ГМУ-4-2, ГМУ-4-3).

Комплекс ГМУ-4-1 может использоваться как необслуживаемый гидрологический пост (электропитание от автономного источника питания, передача информации по сотовому каналу связи на FTP-сервер в заданные интервалы времени, представление данных авторизованному пользователю). Время автономной работы до 1 года.

Комплексы ГМУ-4-2, ГМУ-4-3 могут эксплуатироваться в системах контроля уровня воды на атомных станциях (класс безопасности 4 согласно ОПБ - 88/97).

Конфигурация комплекса, перечень дополнительных устройств (источник питания, модуль сотовой связи, длина соединительного кабеля МИ) указывается при заказе.

Технические характеристики

Диапазон измерений гидростатического давления (уровня), гПа (м)..... от 0 до 1000 (10)
Погрешность, гПа..... ± 3

Диапазон измерений температуры, °С.....от -2 до 40
Погрешность, °С.....±0,05

Диапазон измерений атмосферного давления, гПа.....700-1100
Погрешность, гПа..... ± 1,5

Энергопитание
От внешнего источника питания постоянного тока напряжением 12 В.
Условия эксплуатации
Температура окружающего воздуха, °С:
МИ.....от - 2 до 40
КД..... от 5 до 50
Габаритные размеры
Модуль МИ с кабелем 10 м, мм.....50x50x500
Контроллер КД, мм.....380x155x370
Масса:
Модуль МИ с кабелем 10 м, кг..... 2,3
Контроллер КД, кг..... 8,3

Глава 10. Температура морской воды и ее измерение

10.1 Требования к составу, точности и пространственно-временной дискретности морских гидрометеорологических измерений

Типовой гидрологической и гидрохимической информацией для основных видов морской деятельности являются:

-информация о текущем состоянии вод океанов и морей;

-морские гидрологические краткосрочные и долгосрочные прогнозы, оповещения и предупреждения об опасных явлениях;

-гидрологические расчеты и сведения по режиму, публикуемые в виде ежемесячников, ежегодников, справочников, каталогов, таблиц приливов, атласов, обзоров по морям России и некоторым акваториям океанов.

Информация необходима по следующим элементам: уровню моря, температуре, солености в поверхностном слое и на глубинах, морскому волнению (высота, длина, период и направление распространения), морским течениям в навигационном слое и на глубинах (скорость и направление), состоянию ледяного покрова, а также по основным гидрохимическим характеристикам (содержание кислорода, соединений кремния, фосфора, азота, щелочность,

концентрация водородных ионов (pH) и загрязняющих веществ – фенолов, нефти, детергентов, тяжелых металлов и других).

Требования к точности информации и ее разрешению в пространстве и времени различны. Они зависят от характера решаемых задач и изменчивости происходящих в море процессов и явлений. Информация необходима при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений и судов, а также при планировании различных мероприятий. На первой стадии (перспективного планирования) требуется обобщенная, менее точная информация, на последующих стадиях (конкретное проектирование и непосредственное обслуживание) – более точная.

Под точностью информации понимается отклонение от истинного значения, выражаемое через среднеквадратическую погрешность значения гидрометеорологического элемента, т.е. случайная величина, имеющая 68% обеспеченности и знак плюс или минус.

Обычно информация дается по пунктам и акваториям.

Точность и частота информации во времени и пространстве даются применительно к различным гидрологическим элементам и отраслям морской деятельности по пунктам, акваториям и трассам.

При этом следует иметь в виду, что требования к гидрометеорологической информации для открытых акваторий океанов и морей и прибрежной зоны различны.

Углубленный анализ соотношения точности измерений различных гидрометеорологических параметров, обеспечиваемой современной морской измерительной аппаратурой и требований, необходимых для обеспечения различных видов морской деятельности, изложенный в официальном издании Росгидромета «О составе, точности и пространственно-временном разрешении информации, необходимой для гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства и службы гидрометеорологических прогнозов» (Гидрометеоиздат, Л., 1975 под редакцией М.А.Петросянца и В.Д.Решетова) показал, что современная аппаратура по всем параметрам многократно перекрывает требуемые точности измерений (на всех этапах морской деятельности).

Требования, предъявляемые к точности гидрологических параметров при обслуживании различных видов морской деятельности, рассмотрим на примере измерений температуры морской воды на поверхности и на глубинах. При обеспечении гидротехнического строительства, рыбного хозяйства и судоходства даже на стадии непосредственного обслуживания необходимая точность не превышает ±0,1°С, в то время как современные приборы, измеряющие температуру морской воды на поверхности и на глубинах морей и океанов, обеспечивают измерения с точностью не хуже ±0,001°С. Тоже самое относится и к другим гидрометеорологическим параметрам.

Для службы морских гидрологических прогнозов точность измерения температуры морской воды также не превышает ±0,1°С (Сборник « О составе, точности…» М., 1975, стр.134).

10.2 Понятия и определения

Морская вода, как всякая термодинамическая система, характеризуется определенными физическими величинами, определяющими ее макроскопические свойства. Одним из важнейших параметров для морской воды является температура.

Существование температуры как особой функции состояния термодинамической системы следует из второго исходного положения термодинамики. *Температурой называется физическая величина, характеризующая интенсивность теплового движения молекул системы.* Измерение температуры производится только косвенным путем, основываясь на зависимости от температуры таких физических свойств тел, которые поддаются непосредственному измерению. Применяемые для этого тела называются *термодинамическими*, а устанавливаемые с их помощью шкалы температуры – *эмпирическими*. Основной недостаток эмпирических шкал температуры состоит в их зависимости от особенностей применяемых термометрических веществ.

В качестве исходных значений, служащих при построении шкалы температуры для установления начала отсчета температуры и единицы ее измерения – градуса, могут применяться температуры перехода химически чистых веществ из одного агрегатного состояния в другое,

например, температуры плавления льда (T_0) и кипения воды (T_k) при нормальном атмосферном давлении.

Температура в океанологии измеряется в градусах стоградусной шкалы Цельсия (°С, T_0=0°С, T_k=100°С). При этом различают температуру *in situ*, обозначаемую буквой T, и потенциальную температуру θ. Под *температурой in situ* (с латинского языка – «в данном месте») подразумевается температура, измеренная на определенной глубине моря. *Потенциальная температура* – это температура частицы воды, адиабатически[5] приведенная от давления в точке измерения к заданному давлению.

При некоторых расчетах применяется температура в единицах абсолютной (термодинамической) шкалы Кельвина (°К). Градусы шкалы Кельвина равны градусам шкалы Цельсия (1° С=1° К), но исчисляются они от абсолютного нуля, равного –273.15° С, т. е. абсолютная температура равна ТК=Т°С + 273.15.

Второе начало термодинамики устанавливает, что абсолютная шкала температур не зависит ни от выбранного термодинамического тела, ни от какого–либо термодинамического параметра.

В некоторых странах продолжает употребляться температурная шкала Фаренгейта (°F, T_0=32° F, T_K=212° F). Температура в единицах шкалы Фаренгейта связана с температурой стоградусной шкалы следующим образом:

$$T_{\circ F} = T_{\circ C} \cdot \frac{9}{5} + 32,$$

$$T_{\circ C} = \frac{5}{9} \cdot \left(T_{\circ F} - 32\right).$$

При точных расчетах океанографических величин, зависящих от температуры, важно знать, какая шкала температуры использовалась. Большинство современных формул для расчета физических свойств морской воды основано на Международной практической температурной шкале 1968 г. (МПТШ–68).

В настоящее время в практике океанологических измерений используется Международная шкала температуры 1990 г. (МШТ–90). Международная температурная шкала 1990 г. представляет собой ряд поддиапазонов, объединяющих физически воспроизводимые условия – реперные точки.

Для океанского диапазона изменения температуры практическое значение имеют два поддиапазона, представленные тремя реперными точками:

– тройной точки ртути –38.8344°С;

– тройной точки воды +0.0100°С;

– точки плавления галлия +29.7646 °С.

Кроме того, WOCE (World Ocean Circulation Experiment) рекомендованы две дополнительные точки: тройные точки phenoxybenzene (26.8625 °С) и карбоната этилена (36.3135°С).

Чтобы использовать температуру по шкале МШТ–90 в формулах для вычисления физических свойств морской воды, основанных на МПШТ–68, ее нужно пересчитать в T_{68}[6]. Для этого существуют два метода: Русби и Саундерса. Первый основан на использовании полинома

[5] Процессы, протекающие в системе без теплообмена с внешними телами, называются *адиабатическими*. Потенциальная температура широко используется в термохалинном анализе водных масс, особенно при изучении глубинных вод.

[6] Если не вносить изменения в существующие алгоритмы вычисления физических свойств морской воды, связанные с переходом на МШТ–90, то наиболее значимые погрешности будут при вычислениях, связанных с соленостью, наименьшие погрешности при расчете плотности, сжимаемости, адиабатического градиента температуры и потенциальной температуры. После перевода температуры из МШТ–90 в МПТШ–68 ошибки всех вычислений становятся минимальными и находятся в пределах точности Практической шкалы солености 1978 г. (ПШС–78) и Международного уравнения состояния 1980 г. (УС–80).

восьмого порядка, рассчитанного в широком диапазоне температур. Второй, наиболее широко применяемый в океанологии, использует масштабный множитель 1.0024:

$$T_{68} = 1{,}0024 \cdot T_{90}.$$

Различия между ними незначительные: порядка 1мК в диапазоне температур от –2° С до 40° С и меньше 0.03 мК в диапазоне от –2° С до 10° С.

Температура воды в океане изменяется, в основном, от ~ –2° до ~30° С. Нижняя граница определяется температурой замерзания, которая зависит от солености и давления. Верхняя граница зависит от теплообмена между океаном и атмосферой. В замкнутых морях и в мелководной прибрежной зоне температура воды может быть и несколько больше 30° С.

Температура воды с глубиной обычно убывает, причем, чем глубже, тем медленнее. В придонных слоях температура воды меняется в зависимости от места от 0° до 2.5° С.

В бассейнах осолонения, таких как, например, Средиземное море, температура на больших глубинах имеет значительно более высокие значения. В северных морях, где наблюдается зимняя конвекция и формируется холодный промежуточный слой, температура воды с глубиной в теплый период года сначала понижается, а затем снова возрастает.

Температура замерзания морской воды T_f имеет огромное лимитирующее значение – ниже температуры T_f вода не охлаждается[7].

Температура замерзания зависит от давления. Для определения понижения точки замерзания чистой воды (точки плавления льда) с увеличением давления используют уравнение Клапейрона–Клаузиуса для случая сосуществования двух фаз – воды и льда:

$$\frac{dT}{dp} = \frac{T \cdot (v'' - v')}{\lambda_i},$$

где $\lambda_i = T \cdot (\eta'' - \eta')$ – скрытая теплота плавления чистого льда; v' и v'' – удельные объемы воды и льда.

Если в уравнение Клапейрона–Клаузиуса подставить значение абсолютной температуры T=273.15° К, удельные объемы чистой воды и льда v'=1.000·10^{-3} и v''=1.091·10^{-3} м^3·кг$^{-1}$ и удельную теплоту плавления λ_i=0.335·10^6 Дж·кг$^{-1}$, то получим:

$$\frac{dT}{dp} \cong -0.0075^\circ \text{С} \cdot \text{бар}^{-1}.$$

Замерзание морской воды представляет собой процесс значительно более сложный, чем замерзание чистой воды, ибо в ней имеются растворенные вещества. При замерзании должны возникать дополнительные связи между молекулами воды, но часть этих связей занята ионами растворенных солей. Следовательно, для обеспечения необходимых межмолекулярных связей и достижения минимума потенциальной энергии вода в момент замерзания должна выделить из себя те вещества, которые были в ней растворены. Отсюда следует, что соленость должна влиять на температуру замерзания.

Понижение температуры замерзания раствора определяется формулой Вант–Гоффа:

$$\Delta T = -\frac{R \cdot T_0^2}{\lambda'} \cdot \frac{N_1}{N_0},$$

где N_1 и N_0 – молярная концентрация чистого растворителя (воды) и растворенного вещества; λ'=4.05·10^6 Дж – теплота плавления одного моля растворителя; T_0=273.15° К – температура плавления чистого растворителя; R=8.314 Дж·(моль·К)$^{-1}$ – универсальная (молярная) газовая

[7]Одновременно с охлаждением воды до температуры, при которой твердая и жидкая фазы могут находиться в равновесии при данном давлении, начинается рост кристаллов вокруг центров кристаллизации. Ими могут быть взвешенные в воде твердые частицы. Хорошо очищенную от таких частиц воду можно охладить ниже температуры замерзания. Состояние такой переохлажденной воды является *метастабильным*.

постоянная. В морской воде при S=35 молярная концентрация чистой воды N_0 равна ≈54 моль·кг$^{-1}$, а основных солей N_1≅1 моль·кг$^{-1}$. Тогда $N_1/N_0 \cong 0.0185$. Отсюда получим, что $\Delta T \cong -1.9°$ С.

В современных океанографических исследованиях при изучении зависимости температуры замерзания морской воды от солености и давления используется следующее эмпирическое уравнение:

$$T_f(S,p) = -0.0575 \cdot S + 1.710523 \cdot 10^{-3} \cdot S^{3/2} - \\ -2.154996 \cdot 10^{-4} \cdot S^2 - 7.53 \cdot 10^{-4} \cdot p,$$

где p – давление в дбарах. Формула справедлива в диапазоне практической солености от 4 до 40 и давления от 0 до 500 дбар (Рис.10.1). С помощью уравнения Клапейрона–Клаузиуса значение $\frac{dT_f}{dp}$ можно экстраполировать до давлений примерно 2700 дбар. Здесь, на предельном давлении существования температуры наибольшей плотности, температура замерзания чистой воды равна ≈2° С. Воды с такой температурой наблюдались под шельфовыми ледниками Антарктиды.

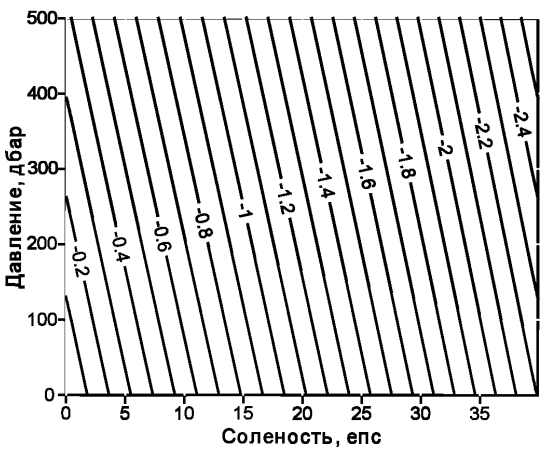


Рис. 10.1 Зависимость температуры замерзания морской воды (°С) от солености и давления.

Известно, что зависимость плотности (удельного объема) от температуры и солености является нелинейной. Такая зависимость обуславливает ряд нелинейных свойств морской воды. К ним относится и наличие у воды в определенном диапазоне солености максимума плотности. Однако важно знать не саму максимальную плотность, а температуру, при которой она достигается.

Большое значение температуры наибольшей плотности T_m объясняется ее значительным влиянием на вертикальную устойчивость и перемешивание вод в морях и океанах. *Температура наибольшей плотности* T_m определяется как температура, при которой градиент термического расширения $\left.\frac{\partial v}{\partial T}\right|_{STp}$ равен нулю.

Температура T_m чистой воды при атмосферном давлении равна 3.982° С, с увеличением давления она уменьшается. Для морской воды температура наибольшей плотности уменьшается как с увеличением давления, так и солености (Рис.10.2). В условиях термодинамического равновесия экстремум плотности (удельного объема) существует только в той области солености и давления, в которой температура наибольшей плотности T_m больше или равна температуре замерзания T_f, т. е. $T_m \geq T_f$.

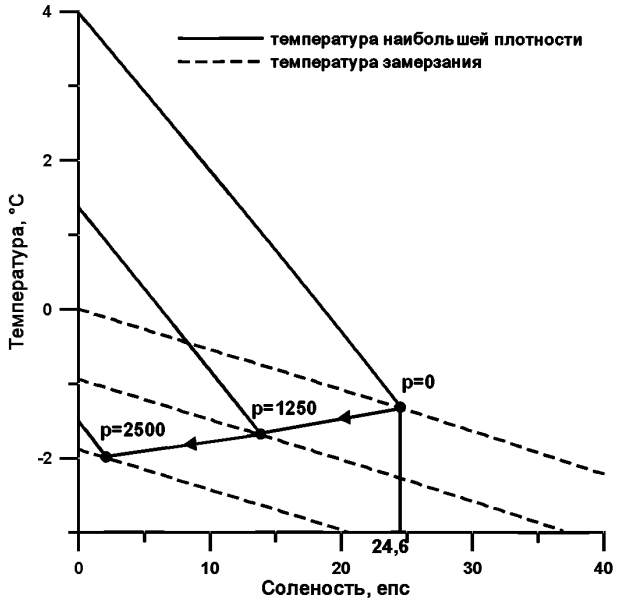


Рис. 10.2 Зависимость температуры наибольшей плотности и температуры замерзания морской воды (°С) от солености (‰) и давления (дбар)

Это обусловлено тем, что температура наибольшей плотности уменьшается с увеличением солености и давления быстрее, чем температура T_f. Предельное давление существования наибольшей плотности в условиях термодинамического равновесия примерно равно 270 бар, при котором $T_m = T_f = -2°$ С. В областях, где $T_m < T_f$, термодинамическое равновесие не выполняется, так как замерзание начинается раньше достижения максимальной плотности при охлаждении.

Точка пересечения линий ***температуры наибольшей плотности и температуры замерзания*** *(*$T_m = T_f$*) называется* ***критической точкой***. При атмосферном давлении (т. е. на поверхности) критическая точка наблюдается при солености 24.6 ‰ (Рис. 10.2).

Морская вода с соленостью меньшей 24.6 ‰, как и пресная, имеет температуру наибольшей плотности выше температуры замерзания. При солености выше 24.6 ‰ соотношение температур T_m и T_f обратное. Однако в реальных условиях температура наибольшей плотности в этом случае не может быть достигнута, так как вода не охлаждается ниже температуры замерзания. По предложению Н.М. Книповича, эти два типа вод называются соответственно *солоноватыми* и *морскими*. С глубиной соленость критической точки уменьшается и становится равной нулю при давлении ≈ 270 бар.

Различия в соотношениях температур T_m и T_f обуславливают различия в протекании некоторых процессов в солоноватых и морских водах, в частности процесса конвективного перемешивания. В солоноватых водах конвективное перемешивание начинается сразу при начале охлаждения поверхностных вод и продолжается до момента, когда температура охваченного ею слоя достигает температуры наибольшей плотности. Затем перемешивание до дна прекращается. В морских водах при охлаждении моря конвективное перемешивание не прекращается вплоть до достижения температуры замерзания, поэтому конвекция может достичь больших глубин.

Температуру наибольшей плотности можно определить либо через уравнение состояния УС–80, приняв коэффициент термического расширения равным нулю, либо по эмпирической формуле:

$$T_m(S,p) = 3.982 - 0.2229\cdot\ S - 0.02004\cdot p\cdot$$
$$\cdot\left(1+3.76\cdot10^{-3}\cdot S\right)\cdot\ \left(1+4.02\cdot10^{-4}\cdot p\right),$$

где S – соленость, ‰; p – давление, бары. Отметим, что T_m, рассчитанная по выше представленной формуле, ниже, чем по данным УС–80, примерно на 0.1–0.2° С в диапазоне практической солености от 0 до 40 при атмосферном давлении.

С температурой воды тесно связан другой параметр воды – теплоемкость. Теплоемкость относится к калорическим свойствам термодинамических систем, так как для ее определения необходимо знать внутреннюю энергию системы. *Под теплоемкостью подразумевается **количество теплоты**, необходимое для изменения температуры системы на один градус* (1° С или 1° К), т. е.

$$C = \frac{\delta Q}{dT}.$$

Размерность теплоемкости в СИ: (Дж·К$^{-1}$). Отметим, что теплоемкость не является функцией состояния системы, так как количество теплоты δQ, необходимое для изменения температуры системы на dT, зависит от характера протекающего при этом процесса. Это означает, что при нагревании одна и та же система в зависимости от происходящего в ней процесса обладает различными теплоемкостями. Однако теплоемкости при постоянном давлении C_p и постоянном объеме C_V являются функциями состояния и поэтому они получили наибольшее практическое значение. В практике чаще встречается *удельная теплоемкость*, определяющая количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы морской воды на один градус (Дж·кг$^{-1}$·К$^{-1}$).

Самые современные исследования удельной теплоемкости растворов стандартной морской воды были проведены Ф. Миллеро и др. Данные этих авторов, нормированные на температуру по МПШТ–68, приведены в новых Международных океанографических таблицах. Удельная теплоемкость при атмосферном давлении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$c_p(S,T,0) = \sum_{i=0}^{4} a_i \cdot T^i + S \cdot \sum_{i=0}^{2} b_i \cdot T^i + S^{3/2} \cdot \sum_{i=0}^{2} c_i \cdot T^i,$$

где a_0=4.2174·10^3; a_1=–3.720283; a_2=0.1412855; a_3=–2.654387·10^{-3}; a_4=2.093236·10^{-5}; b_0=–7.643575; b_1=0.1072763; b_2=–1.38385·10^{-3}; c_0=0.1770383; c_1=–4.07718·10^{-3}; c_2=5.148·10^{-5}.

Коэффициенты в уравнении приведены в соответствие с системой СИ, МПШТ–68 и ПШС–78. Формула справедлива в следующих диапазонах солености и температуры: 0 ≤S ≤ 40, 0 ≤T ≤ 35° С. Проверочное значение: c_p=3980.0513 Дж·кг$^{-1}$·°К$^{-1}$ при S= 40, T= 35° С. Стандартное отклонение данных, полученных по этой формуле, составляет 0.5 Дж·кг$^{-1}$·°К$^{-1}$. Зависимость c_p от солености и температуры при атмосферном давлении приведена на Рис. 10.3.

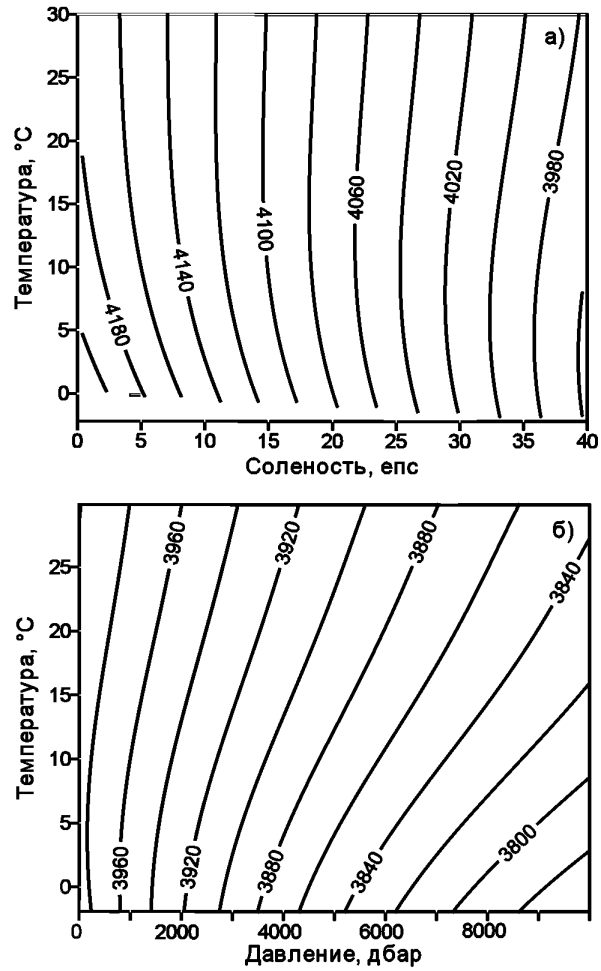


Рис. 10.3 Зависимость удельной теплоемкости при постоянном давлении c_p ($Дж \cdot кг^{-1} \cdot {}^{o}К^{-1}$) от солености и температуры при атмосферном давлении (а), давления и температуры при S = 35‰ (б).

Температура воды влияет на большинство характеристик морской воды, определяющих характер многих природных и технологических процессов в море. Характеристикой, имеющей наибольшее практическое значение, является плотность воды. Ее зависимость от температуры приведена на Рис. 10.4.

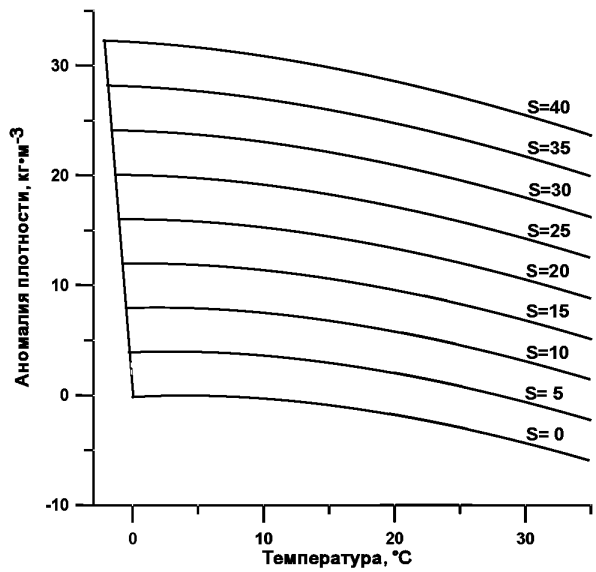


Рис.10.4 Аномалия плотности морской воды как функция от температуры и солености при атмосферном давлении

Для научно-исследовательских и прикладных целей требуется знать не только сами значения температуры воды, но и пределы ее изменения, а также вероятность появления температуры той или иной величины.

Измеренные или полученные в результате модельных расчетов поля температуры воды (совместно с соленостью) служат основой для расчета геострофических течений, T,S–анализа вод Мирового океана, конвективного перемешивания и других процессов, протекающих в океане. Результаты измерений температуры воды позволяют определить теплосодержание моря и рассчитать тепловой баланс изучаемой акватории.

10.3 Методы измерения температуры воды

Методы измерения температуры воды в Мировом океане подразделяются на контактные и дистанционные (неконтактные).

Дистанционные (неконтактные) методы основаны на измерении собственного теплового излучения водной поверхности океана в инфракрасном и микроволновом диапазонах спектра электромагнитных волн.

Контактные методы основаны на введении в толщу воды измерительного зонда, имеющего соответствующий термометрический элемент. В качестве такого элемента используются ртутные или электронные термометры (обычные для измерения на поверхности и опрокидывающиеся для измерения в толще воды), металлические термометры сопротивления, термисторы, кварцевые резонаторы.

10.4 Датчики температуры

Принцип действия металлических термометров сопротивления и термисторов (полупроводниковые терморезисторы) основан на зависимости электрического сопротивления чувствительных элементов датчиков от температуры среды. В соответствии с тем, возрастает или понижается величина электрического сопротивления при повышении температуры, датчики могут быть с положительным или отрицательным *температурным коэффициентом сопротивления* α_R. Металлические датчики имеют только положительный α_R. Термисторы могут обладать как положительным, так и отрицательным α_R.

Величина температурного коэффициента сопротивления α_R ($°C^{-1}$), иногда называемая также чувствительностью датчика, определяется как относительное приращение электрического сопротивления материала чувствительного элемента при изменении его температуры на единицу:

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT},$$

где R – сопротивление материала при температуре T.

Кварцевые резонаторы используются в качестве термочувствительных элементов, задающих частоту в схемах кварцевых генераторов. Выходная частота такого генератора ω_T при температуре T определяется как:

$$\omega_T = \omega_0 + \alpha_\omega \cdot T,$$

где ω_0 – частота генератора при T = 0° С, а α_ω – температурный коэффициент частоты термочувствительного кварца, определяемый как относительное приращение частоты кварца при изменении его температуры на единицу ($°C^{-1}$).

Основными параметрами, характеризующими качество температурных датчиков для океанологической аппаратуры, являются: долговременная стабильность, чувствительность, линейность и быстродействие (инерционность).

Металлические термометры сопротивления

Наилучшие метрологические характеристики имеют металлические термометры сопротивления и кварцевые резонаторы. Первые являются основным типом, применяемым в составе практически всех распространенных CTD–зондов. Кварцевые резонаторы, в связи с худшим быстродействием, используются для калибровочной аппаратуры и долгопериодных измерений (буи и буксируемая аппаратура).

Термисторы имеют высокое быстродействие, потребляют малую мощность (ток возбуждения, как правило, не превышает 100 мкА), обладают невысокой стоимостью, технологией, пригодной для массового изготовления, но из–за большой нелинейности статической характеристики преобразования, как правило, применяются в упрощенной портативной аппаратуре или для специальных исследований, а также в качестве вторичных и компенсирующих датчиков.

Сравнительные характеристики типов термодатчиков приведены в Табл. 10.1.

Таблица 10.1

Сравнительные характеристики типов термодатчиков

Параметр	Типы датчиков		
	термометр сопротивления	термистор	кварцевый резонатор
Стабильность	0.1 %/5 лет	0.1–2.5 °C/год	0.01 °C/мес.
Чувствительность	0.2–10 Ом/°C	0.1–1 кОм/°C	1000 Гц/°C
Нелинейность, %	0.55	5–20	< 0.05
Инерционность, с	1–0.2	0.025	3–10

Представленные в Таблице 10.1 оценки относятся к диапазону измерения температуры от –5 до 40 °C.

Для изготовления океанологических датчиков температуры на основе термометров сопротивления в основном используется платина, никель или медь. Электрическое сопротивление чувствительных элементов изменяется согласно уравнению:

$$R_T = R_0 \cdot \left[1 + \alpha_R \cdot \left(T - T_0\right)\right],$$

где R_0 – сопротивление при 0 °C (т.е. при 273 °K); R_T – сопротивление при температуре T; α_R – температурный коэффициент сопротивления.

По технологии изготовления металлические термометры сопротивления подразделяются на проволочные и пленочные.

Проволочные термометры сопротивления, используемые в океанологической технике, как правило, выполняются в виде обмоток, выполненных сдвоенным проводом в виде бифилярной намотки на керамических или стеклянных каркасах. Материал каркаса должен иметь характеристики теплового расширения, по возможности, приближающиеся к характеристикам проволоки. Оба вида обмоток защищают от гидростатического давления прочными корпусами, а если обмотки не защищены, то их изолируют от воды. Незащищенные датчики обладают лучшим быстродействием, но они подвержены влиянию давления на чувствительный элемент – проявляется так называемый "тензоэффект".

В защищенных датчиках для усиления теплового контакта с окружающей датчик водой и для повышения быстродействия прочный корпус иногда заполняется трансформаторным или силиконовым маслом. Для ликвидации тензоэффекта, возникающего вследствие передачи внешнего давления непосредственно на чувствительный элемент, внутри прочного корпуса оставляется небольшой пузырек воздуха. Быстродействие подобного датчика составляет 0.8 ÷ 0.4 с. Использование специальной пасты, получаемой путем добавления в масло в качестве

наполнителя окисей металлов (например, магния) с высокими электроизоляционными и теплопроводными свойствами, приводит к улучшению быстродействия до величин 0.4 ÷ 0.2 с.

Незащищенные датчики в связи с низкой стойкостью изолирующего покрытия к действию морской воды наиболее распространены в конструкциях некоторых зондов разового действия (обрывных). Термочувствительная обмотка из изолированной проволоки укладывается в спиральную канавку на внешней поверхности тяжелой головной части зонда и, имея непосредственный тепловой контакт со встречным потоком воды, обладает достаточно высоким быстродействием.

Наиболее высокое быстродействие от металлических датчиков можно получить, если использовать тонкопленочную технологию. Например, на керамическую или кварцевую подложку толщиной 0.6 мм методом катодного высокочастотного распыления наносится слой платины толщиной около 2 мкм. Затем напыленный слой частично выжигается лазером так, чтобы осталась токопроводящая дорожка в виде меандра. Одновременно с выжиганием проводится подгонка по величине сопротивления. Контактные выводы изготавливают методом термокомпрессионной сварки, а для защиты активного платинового слоя от повреждений его еще раз покрывают керамическим изолирующим слоем толщиной 10 мкм. Постоянная времени таких пленочных датчиков может достигать значений порядка 10^{-7} с.

Наилучшей долговременной стабильностью и воспроизводимостью характеристик обладают термометры сопротивления, изготовленные из платины высшей очистки. Нелинейность статической характеристики платиновых термометров сопротивления не превышает 0.55 % в диапазоне температуры от –2 до 30 °С. Чувствительность платинового термометра сопротивления составляет примерно 0.392 %·°C^{-1}. Высокой оценкой метрологических характеристик платинового датчика может служить тот факт, что именно платиновый термометр сопротивления принят в качестве эталонного прибора для воспроизведения Международной практической температурной шкалы. К недостаткам платиновых термометров можно отнести только их высокую стоимость.

В отечественной аппаратуре наиболее широко используется датчик ТСП–365–01, который позволяет измерять температуру морской воды в диапазоне от –5 до 40°С до глубины 6000 м. Чувствительный элемент датчика имеет сопротивление при 0 °С около 100 Ом и постоянную времени около 0.5 с.

Среди зарубежных датчиков наибольшую известность приобрели датчики фирмы "Rosemount Inc." (США). Например, датчик 171–BJ, используемый в *CTD*–зонде Mark–IIIB (NeilBrown) и во многих других зондах, имеет сопротивление 200 Ом при температуре 20°С. При температуре 0°С его суммарное сопротивление будет равно 185.3 Ом, а постоянная времени - 0.25 с.

Лучшие медные термометры сопротивления уступают платиновым по показателю долговременной стабильности примерно в два раза, а также имеют большую длину чувствительного элемента при равном диаметре провода и одинаковом начальном сопротивлении. Длинная проволока затрудняет технологию сборки, повышает параметры реактивных составляющих сопротивления (для ликвидации этого эффекта используют бифилярную намотку), увеличивает показатель тепловой инерции чувствительного элемента.

Никелевые термометры сопротивления имеют высокую чувствительность, составляющую примерно 0.539 %·°C^{-1}, что выше, чем у платиновых и медных термометров, по удельному сопротивлению они тоже превосходят последние. Однако технология получения никелевого провода высокой чистоты отличается повышенной сложностью и дорога. Применяемые же никелевые преобразователи температуры из обычно используемой проволоки уступают по долговременной стабильности платиновым и медным. Поэтому, никелевые датчики широкого распространения в океанологической технике не получили.

К недостаткам металлических термометров сопротивления можно отнести малую крутизну преобразования, обусловленную сравнительно малой величиной α_Rдля металлов (порядка 10^{-3}°C^{-1}) и малым собственным сопротивлением, что усложняет передачу информации от датчика на измерительные схемы.

Термисторы. Полупроводниковые термометры сопротивления, или термисторы, обладают более высокой величиной температурного коэффициента сопротивления αR (до $6 \div 8$ % на 1°С) по сравнению с металлическими термометрами сопротивления, т.е. более высокой крутизной преобразования и большим удельным сопротивлением. В связи с малыми конструктивными размерами термистров, их постоянная времени может составлять не более $0.02 \div 0.05$ с.

Использование кремниевых термисторов, имеющих положительный температурный коэффициент сопротивления αR, представляет интерес в случае массового применения, так как они значительно дешевле других датчиков и имеют большой температурный коэффициент.

Термисторы обладают значительной нелинейностью своих характеристик. Существенным недостатком кремниевых датчиков также является меньший диапазон измеряемых температур. Однако для некоторых областей эти недостатки имеют второстепенное значение, тем более, что сейчас разработано достаточно вариантов специальных линеаризирующих схем. Миниатюрность и высокая чувствительность термисторов позволяет отдать им предпочтение для применения в качестве датчиков температуры в портативной аппаратуре, обрывных зондах и термокосах, а малая постоянная времени и высокое разрешение (до $5 \cdot 10^{-4}$ °С) делает их привлекательными для исследования тонких структур распределения температуры с малыми градиентами.

Кварцевые датчики температуры. Кварцевые резонаторы, используемые в датчиках температуры, характеризуются высокой стабильностью параметров – максимальный дрейф после начального периода старения кристалла имеет значение порядка 10^{-3} °К в месяц. Также они обладают высоким разрешением ($10^{-4} \div 10^{-6}$ °К) и абсолютной погрешностью в рабочем диапазоне температур до 0.02 °С. Конструкция датчиков позволяет их эксплуатировать при ударах и вибрациях в диапазоне ускорений $10 \div 1\,000$ g. Другим немаловажным достоинством является то, что сам кварц может быть использован непосредственно в качестве частотно–задающего элемента в системах телеизмерений с частотной модуляцией.

В термочувствительных измерительных преобразователях обычно используют два кварцевых генератора. В одном из них применяется термочувствительный кварцевый элемент, а в другом (опорном) – термостабилизированный. Выходным сигналом является разностная частота с обоих генераторов, получаемая на выходе смесителя. Как правило, в генераторах используются частоты в диапазоне $2 \div 15$ МГц.

Высокая линейность является характерной особенностью кварцевых первичных преобразователей температуры. Так как изменение частоты происходит без изменения крутизны характеристики преобразования, то можно производить поверку измерителей на основе кварцевых резонаторов только по тройной точке воды ($T = 0.01$ °С), а не по всей шкале температур. При определении режима работы кварцевого датчика следует правильно учитывать допустимую мощность рассеивания, так как перегрев кристалла может привести к погрешности в $0.001 \div 0.003$ °С.

Для реализации высоких метрологических качеств кварцевых преобразователей необходимо, чтобы их добротность как резонаторов была порядка $106 \div 108$. Получить столь высокие значения можно лишь в том случае, когда кварц находится в газовой среде или вообще вакуумирован, что требует заключения его в герметичный корпус, а также крепления специальными пружинящими контактами, обеспечивающими минимум механических напряжений на кристалле. Такие требования к конструкции преобразователя обуславливают значительное ослабление теплообмена кварца со средой, особенно при измерениях в водной среде, что, в свою очередь, вызывает возрастание инерционности кварцевого преобразователя до величин порядка $5 \div 10$ с.

Как правило, кварцевые резонаторы для океанологических датчиков размещают в герметических металлических корпусах, подобных тем, которые используют для транзисторов. Благодаря применению резонаторов малых размеров и специальной конфигурации (например, в виде линзы), заполнению герметичного корпуса газом, обладающим высокой теплопроводностью – гелием или ксеноном, и другим мерам, удалось понизить постоянную времени кварцевых датчиков до приемлемых значений, позволяющих использовать их в буксируемых устройствах. Разумный компромисс между добротностью кварцевого резонатора и его быстродействием достигнут в конструкции, где кварцевая пластина зажата с двух сторон

электродами, причем один из них является одновременно крышкой герметичного корпуса. Несмотря на то, что в такой конструкции добротность уменьшилась до величины порядка $3 \cdot 10^4$, существенно улучшился тепловой обмен резонатора с водной средой, осуществляемый через металл (бронза) электрода–крышки, что, в свою очередь, позволило уменьшить постоянную времени до 1с и использовать датчик в зондирующем устройстве.

Несмотря на достигнутые успехи, основным недостатком кварцевых преобразователей температуры остается сравнительно большая инерционность (для реальных конструкций постоянная времени составляет не менее 3с). Именно эта причина позволяет использовать кварцевые резонаторы в основном только для исследования долгопериодных флюктуаций температуры среды при проведении долговременных автономных наблюдений или, учитывая высокое качество других метрологических параметров, для калибровки рабочих средств измерения.

10.5 Измерение температуры поверхности моря и поверхностного слоя

Под *температурой поверхностного слоя моря* понимается осредненная за 1—2 мин температура верхнего слоя морской воды толщиной не более 1 м в месте измерения, принимаемая за среднюю в этом слое и условно распространяемая на ближайшую акваторию.

Температура поверхностного слоя моря обычно измеряется непосредственно ртутным термометром в оправе со стаканчиком.

Температуру *поверхностного слоя* следует отличать от температуры *поверхности моря*, под которой понимается температура *тонкого* поверхностного слоя морской воды, от нескольких микронов до 1—2 см, обычно измеряемая ИФ-радиометрами с искусственных спутников Земли, самолетов или судов. Температура поверхности моря может отличаться от температуры поверхностного слоя на 1—3°. Вследствие испарения она обычно ниже температуры воды поверхностного слоя.

Вопрос о достоверном измерении температуры воды поверхностного слоя с судна давно привлекает внимание океанографов. Это связано с тем, что судно при своем движении нарушает термическую структуру поверхностного слоя океана, а также из-за откачки за борт технической воды, используемой для охлаждения энергетических установок судна. Особенно необходимы сведения о температуре воды поверхностного слоя для оценки точности измерений температуры, которые осуществляются при помощи инфракрасных радиометров, установленных на летательных аппаратах и ИСЗ, и привязки их к данным измерений in situ.

Вблизи судна образуемые им кильватерные струи состоят из винтовых струй и корпусной струи, обусловленной трением между корпусом судна и водой. На расстоянии за кормой, как правило, меньшем, чем длина судна, эти два потока перемешиваются, образуя турбулентное движение, в котором скорости во всех направлениях примерно одинаковы.

Если судно движется в слое вод с постоянной температурой, особенно в зимнее время, то часто изменения температуры воды могут возникнуть только за счет отдачи судном тепла в воду. Небольшие участки воды могут нагреваться значительно больше за счет воды, выпускаемой из системы охлаждения двигателей.

Если в поверхностном слое имеет место вертикальный температурный градиент, то идущее судно возмущает распределение температуры и в кильватерной струе создаются заметные температурные перепады. Поэтому при измерении температуры воды с кормы могут быть искажения порядка 0.3—0.5°С.

Нарушенная термическая структура за кормой судна, образующаяся от работы гребных винтов, в штилевую погоду и при весьма малых разностях температуры воды и воздуха, сохраняет свое состояние значительное время и на удалениях в несколько десятков миль.

Наиболее репрезентативное место, где можно измерять температуру поверхности воды — это впереди по курсу судна или на расстоянии 25—30 м по обе стороны от его бортов. Однако контактными методами в этих местах измерения осуществить трудно.

Обычно в поверхностном слое 0—0.5 м распределение температуры принимается изотермическим, хотя теоретическими исследованиями показано, что самая поверхностная пленка воды должна быть холоднее нижележащих слоев, а максимум температуры должен

находиться на некоторой глубине. Изменчивость распределения температуры в поверхностном слое моря вызывается изменениями составляющих теплового баланса.

Регулярные измерения температуры поверхностного слоя моря производятся на всех коммерческих, рыбопромысловых и научно-исследовательских судах, подающих оперативные синоптические телеграммы о состоянии погоды и моря. Для измерений пользуются различными приборами и методами, рекомендуемыми в Наставлении судовым гидрометстанциям, выпуск 9, ч.II и выпуск 9, ч.III. Самый простой и достаточно надежный способ — это измерение температуры ртутным термометром в оправе со стаканчиком. Термометр на лине опускают за борт с носовой части судна и погружают в море на всю длину оправы. Термометр поднимают, выливают воду из стаканчика и снова опускают; выдерживают в море 1 минуту, быстро поднимают и производят отсчет, сначала десятые доли, а потом целые градусы. При сильном волнении, во избежание ударов термометра о борт, измерения производят в воде, зачерпнутой ведром из поверхностного слоя моря.

Этим способом можно пользоваться при скорости судна не более 8—10 уз. Но так как современные суда движутся с большими скоростями, измерения температуры воды производят дистанционно термометрами сопротивления, устанавливаемыми в кингстоне, где они должны находиться в струе закачиваемой забортной воды.

10.6 Непрерывная регистрация температуры и солености поверхностного слоя

На научно-исследовательские судах современной постройки, так же, как и на некоторых коммерческих судах, предусмотрены специальные кингстоны, в которых размещаются датчики СТД-зондов, позволяющие измерить температуру, электропроводность, а иногда и уровень содержания кислорода прокачиваемой забортной воды. Разумеется, сама технология производства наблюдений с помощью таких систем непрерывной регистрации предполагает наличие искажений, связанных с нарушением тонкой структуры поверхностного слоя корпусом судна, принудительным закачиванием воды в кингстон, разным для судов различной конструкции горизонтом забора воды и т.п. Несмотря на указанные недостатки, получаемая таким образом информация о состоянии гидрофизических параметров поверхностного слоя позволяет составить представление об их градиентах на масштабах, которые являются «подсеточными» для традиционных измерений на разрезах и полигонах. Так, наличие подобной системы позволяет исследователям оперативно оконтуривать зоны повышенной динамической активности в океанах и морях, что имеет существенное значение для оперативного управления натурными экспериментами.

10.7 Измерение температуры воды с помощью глубоководных опрокидывающихся термометров

Несмотря на большое кеоличество новых технических средств, позволяющих определить температуру морской воды как на поверхности, так и на глубинах автоматически (различные типы зондов, профилографов и других) при работах на малых судах, судах старой постройки, в прибрежных и мелководных зонах применяются опрокидывающиеся термометры. Поэтому в этой главе даются практические приемы применения этих термометров в экспедиционных условиях.

Глубоководные опрокидывающиеся термометры (ТГ) служат для измерения температуры воды на различных глубинах.

Допускается использование ТГ при соответствии пределов изменения температуры воды на заданных глубинах и диапазона измерения термометра.

Для измерения температуры в морях с разным тепловым режимом используют термометры, имеющие шкалы со следующими пределами: от –2 до 9°С с делениями через 0.05°; от –2 до 16°; от –2 до 18°; от –2 до 20° и от –2 до 28° с делениями через 0.1°С. Вспомогательные термометры имеют шкалы с пределами от –20 до 45°С с делениями через 0.5°С.

Глубоководные термометры все еще остаются конкурентоспособным средством измерения и вполне соответствуют современным требованиям, касающимися точности. Ими обеспечивается

точность измерения температуры морской воды до 0.02°С. Недостатком метода является время, затрачиваемое на цикл измерений (станцию).

Следующее описание метода измерения температуры ориентировано на применение глубоководных опрокидывающихся термометров типа ТГ производства Клинского термометрового завода или аналогичных приборов, выпускаемых другими производителями.

Принцип метода. В глубоководном термометре применяется метод, основанный на измерении теплового расширения ртути. ТГ состоит из двух термометров: основного и вспомогательного, заключенных в стеклянную оболочку, предохраняющую их от давления воды на глубинах. Основной термометр служит для измерения температуры воды, а вспомогательный – для измерения температуры воздуха внутри оболочки термометра (для введения поправок на изменение объема ртути основного термометра).

Принцип действия опрокидывающегося термометра ТГ заключается в следующем. После выдержки, во время которой термометр расположен резервуаром вниз, он опрокидывается; при этом столбик ртути в основном термометре отрывается и стекает в противоположный конец термометра, отделяясь, таким образом, от основного объема ртути, находящейся в резервуаре. После отрыва ртути учитывается тепловое расширение только оторвавшейся ртути, которая подвергается при поднятии температурному влиянию вышележащих слоев воды и воздуха.

Приборы, оборудование и материалы:

- Термометр глубоководный опрокидывающийся типа ТГ отечественного производства или аналогичных термометров выпускаемых зарубежными производителями.
- Рама для опрокидывающихся термометров "РОТ 48" (или др.) Состоит из двух или более гильз, в которые устанавливают ТГ и служит для крепления термометров к тросу, батометру БМ48 или корпусу CTD комплекса.
- Груз посыльный с поводком (в количестве используемых рам или батометров).
- Стойка батометрическая, для установки батометров в вертикальном положении. (Допускается использование других приспособлений, обеспечивающих вертикальное положение ТГ).
- Лупа Нансена (или другая) для снятия показаний термометра.
- Батометр океанографический БМ 48.
- Рабочий журнал.

Подготовка приборов к работе

Хранение и уход за приборами. Опрокидывающиеся термометры хранятся в вертикальном положении ртутным резервуаром вниз, в чехлах, рамах или коробках при температуре выше 0°С.

По окончанию работ термометры промываются пресной водой.

Транспортировка термометров проводится только в специальных ящиках.

Проверка исправности ТГ.

Перед применением глубоководных термометров необходимо проверить:

- Целостность термометров и отсутствие трещин в оболочке;
- Надежность крепления основного и вспомогательного термометров внутри оболочки;
- Отсутствие ртути внутри оболочки;
- Действительно ли отрыв столбика ртути при опрокидывании термометра происходит у глухого отростка капилляра и полностью ли выливается ртуть в капилляр;
- Свободно ли стекает ртуть в капилляр при опрокидывании;
- Наличие свидетельства о поверке (срок годности свидетельства – один год).

При обнаружении неисправностей термометра, или истечении срока действия свидетельства о поверке, термометр откладывают и по окончанию работ передают для утилизации, ремонта или поверки в соответственную группу.

Подготовка приборов к измерению.

При подготовке ТГ к измерению необходимо:

– Подобрать пару термометров (левый и правый) так, чтобы они имели по возможности, близкие Vol и одинаковый ход поправок.

– Снять с рамы крышку с пробками и поочередно вставить термометры резервуаром вниз в гильзы рамы.

– Повернуть ТГ внутри гильзы таким образом чтобы оцифрованные шкалы основного и вспомогательного термометров находились в прорези гильзы. Установить крышку с пробками. При установке крышки на раму необходимо закрепить положение термометров, это производят винтами регулирующими высоту пробок каждой из гильз.

– Установить раму с термометрами на батометр (при его использовании).

– Прикрепить раму (батометр) к тросу, с помощью зажимного устройства на нижнем конце (батометра или рамы), и спускового устройства на верхнем конце прибора. Во избежание скольжения прибора по тросу, в зажим можно вставить прокладку из свинца или другого материала препятствующего скольжению. При работе с термометром необходимо предохранять его от ударов и падений. Для избегания ударов термометра о дно и другие термометры, расстояние между термометрами не должно быть менее полутора длин батометра или рамы.

– Записать в книжку наблюдений: номер прибора (рамы или батометра), номера правого и левого термометров, а также значение Vol, указанное на задней стенке термометров.

Измерение температуры глубинных вод

Опустить приборы на заданные глубины, для чего пользуются счетчиком на лебедке, с учетом угла наклона троса.

Выдержать в течение времени аккомодации, считая с момента погружения последнего прибора, если инерция термометров неизвестна, то в течение 5 минут.

Опустить посыльный грузик и, не отнимая от троса руки, убедиться по ощущаемому рукой двойному удару у каждого батометра или рамы и последующего сотрясения троса, что все посыльные грузы достигли цели и батометры (рамы) с укрепленными на них термометрами перевернулись.

Записать время посылки груза в книжку или дневник.

Поднять термометры на палубу.

Установить в стойки или подвесить в вертикальном положении ртутным резервуаром вверх в затененное место.

Протереть термометры от конденсата и приступить к снятию отсчета.

Замечание: запрещается укладывать или переворачивать термометры до снятия показаний.

Снятие отсчетов. Отсчет по термометру производят дважды. Первый отсчет делают сразу после извлечения приборов из воды; он служит для предварительной ориентировки и для суждений о степени надежности показаний термометра.

Произвести первый отсчет по левому вспомогательному, и левому основному, затем по правому вспомогательному и правому основному термометрам.

Записать результаты в книжку или дневник.

Выждать пять минут после поднятия последнего прибора.

Произвести второй отсчет в порядке, аналогичном первому.

Перевернуть батометр или раму в нормальное положение.

При отсчете рекомендуется сперва невооруженным глазом заметить окончание столбика ртути, а затем уже, приложив лупу, произвести отсчет вспомогательного термометра с точностью до 0.1°, а основного – до 0.01°

Обработка результатов измерений и форма представления конечного результата. Первичная обработка наблюдений за температурой воды, проведенных при помощи глубоководного термометра, включает в себя:

– введение инструментальных поправок в показания основного и вспомогательного термометров;

– вычисление и введение в отсчет основного термометра редукционной поправки K на изменение объема оставшегося после обрыва столбика ртути;

– вычисление истиной температуры воды на данной глубине.

Далее необходимо выполнить следующие действия.

1) Используя второй отсчет показаний термометров определить величины инструментальных поправок для ТГ (указанных в свидетельстве о поверке) путем линейной интерполяции.

2) Найденные поправки прибавить с учетом знака ко вторым отсчетам основного и вспомогательного термометров.

3) Из Таблицы 1 «Океанологические таблицы» [1957г.] выбрать редукционные поправки к основному термометру или вычислить эту поправку по формуле:

$$K = \frac{(T-t)(T+V_0)}{n}\left(1+\frac{T+V_0}{n}\right)$$

где T – отсчет по основному термометру; t – отсчет по вспомогательному термометру; V_0 – объем ртути в верхнем расширении основного термометра до деления 0°, выраженный в делениях шкалы термометра, т.е. в градусах (Vol); $1/n$ – относительный объемный коэффициент расширения ртути и стекла термометра. (Таблица 1 рассчитана для $n = 6300$, при других значениях n необходимо к редукционной поправке K прибавить величину ΔK, взятую из Таблицы 3).

4) Знак редукционной поправки принимают по знаку разности $(T - t)$.

5) Найти истинные значения температуры путем прибавления редукционной поправки (с учетом знака) к исправленной величине.

6) Записать полученные результаты

7) Найти принятую температуру путем арифметического осреднения исправленных величин левого и правого термометров.

8) Если разница в исправленных величинах превышает 0.05°, то поправки вводят к первым отсчетам и повторяют процедуру расчета. Если и в этом случае разница велика, то результат признается непригодным и измерение повторяют. Принятая температура выбирается как наиболее достоверная, или путем арифметического осреднения истинных температур по правому и левому термометрам

Обработку показаний ТГ ведут в книжке КГМ–6 или журнале обработки наблюдений глубоководными термометрами и термоглубомерами. Туда вносят координаты и номер станции, дату и время измерения, глубину места, глубину погружения термометра, номер батометра или рамы, номера правого и левого термометров, Vol при 0°С, первый и второй отсчеты термометров, инструментальные и редукционные поправки, а также истинную температуру.

Для передачи в банк данных, по окончанию каждого рейса формируется таблица океанографических и гидрохимических наблюдений, куда вносится принятая температура, горизонт измерения и информация по станции.

Температура воды является показателем теплового состояния водной толщи и используется для расчета плотности, относительного содержания кислорода и других элементов. Данные о распределении температуры воды широко используются для гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических расчетов и прогнозов.

Показания глубоководных термометров служат для калибровки каналов температуры CTD систем.

10.8 Оценка результатов наблюдений и характеристики метода

Если разница между исправленными отсчетами левого и правого термометров не превышает 0.05°С, то измерение принимается, в противном случае из двух отсчетов принимают более надежный (так, чтобы исправленный отсчет удовлетворял предыдущему условию), и поправки вводят к нему.

В случае возникших сомнений в правильности второго отсчета его необходимо повторить. При расхождении в исправленных отсчетах более 0.05° делаются соответствующие пометки в книжке или дневнике наблюдений.

Качественные характеристики метода

- Показатель качества $|T_{левый}-T_{правый}| < 0.05°C$
- Цена деления шкалы основного 0.05 или 0.1°С, вспомогательного – 0.5°С.
- Точность 0.02°С
- Предел шкалы от –2 до (+9, +18, +20, +28) +32°
- Инерционность прибора не более 7 минут.

10.9 Техника безопасности работ

Термометры хранятся в специальных пеналах. При работе термометры помещаются в рамы "РОТ 48", которые устанавливаются на батометры. Батометры хранятся в специальных батометрических стойках.

При работе с термометрами необходимо тщательно следить за целостностью термометров во избежание протекания ртути, и повреждения кожного покрова осколками стеклянной оболочки.

При утечке ртути, ее осторожно собирают в емкость и передают для утилизации.

Глава 11. Определение солености и электропроводности морской воды

Несмотря на существующие возможности, позволяющие определять соленость автоматически по электропроводности, в практике отечественных работ все еще применяются косвенные методы определения солености. Именно поэтому в Руководство включена глава, описывающая эти методы, из второго издания Руководства.

Составители Руководства считают, что она может оказаться полезной при работах на судах старой постройки, малых судах в прибрежной зоне, отсутствии современных измерительных средств и некоторых других обстоятельствах.

Соленостью морской воды называется суммарное количество всех твердых минеральных растворенных веществ в граммах, содержащихся в 1 кг морской воды, при условии, что бром и йод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в окислы, а все органические вещества сожжены при температуре 480° (ГОСТ 18456—73).

В океанографии приняты косвенные методы определения солености:

а) аргентометрический метод определения солености по хлору;

б) электромагнитный метод определения солености по электропроводности воды;

в) метод ареометрирования, определения солености по удельному весу морской воды.

Первые два метода являются высокоточными и вместе с тем достаточно простыми, третий - простой, но менее точный.

Соленость этими методами определяется в пробах воды. Электромагнитный метод принят также для определения солености in situ, непосредственно в море.

11.1 Аргентометрический метод определения хлорности и солености морской воды

Аргентометрический метод или метод определения солености морской воды по хлору, является наиболее распространенным, достаточно простым и вместе с тем точным. Сущность его заключается в следующем. На основании многочисленных исследований установлено, что процентное содержание веществ, входящих в сложный солевой состав морской воды, постоянно.

Соленость, т. е. суммарное содержание растворенных веществ, может меняться в морской воде в довольно значительных пределах, но количественное соотношение отдельных элементов солевого состава воды остается практически постоянным. Эта зависимость нарушается только в опресненных водах ряда морей, предустьевых пространствах и заливах.

Для определения солености достаточно точно определить содержание в воде только какого-либо одного элемента, чтобы затем путем вычислений найти суммарную соленость. Таким элементом был выбран хлор Cl, определить который можно быстро и точно даже в экспедиционных условиях.

Для океанической воды и воды морей, имеющих хороший водообмен с океаном, соотношение между соленостью *S* и хлорностью Cl определяется формулой Кнудсена:

$$S = 0{,}03 + 1{,}805\ Cl$$

Для полузамкнутых и замкнутых морей приняты следующие формулы:

Соленость, ‰	Море
S=0,115+l,805Cl‰	Балтийское море
S=0,130+l,850Cl‰	Рижский залив
S=0,184 +1,7950C1‰	Черное море
S=0,230+1,792C1‰	Азовское море
S=0,263+1.664C1+0,0294C12‰	Таганрогский залив и приустьевые участки рек Азовского моря
S=0,14+2,36Cl‰	Каспийское море
S =2,386C1‰	Каспийское море, кроме распресненной северной части
S =0,264+2,791C1‰	Аральское море

Так как хлорность морской воды является основной исходной величиной при вычислении солености морской воды, то при определении хлорности необходима строгая стандартизация в целях получения точных и сравнимых результатов.

Сущность метода определения хлорности заключается в том, что точно отмеренную пробу морской воды (15 мл) титруют раствором азотнокислого серебра ($AgNO_3$) определенной концентрации до прекращения образования белого творожистого осадка хлористого серебра

$$Cl^- + Ag^+ \rightarrow \underset{\downarrow}{AgCl}$$

Для точного определения конца образования осадка применяется индикатор — раствор хромовокислого калия (K_2CrO_4), который в количестве нескольких капель прибавляется к титруемой пробе морской воды. Хромовокислый калий дает с раствором азотнокислого серебра осадок оранжевого цвета, причем образование оранжевого осадка начинается только тогда, когда произойдет полное осаждение хлора, и в момент окончания осаждения хлора титруемая жидкость и осадок меняют свой цвет:

$$CrO_4^{2-} + 2Ag^+ = Ag_2CrO_4$$

Раствор азотнокислого серебра, для определения хлорности морской воды, приготовляется такой концентрации, чтобы отсчет бюретки при титровании морской воды приблизительно отвечал хлорности.

Для проверки титра раствора азотнокислого серебра предварительно титруется (стандартная или нормальная) вода с точно известной хлорностью. Нормальная вода, употребляемая для установки титра раствора азотнокислого серебра, представляет собой фильтрованную морскую

(океаническую) воду, содержание хлора (хлорность) которой точно определено и близко к 19,38‰. Вода, имеющая хлорность 19,38‰, имеет соленость 35,00‰, эта соленость близка к солености воды океана. Нормальная морская вода с точно определенной хлорностью приготовляется в запаянных стеклянных баллонах емкостью 100—250 мл.

Титрование 15 мл нормальной воды с хлорностью 19,38‰ требует, чтобы отсчет бюретки соответствовал этой величине, т.е. был близким к 19,38 деления бюретки. Допускается отклонение отсчета в пределах от —0,150 до +0,145 деления при последующем введении соответствующих поправок.

После проверки титра раствора азотнокислого серебра приступают к *титрованию исследуемых проб морской воды в совершенно тех же условиях, что и при титровании нормальной воды.*

По количеству раствора азотнокислого серебра, израсходованного на титрование нормальной воды и на титрование исследуемой пробы, хлорность последней может быть вычислена по следующей формуле:

$$\frac{Cl}{N}=\frac{\alpha}{V_{\rho}}\left|\frac{A}{V'_{\rho'}}=\frac{\alpha\rho'}{A\rho}\right.,$$

где Cl — искомая хлорность исследуемой морской воды, N — хлорность нормальной воды (указывается на этикетке баллона), α — отсчет бюретки после титрования пробы морской воды, A — отсчет бюретки после титрования нормальной воды, V — объем пробы воды и нормальной воды (для титрования всегда берется одинаковый объем пробы воды— 15 мл), ρ — удельный вес нормальной воды, ρ' — удельный вес исследуемой морской воды.

Из всех приведенных величин неизвестными являются Cl и S, причем величина S является функцией от Cl. Таким образом, непосредственное вычисление хлорности исследуемой воды с необходимой точностью по этой формуле представляется довольно сложным.

В океанологических таблицах Н.Н.Зубова имеются Табл. 146—148, позволяющие просто вычислять истинную хлорность по данным титрования.

11.2 Реактивы для титрования на хлор

1. Основным раствором для аргентометрического определения солености морской воды является *раствор азотнокислого серебра* AgNCb. Для воды с океанской соленостью (С1=19,38‰, S=35,00‰, удельный вес 1,02674) концентрация азотнокислого серебра составит:

$$\frac{4,791\cdot 15\cdot 1,02674}{2}=36.92г,$$

где 4,791 — количество $AgNO_3$, осаждающее 1г хлора при условии, что на титрование берется 15 мл морской воды.

Принимая во внимание, что азотносеребряная соль, которая имеется в продаже, всегда содержит некоторое количество примеси, отвешивают на каждый литр приготовляемого раствора несколько большее количество азотносеребряной соли — 37,1 г. Судовые лаборатории обычно снабжаются химикатами в виде готовых навесок, изготовляемых береговыми гидрохимическими лабораториями. При наличии технических весов навески азотнокислого серебра готовят на судне. Обычно приготовляют 5—10 л раствора азотнокислого серебра. В этом случае отвешивают соответствующее количество азотнокислого серебра, переводят его в мерную колбу емкостью 1л или в мерный цилиндр той же емкости, растворяют соль сначала в небольшом количестве дистиллированной воды, затем доводят раствор до 1л, переливают в бутыль и доливают до нужного объема мерной колбой или цилиндром остальное количество дистиллированной воды. Бутыль закрывают пробкой и тщательно перемешивают раствор, встряхивая бутыль. Лучше раствор азотнокислого серебра приготовлять в конце рабочего дня и после взбалтывания дать ему отстояться в течение ночи. Раствор должен быть совершенно прозрачным. В противном случае раствор отстаивается в темном месте до полного просветления.

Поэтому рекомендуется раствор приготовлять заблаговременно, чтобы он мог отстояться в течение нескольких дней. Отстоявшийся раствор сливают с осадка (сифонируют) в другую чистую бутыль.

2. *Нормальная морская вода*. Перед работой вскрывается баллон. Для этого следует надрезать острым напильником узкую трубку баллона, ополоснуть склянку два-три раза небольшим количеством нормальной воды, затем перелить содержимое баллона в склянку и тотчас закрыть ее пробкой и колпаком.

3. *Индикатор* приготовляется следующим образом: отвешивается на технических весах 10 г чистой хромовокалиевой соли K_2CrO_4 и растворяется в мерной колбе или цилиндре емкостью 100 мл так, чтобы общий объем воды и соли был равен 100 мл (10%-ный раствор). Судовые лаборатории обычно снабжаются готовыми навесками хромовокалиевой соли, приготовляемыми в береговых гидрохимических лабораториях, либо готовят навески сами при наличии технических весов.

4. *Хромовую смесь* для мытья измерительных приборов получают готовую.

5. *Мазь* для смазывания стеклянных кранов бюреток и пипеток.

11.3 Ход определения хлорности. Запись результатов и вычисление солености

Рабочее место для титрования оборудуют в гидрохимической или гидрологической лаборатории. Занавеской защищают его от прямого солнечного света. На рабочем столе в соответствующих гнездах размещают и закрепляют прибор для титрования, все необходимое оборудование и посуду.

Прибор должен быть размещен так, чтобы им было удобно пользоваться. Его можно собирать различными способами.

1. Бутыль с раствором азотнокислого серебра помещается и закрепляется на полке выше нулевого деления бюретки. Наполнение бюретки производится самотеком через трубку, соединенную с бутылью. Открыв кран, заполняют бюретку раствором до тех пор, пока незначительное его количество выльется в резервуар, затем кран закрывают.

Регулирование подачи раствора из склянки должно производиться исключительно при помощи винтового зажима, надетого на резиновую соединительную трубку, даже при наличии стеклянного крана, так как не исключена возможность, что он выпадет или резиновая трубка прорвется и раствор вытечет. Аналогично производится заполнение бюретки ГОИН'а.

2. Бутыль помещается и закрепляется на столе, тогда бюретка наполняется раствором двумя способами:

а) нагнетанием резиновой груши;

б) вытягиванием воздуха ртом через резиновую трубку, соединенную с верхним концом бюретки.

При соединении склянки с бюреткой следует стремиться к тому, чтобы резиновые соединения были как можно меньше и короче, так как азотнокислое серебро реагирует с резиной, которая теряет свою эластичность и ломается.

Подготовка посуды к определению хлора. Перед титрованием бюретку и пипетку тщательно промывают (очищают) хромовой смесью, соблюдая осторожность, чтобы их не повредить.

Предостережение. Хромовая смесь — чрезвычайно едкое вещество, оставляющее ожоги при попадании на кожу рук, лица и другие незащищенные участки тела. Ткань одежды при попадании на нее брызг хромовой смеси легко разрушается. При работе с хромовой смесью следует соблюдать предельную осторожность.

Хромовая смесь, которая после длительного или неправильного хранения приобрела зеленый цвет, необходимо заменить свежей.

Отработанную хромовую смесь во избежание разъедания канализационных труб недопустимо выливать в водопроводные раковины. Ее следует выливать в канализацию и смывать большим количеством воды.

Перед обработкой хромовой смесью бюретка и пипетка должны быть вымыты пресной водой. Воде во избежание разбавления хромовой смеси необходимо после этого дать стечь полностью.

Недопустимо перед применением хромовой смеси мыть посуду морской водой, нужно следить, чтобы морская вода не попала в хромовую смесь. Хлориды морской воды реагируют с хромовой смесью, выделяя удушливые пары, содержащие хлор и хлористый водород. При этом хромовая смесь восстанавливается, приобретает зеленый цвет и теряет свои моющие свойства. При правильном применении моющие свойства хромовой смеси сохраняются долго и она может применяться многократно.

Перед заполнением хромовой смесью бюретки (и пипетки) стеклянные краны вынимаются, с крана и из его гнезда тщательно удаляется смазка при помощи фильтровальной бумаги, смоченной чистым бензином, затем кран вставляется в гнездо и бюретка заполняется хромовой смесью. Под кран бюретки, заполненной хромовой смесью, ставится небольшая фарфоровая чашка на случай вытекания хромовой смеси из бюретки.

После обработки хромовой смесью посуду промывают несколько раз пресной водой до полного удаления кислоты, а затем три раза дистиллированной. Затем краны и их гнезда, бюретки и пипетки хорошо протирают фильтровальной бумагой и краны смазывают особой смазкой. Смазка необходима для того, чтобы кран легко вращался в гнезде (не заедал) и более плотно прилегал к стенкам гнезда. Плохо смазанные краны «подтекают», и работа с ними ведет к погрешностям.

Для смазки кранов бюретки и пипетки рекомендуется мазь, получаемая осторожным сплавливанием равных по весу количеств чистого вазелина и пчелиного воска. Воск может быть заменен парафином, который берется в количестве не более 1/3 массы вазелина.

Кран необходимо смазывать не слишком толстым слоем смазки, так как избыток ее засоряет проходное отверстие кранов и нижнее выходное отверстие. Проникая в градуированную часть бюретки, смазка делает жирной внутреннюю ее поверхность, вызывая необходимость повторной ее обработки хромовой смесью.

Хорошо вымытая посуда должна изнутри равномерно смачиваться водой. На стенках не должны появляться висящие капли воды или образовываться подтеки. В противном случае обработку посуды хромовой смесью повторяют.

Определение поправки к титру азотнокислого серебра. Перед началом обработки проб после промывания бюретки дистиллированной водой ее ополаскивают раствором азотнокислого серебра, дважды наполняя и сливая раствор в чистый стакан. Затем находят поправку раствора азотнокислого серебра по нормальной воде. Для этого заполняют бюретку раствором, отмеривают пипеткой объем нормальной воды, соблюдая следующий порядок. Тщательно промытую хромовой смесью и водой пипетку сначала ополаскивают три раза небольшим количеством отмериваемой нормальной воды, отлитой в отдельную склянку, и только после этого наполняют пипетку, погрузив ее в склянку с основным запасом нормальной воды, вытирают влажный конец пипетки чистым полотенцем или фильтровальной бумагой и сливают содержимое пипетки в титровальную рюмку. Чтобы не разбрызгивалась отмериваемая жидкость, сливание следует производить по стенке титровальной рюмки, касаясь ее концом пипетки. После истечения жидкости выжидают 15 с, не отнимая конца пипетки от стенки титровальной рюмки, чтобы со стенок пипетки стекли остатки отмериваемой жидкости, после чего пипетку ставят на место. Напомним, что выдувание оставшейся жидкости из пипетки не допускается.

К отмеренному количеству нормальной воды прибавляется 5 капель индикатора (10%-ного раствора хромовокислого калия), затем, проверив правильно ли заполнена бюретка титровальным раствором серебра, не попали ли в нее пузырьки воздуха, открывают кран бюретки и титруют нормальную воду, обязательно энергично ее перемешивая стеклянной палочкой. Перемешивание производится для того, чтобы разбить образующиеся на дне титровальной рюмки крупные комья. В противном случае возникают большие погрешности. Сначала титрование ведут при полностью открытом кране бюретки, затем при появлении оранжево-красных пятен кран немного прикрывают и в дальнейшем титрование ведут прибавляя серебряный раствор по каплям, обязательно энергично перемешивая титруемую жидкость

палочкой. Слабая, но отчетливо заметная оранжевая окраска титруемой жидкости, появившаяся от прибавления одной капли раствора и не исчезающая при перемешивании в течение 20—25 с, указывает на конец титрования. Кран закрывают, смывают все капли азотнокислого серебра и морской воды со стенок титровальной рюмки стеклянной палочкой, смачивая ее в оттитрованном растворе. Если при этом исчезает оранжевая окраска, пробу дотитровывают. Спустя 10—15 с записывают отсчет бюретки с точностью до 0,01 деления бюретки. Для визуального отсчета сотых долей деления бюретки следует пользоваться экранчиком из куска белого картона, наполовину зачерненного тушью. Отсчет выполняется по нижнему, резко очерченному краю мениска.

Записав отсчет бюретки, титрование повторяют при соблюдении тех же самых условий. Расхождение в отсчетах двух последовательных титрований не должно превышать 0,01 деления бюретки.

Чтобы найти поправку, следует взять среднее арифметическое из двух последовательных титрований.

Если расхождение в отсчетах титрований больше указанного значения, производят третье титрование. И если все же расхождение будет больше, то очевидно, что раствор азотнокислого серебра плохо перемешан. В этом случае необходимо еще раз тщательно перемешать раствор встряхиванием бутыли.

Следует помнить, что при пользовании «Океанологическими таблицами» необходимо, чтобы отсчет по бюретке не имел отклонения от требуемого теоретически, т. е. от хлорности нормальной воды, указанной на этикетке баллона, более +0,145 и менее -0,150 деления шкалы бюретки.

Если же разница между отсчетом бюретки и хлорностью нормальной воды, указанной на этикетке находится за указанными пределами, раствор азотнокислого серебра должен быть исправлен добавлением воды или азотнокислого серебра. В этом случае, если отсчет бюретки A меньше допускаемого отклонения от хлорности морской воды, т. е. раствор оказался более крепким, необходимо долить в склянку с раствором рассчитанное количество дистиллированной воды.

Допустим, что было приготовлено 3 л раствора азотнокислого серебра. На предварительное титрование нормальной воды и на ополаскивание бюретки в общей сложности было израсходовано 100 мл раствора (или 50 делений бюретки), тогда в бутыли осталось 2900 мл раствора. При титровании этим раствором нормальной воды отсчет бюретки A равен 19,22 деления, при хлорности нормальной воды N, равной 19,380‰, разность (A — N) между действительным отсчетом и требуемым равна +0,160. Отсюда следует, что на каждые 19,22 деления, или, принимая во внимание двойные объемы делений бюретки, 38,44 мл раствора азотнокислого серебра, необходимо добавить 0,160×2 = 0,320 мл воды, или на весь оставшийся объем раствора:

$$38{,}44 : 0{,}320 = 2900 : x,$$

откуда x=24,15 мл. Таким образом, в склянку нужно добавить 24 мл воды и снова тщательно перемешать раствор. Аналогичным путем можно рассчитать и количество азотнокислого серебра, которое необходимо добавить, если раствор получится слабее требуемого, т. е. когда расход его больше нежели это допускается пределами поправок. Например, отсчет бюретки A при титровании нормальной воды равен 19,58 деления бюретки следовательно, в раствор необходимо добавить некоторое количество азотнокислого серебра. Расчет этого количества производится следующим образом. На каждый объем раствора, равный 19,58 деления бюретки (или 39,16 мл), остается излишек воды, равный 0,20 деления (или 0,40 мл). Общий излишек воды составит

$$39{,}16 : 0{,}40 = 2900 : x,$$

отсюда получаем ; x=29, т. е. в растворе находится излишек воды, равный 29 мл. Зная, что в 1000 мл раствора находится 37,1 г азотнокислого серебра, которое должно заключаться в 29 мл раствора,

$$1000 : 37{,}1 = 29 : x,$$

откуда x=1,08, т. е. на каждый литр оставшегося раствора следует добавить 1,08г азотносеребряной соли. В нашем примере объем оставшегося раствора равен 2,9л, следовательно, необходимо добавить 3,13г азотносеребряной соли.

Расчет исправления концентраций раствора азотнокислого серебра может быть значительно облегчен применением следующих формул:

1. Раствор оказался крепче, т. е. $A<N$:

$$N-A=+\alpha;$$

$$x=(v-a)\frac{\alpha}{A},$$

где x — количество миллилитров воды, которое нужно добавить к раствору.

2. Раствор оказался слабее, т. е. $A>N$:

$$N-A=-\alpha;$$

$$x=\frac{(v-a)\alpha\cdot 37{,}1}{1000\cdot A},$$

где x — искомое количество азотнокислого серебра, которое нужно добавить к раствору, г; v — первоначальный объем раствора; a — число миллилитров раствора азотнокислого серебра, израсходованного на ополаскивание бюретки; A — расход серебряного раствора на титрование нормальной воды; N — хлорность нормальной воды; α — абсолютное значение разности $N-A$.

Для более быстрого нахождения количества воды или азотнокислого серебра, которое нужно прибавить к раствору, чтобы $\alpha=N-A$ было близко к нулю, не выходя за пределы, допускаемые Океанологическими таблицами, можно пользоваться номограммой, представленной на Рис. 11.1.

В этой номограмме горизонтальные линии отвечают определенным значениям $\alpha=N-A$, причем по шкале справа α имеет знак минус (-), а слева знак плюс (+). Эти горизонтали пересекаются наклонной линией (диагональю). Отыскав на диагонали точку, соответствующую тому или другому значению $\alpha=N-A$, и, проводя от этой точки вертикальную линию вниз (α со знаком плюс), на нижней горизонтали находят число миллилитров воды, которое необходимо добавить в раствор, или, проведя линию вверх (α со знаком минус), в верхнем ряду находят число граммов азотнокислого серебра, которое нужно прибавить на каждый литр приготовленного серебряного раствора.

После добавления воды или азотнокислого серебра раствор тщательно перемешивают многократным встряхиванием бутыли и титр его снова проверяют по нормальной воде.

Титрование проб морской воды производится точно так же, как описано для определения поправки раствора $AgNO_3$ титрованием нормальной воды. При этом необходимо, чтобы титруемые пробы воды приняли температуру лаборатории (15—20°). Поэтому к титрованию приступают после того, как пробы выстоятся, в помещении лаборатории не менее одного часа. Титрование производится, когда накопится 20—30 проб. Это необходимо в целях экономии $AgNO_3$ и нормальной воды при установке титра. Пробы хранятся в бутылках, закупоренных резиновыми пробками, в закрытых ящиках при температуре 5—15°. Титрование должны выполнять специально подготовленные опытные наблюдатели. Чтобы легче улавливать изменение оттенка при титровании, его осуществляют на белом фоне, подкладывая под титровальную рюмку лист белой бумаги. Время от времени в течение рабочего дня необходимо производить контрольные титрования нормальной воды, особенно при изменении условий освещения или температуры помещения.

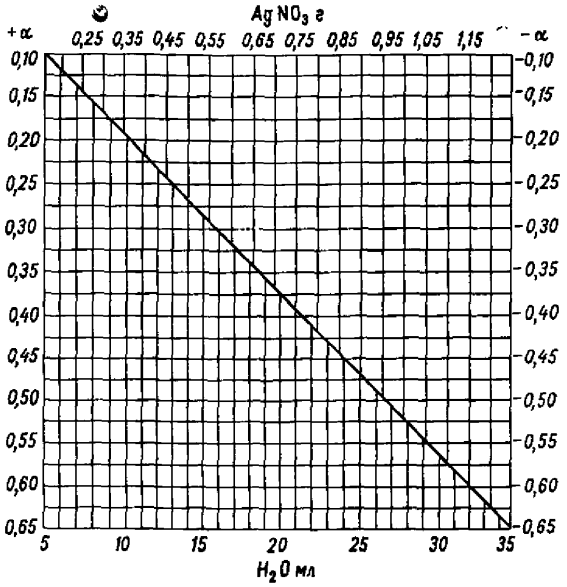


Рис.11.1 Номограмма для приведения концентрации раствора азотнокислого серебра к нормальной

Рекомендуются повторные титрования нормальной воды не реже чем через 15 - 20 титрований проб.

При возникновении каких-либо сомнений в правильности титрования, оттенка в конце титрования, объема титруемой пробы, наполнения бюретки титрование повторяют, а при необходимости раствор азотнокислого серебра проверяют по нормальной воде.

Оттитрованная жидкость с осадком хлористого серебра сливается в особую банку для остатков серебра. При ее заполнении отстоявшуюся от осадка жидкость осторожно сливают, а хлористое серебро собирают, высушивают и сдают в береговую гидрохимическую лабораторию.

Титровальную рюмку ополаскивать дистиллированной водой не обязательно, так как остающиеся частицы хлористого серебра не могут повлиять на правильность титрования следующей пробы. Но если проба была оттитрована неправильно (перетитрована или недотитрована), титровальную рюмку тщательно промывают дистиллированной водой перед следующим титрованием.

По окончании работы пипетку заполняют дистиллированной водой, а бюретку — раствором азотнокислого серебра и покрывают чехлом из плотной черной материи во избежание разложения серебряного раствора под влиянием света. Если к концу работы замечено загрязнение бюретки или пипетки — появление жирных или висящих капель,— приборы обрабатываются хромовой смесью.

Хлорность вычисляют по формуле:

$$Cl = a + K,$$

где Cl – хлорность, в ‰; a - исправленный отсчет бюретки после титрирования пробы; K – поправка титрирования.

Для того, чтобы найти по таблице поправку K, вычисляют разность α между хлорностью нормальной воды N, по которой определялся титр раствора азотнокислого серебра, и исправленным отсчетом бюретки A после титрования нормальной воды:

$$\alpha = N - A;$$

α может иметь положительный или отрицательный знак.

После нахождения хлорности исследуемой пробы по таблицам соответствия Cl, S, $\rho_{17,5}$ находят соленость пробы, а также σ_0 и $\rho_{17,5}$.

Применение «Океанологических таблиц» с целью обработки оттитрованных проб морской воды допустимо лишь для морей, имеющих достаточно хороший водообмен с океаном.

Для обработки оттитрованных проб воды полуизолированных морей (Черное, Азовское) или внутриматериковых (Каспийское, Аральское) нельзя пользоваться Табл. 7 соответствия Cl ,S, σ_0 , $\rho_{17,5}$, поскольку соотношения между хлорностью и соленостью вод этих морей будут иными, нежели для вод океана и связанных с ним морей.

11.4 Электромагнитный метод определения солености

Современное состояние физических методов и электронной техники позволило сконструировать большое число различных приборов для определения солености морской воды. Они основаны на измерении электропроводности воды, ее оптических свойств (рефрактометры, интерферометры), радиочастотной проводимости, плотности воды и других принципах.

Объединенная группа экспертов по океанографическим таблицам и стандартам (ОГЭОТС) ЮНЕСКО пришла к выводу, что наиболее точным является метод, основанный на измерении электропроводности воды, и соленость следует определять как функцию относительной электропроводности по формуле:

$$S = -0,08996 + 28,29720R_{15} + 12,80832R_{15}^{2} - 10,67869R_{15}^{3} + 5,98624R_{15}^{4} - 1,32311R_{15}^{5},$$

где S — соленость, ‰; R_{15} — относительная электропроводность при температуре 15°С.

Под относительной электропроводностью понимается отношение электропроводности данной пробы воды к электропроводности воды, имеющей соленость точно 35‰, при одной и той же температуре и атмосферном давлении.

Морскую воду можно рассматривать как раствор неорганических солей, основную массу которых составляют соли сильных кислот и сильных оснований. Являясь электролитами, растворы этих солей в воде практически полностью диссоциируют на отдельные ионы. Поэтому морская вода обладает свойством электропроводности, которая зависит от количества содержащихся в ней неорганических солей (солености).

В связи с этим существуют методы определения солености морской воды, основанные на измерении ее электропроводности. Применение методов точного измерения электропроводности с использованием металлических контактов ограничивается вредным влиянием электролиза и поляризации на контактах. Поэтому наибольшее распространение получили методы бесконтактного определения электропроводности. Подробное описание принципа действия бесконтактного индукционного солемера приводится ниже.

Электросолемер ГМ-65. Прибор предназначен для измерения солености в стационарных и судовых лабораториях. Он измеряет относительную электропроводность проб морской воды по отношению к электропроводности нормальной воды, принимаемой за единицу.

Прибор является переносной конструкцией, состоящей из датчика, электронной части и насоса, помещенных в общий металлический футляр. Ручки управления, индикатор и шнур электропитания выведены на лицевую сторону прибора. На Рис.11.2 представлен внешний вид электросолемера.

Электронная часть прибора смонтирована на лицевой панели. Усилитель и генератор расположены на отдельном шасси и отделены друг от друга, а также от остальной части прибора электростатическим экраном. Переключатели делителя напряжения 1, по показаниям которых производится отсчет относительной электропроводности, расположены в нижней части лицевой панели. В верхней части расположены переключатели 2 (магазины сопротивлений «Калибровка»), гнездо предохранителя 3, шлиц переменного сопротивления установки нуля 4, индикатор нуля 5, арретир индикатора нуля 6, ручка шкалы лимба измерения температуры 7, выключатель питания 8, переключатель вида измерений ($v-k-t$) 9, выключатель нагрева 10 и переключатели магазина сопротивлений «Компенсация» 11. Справа расположены приемная и сливная камеры датчика 12 с кранами 14 и 15 и ручка насоса 13.

Набор воды в датчик производится за счет разряжения, создаваемого вакуумным насосом при повороте ручки, расположенной на правой боковой стороне. Насос соединен со сливной камерой датчика гибкой трубкой.

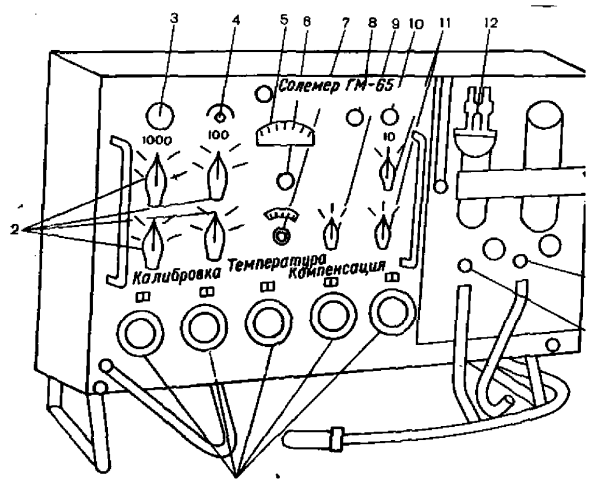


Рис. 11.2 Электросолемер ГМ-65

1 – переключатели электропроводности, 2 – переключатели калибровки, 3 – предохранитель, 4 – установка нуля, 5 – индикатор нуля, 6 - арретир индикатора нуля, 7 – ручка лимба измерителя температуры, 8 – выключатель питания, 9 – переключатель вида измерений ($v-k-t$), 10 – выключатель нагрева, 11 – компенсация, 12 – камеры датчика, 13 – ручка насоса, 14,15 – сливные краны.

11.5 Обработка наблюдений за соленостью, проведенных солемером ГМ-65

Обработка результатов измерений заключается в определении солености измеряемой пробы по ее относительной электропроводности с помощью «Международных океанологических таблиц»:

а) по таблицам определяют поправку электропроводности на температуру для каждой пробы с учетом самопрогрева;

б) вычисляют суммарную относительную электропроводность для каждой пробы алгебраическим сложением результата измерения электропроводности пробы с учетом самопрогрева и поправки на температуру;

в) по таблицам определяют соленость каждой пробы по ее суммарной относительной электропроводности.

*11.6 Расчет практической солености**

Практическая соленость определяется как функция относительной электрической проводимости при 15 °С (K_{15}) проб морской воды по отношению к эталонному раствору KCl:

$$S = 0.008 - 0.1692K_{15}^{1/2} + 25.3851K_{15} + 14.0941K_{15}^{3/2} - 7.0261K_{15}^{2} + 2.7081K_{15}^{5/2}, \quad (11.1)$$

где K_{15} — ℵ (S, 15, 0)/ ℵ (KCl, 15, 0); ℵ (S, 15, 0) — удельная электрическая проводимость при 15° С и атмосферном давлении пробы, приготовленной из нормальной морской воды методом разбавℵℵления по массе дистиллированной водой или выпариванием; ℵ (KC1, 15, 0) — удельная электрическая проводимость стандартного раствора KCl при 15°С и атмосферном давлении.

Следовательно, любые пробы морской воды, имеющие одну и ту же относительную электрическую проводимость R_T, будут иметь одинаковую практическую соленость. Для расчета относительной электрической проводимости R_T при любой температуре практическая соленость определяется соотношением:

$$S = 0.080 - 0.1692R_T^{1/2} + 25.3851R_T + 14.0941R_T^{3/2} - 7.0261R_T^2 + \\ + 2.7081R_T^{5/2} + \frac{t-15}{1+0.0162(t-15)}\left(0.0005 - 0.0056R_T^{1/2} - 0.0066R_T - \right. \\ \left. - 0.0375R_T^{3/2} + 0.0636R_T^2 - 0.0144R_T^{5/2}\right), \qquad (11.2)$$

где $R_T = \aleph(S, t, 0)/\aleph \leq (35, t, 0)$; $-2 \leq t \leq 35$ °C (МПТШ-68); $2 \leq S \leq 42$.

Для расчета солености, по данным СТД-систем, необходимо учитывать влияние давления на электрическую проводимость $R_p = \aleph(S, t, p)/\aleph(S, t, 0)$. Выражение для R_p, перекрывающее диапазон возможных значений, встречающихся в океанах и морях, находится из соотношения:

$$R_p = 1 + \frac{p\left(2.070\cdot10^{-3} - 6.370\cdot10^{-6}p + 3.989\cdot10^{-9}p^2\right)}{1 + 3.426\cdot10^{-2}t + 4.464\cdot10^{-4} + 4.215\cdot10^{-1}p - 3.107\cdot10^{-3}t, R}, \qquad (11.3)$$

$$R = \frac{\aleph(S,t,p)}{\aleph(35,15,0)} = \frac{\aleph(S,t,p)\aleph(S,t,0)}{\aleph(S,t,0)\aleph(35,t,0)} \cdot \frac{\aleph(35,t,0)}{\aleph(35,15,0)} = R_p \cdot R_T \cdot r_T, \qquad (11.4)$$

где r_T — зависимость относительной электрической проводимости растворов нормальной воды от температуры определяется выражением:

$$r_T = \aleph(35,t,0)/\aleph(35,15,0) = 6.766097^0 + 10^{-1} + 2.00564\cdot10^{-2}t + \\ + 1.104259\cdot10^{-4}t^2 - 6.9698\cdot10^{-7}t^3 + 1.0031\cdot10^{-9}t^4, \qquad (11.5)$$

R — относительная электрическая проводимость воды, окружающей преобразователь СТД-системы, с соленостью S, температурой t при давлении P по отношению к стандартному раствору KCl при 15°C или эквивалентному ему раствору нормальной морской воды; $\aleph(35, 15, 0) = \aleph$ (KCl, 15,0) = 42,902 мСм/СМ. По измеряемым значениям относительной электрической проводимости R, давлению P и температуре t в СТД-системах рассчитываются значения R_p (11.3), r_T (11.5), затем из (11.4) — R_T. Зная R_T, рассчитывается значение практической солености по формуле (11.2).

*Зори А.А., Коренев В.Д., Хламов М.Г. Методы, средства, системы измерения и контроля параметров водных сред. – Донецк: РИА ДонГТУ, 2000.-388 с.

Глава 12. Наблюдения за течениями

Морские течения – наиболее сложный для измерений и наименее изученный гидрологический элемент. Главными причинами течений являются ветер и распределение плотности морской воды (на всех морях) и приливы (на морях, свободно сообщающихся с океаном). Следует отметить, что общая циркуляция вод конкретного бассейна есть результат его многолетних гидрометеорологических условий.

12.1 Основные понятия и определения

Морским течением называется поступательное движение масс морской воды. Оно является векторной величиной и характеризуется скоростью и направлением либо проекциями вектора на взаимно перпендикулярные направления.

Различаются течения периодические и непериодические. К первым относятся течения, обусловленные приливообразующими силами. В зависимости от вызывающих их причин непериодические течения разделяются на дрейфовые, градиентные, геострофические, плотностные, барограднентные, волновые, сейшевые, стоковые, циркуляционные.

Ветровыми (дрейфовыми) называются течения, обусловленные влекущим действием ветра, наклоном уровенной поверхности и перераспределением плотности воды, вызванные ветром.

Градиентные течения обусловлены горизонтальной составляющей градиента гидростатического давления.

Геострофические течения существуют при равновесии горизонтального градиента давления и силы Кориолиса.

Плотностные течения связаны с горизонтальным градиентом плотности воды.

Барограднентные течения обусловлены неравномерностью атмосферного давления.

Волновое течение возникает вследствие разомкнутости орбит волнового движения.

Сейшевые течения появляются в результате сейшевых колебаний уровня.

Стоковые течения образуются под влиянием стока впадающих в море рек.

Прибрежные циркуляционные течения являются следствием взаимодействия потока открытого моря с рельефом дна и конфигурацией берега.

В море редко наблюдаются течения, вызванные действием одной из указанных причин. Обычно одновременно действует ряд сил, создавая так называемые суммарные течения, которые и измеряют при наблюдениях.

12.2 Оценка выборки наблюдений над течениями по режимно–климатическим характеристикам факторов, определяющих течения данного района

Каждое наблюдение гидрологического элемента можно рассматривать как часть бесконечно большого множества (статистической совокупности). Ряд, состоящий из конечного числа наблюдений (выборка), может только приближенно характеризовать общую совокупность, и эта характеристика будет тем точнее, чем больше объем выборки. Небольшое число наблюдений может дать грубое представление о характеристике случайной величины, а иногда – даже довольно искаженную картину ее изменчивости.

Выборка, достаточно точно воспроизводящая пропорции и признаки всей совокупности, называется репрезентативной.

Продолжительность наблюдений над течениями для получения характеристик с определенной обеспеченностью зависит от изменчивости течений, а она определяется изменчивостью факторов, которые определяют режим течений (ветер, сток рек, градиенты уровня и т. д.). Следовательно, рассмотрев изменчивость этих факторов, можно определить возможный диапазон изменения величин течений.

Если по материалам наблюдений удается найти тесную корреляционную зависимость характеристик течения от характеристик определяющего фактора, то можно оценить экстремальные характеристики течений и их повторяемость, используя закон распределения всей совокупности факторов.

Для открытых районов моря, удаленных от берега более чем на 20–30 км, с глубинами, большими 30–40 м, скорость ветрового течения на поверхности моря может быть оценена с помощью ветрового коэффициента k по формуле $v = kw$, где w – скорость ветра. Если v выражается в см/с, w – в м/с, то обычно считается $k = 1.0 - 1.5$. Теоретически применение ветрового коэффициента для расчета ветровых течений в открытом море справедливо лишь для продолжительного, постоянного во времени и однородного по пространству ветра, поэтому в реальных условиях этот подход имеет приближенный характер. В прибрежных районах он

применим для приближенной оценки только дрейфовых течений на поверхности моря, а k зависит от глубины места, распределения плотности воды по вертикали, атмосферной стратификации и поэтому должен определяться в каждом случае отдельно. В ряде случаев путем усреднения удается получить корреляционное уравнение, связывающее скорость течения в точке с параметрами ветра или градиентами атмосферного давления.

Для оценки и расчета осредненных течений можно воспользоваться данными наблюдений над уровнем моря на береговых и островных постах. Градиентная составляющая течений в данной точке моря пропорциональна динамическому наклону его уровенной поверхности.

Если очертания берегов позволяют вычислить по береговым уровенным наблюдениям относительные уклоны уровня, то методом линейной корреляции можно получить зависимость между составляющими осредненного течения и относительными уклонами уровня по разным направлениям.

Информация о стоковых течениях на устьевом взморье определяется статистическими данными о сезонной и межгодовой изменчивости стока рукава или реки.

В связи с тем, что наблюдения над течениями, как правило, эпизодические и кратковременные, а наблюдения на морских гидрометеостанциях над ветром и колебаниями уровня ведутся в течение многих лет (в несколько сроков, ежечасно), то только применение такой оценки позволяет определить сезонную и межгодовую изменчивость режима течений.

12.3 Методы наблюдений за течениями

Для получения общей пространственной картины течений в неоднородном по плотности море во все навигационные сезоны года проводятся гидрологические съемки акватории. Количество съемок и расстояние между станциями определяется размерами акватории, временем, отведенным на проведение натурных экспериментов, техническими возможностями флота, наличием подобных съемок в прошлом, временной и пространственной изменчивостью гидрологического режима на исследуемой акватории. Обычно съемки проводятся с интервалом от месяца до сезона, с расстоянием между станциями от нескольких миль (в районах с большими градиентами температуры и солености) до нескольких десятков миль. Стандартные горизонты наблюдений, согласно нормативу Росгидромета, таковы (м): 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300. При глубине моря до 50 м стандартными горизонтами являются (м): 0–2, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50. Число стандартных горизонтов на одной станции, как правило, должно быть не менее трех, при глубине 10 м – не менее двух, при глубине 4м – один горизонт. Обязательны измерения на придонном горизонте (на расстоянии 1м от дна). Конкретное расположение, количество станций и число горизонтов на каждой из них, а также дискретность измерений определяются исходя из имеющихся представлений об изменчивости поля течений в данной акватории. На ранних стадиях работ и при рекогносцировочных работах допускается выполнение измерений на одной станции с учетом необходимого количества горизонтов. Для получения схемы течений данные наблюдений обрабатываются одним из расчетных методов: динамическим, квазигеострофическим или методом четырехмерного анализа. Данные о поверхностных течениях могут быть получены посредством поплавковых измерений.

Наблюдения за течениями в заданном месте обеспечиваются постановкой автономных буйковых станций (АБС) с самописцами течений. Количество АБС должно быть таким, чтобы получить данные на всех требуемых горизонтах – грузоподъемности одной АБС недостаточно для размещения всех приборов.

Для повышения надежности измерения могут дублироваться самописцами, расположенными на одинаковых горизонтах, на соседних АБС. Расстояние между двумя соседними АБС не должно быть меньше суммы длин вытравленных тросов, чтобы исключить возможность их перехлестывания.

Наблюдения на АБС должны проводиться во все (навигационные) сезоны года, продолжительность непрерывных наблюдений – около 30 суток.

Спектр колебаний непериодических течений имеет пики на частотах, связанных с изменениями в метеорологической обстановке, прохождением вихревых образований в море, сейшевыми, инерционными и внутриволновыми колебаниями.

При выборе дискретности наблюдений нужно учитывать также емкость магнитного накопителя и связанные с этим трудности его замены, точность расчета спектра, необходимую для предполагаемого анализа данных измерений и возможный спектр собственных колебаний АБС. Опыт показывает, что при длительных наблюдениях (месяц или более) оптимальной является дискретность 30 мин, при более коротких – 15 мин.

Число горизонтов должно строго соответствовать указанному выше нормативу. Обязательным является, как отмечалось, проведение измерений на придонном горизонте – 1 м от дна.

Методы наблюдений

а) навигационный
б) поплавковый
в) вертушечный
г) геоелектромагнитный
д) термогидрометрический
е) акустический
ж) оптический
з) гидродинамический
и) меток
к) аэрофотосъемка

Обычно у потока наблюдается турбулентный режим течения воды, который вызывает пульсации скоростей как по значению, так и по направлению. Поэтому различают мгновенную и среднюю скорость потока.

Мгновенной скоростью называется скорость в данной точке потока в данный миг. Мгновенная скорость меняется во времени по значению и по направлению.

Средней скоростью течения называется скорость в точке потока, которая осреднена за достаточно продолжительный период времени. Она определяется выражением:

$\tilde{U} = \int u dt$, где T – период осреднения.

При измерении скоростей течений очень важно, чтобы продолжительность отдельного измерения была не меньше периода осреднения. В противном случае средняя скорость будет определена неверно.

Исследование гидродинамических процессов в Мировом океане основывается на прямых и косвенных методах измерения скорости потока. Выбор того или другого метода измерения параметров течения и характеристик измерительной аппаратуры в первую очередь определяется целью исследования. В зависимости от этого используются измерения в фиксированной точке или разнесенные по пространству, выбирается количественный и качественный состав аппаратуры.

Дадим краткое изложение методов измерения течений.

а) Навигационный метод

Длительное время был единственым методом наблюдений за течениями. Основные сведения о поверхностных течениях Мирового океана получены путем массовой обработки навигационных данных. Сущность навигационного метода заключается в том, что в одно и то же время определяются счислимое и обсервованое местоположение судна. Счислимое место судна находится путем прокладки на карте действительного курса судна и пройденного расстояния по лагу. Обсервованое место определяется по данным наблюдений за Солнцем или звездами с помощью астрономического секстана или с помощью радиолокатора. Направление сноса (течения) определяется направлением вектора, который соединяет счислимое место с обсервованным, а скорость - путем деления расстояния между ними на промежуток времени между обсервациями.

б) Поплавковый метод

Позволяет определить скорость и направление течений по перемещению предметов вместе с потоком. Для измерения характеристик течений используются разного рода поплавки, которые могут перемещаться как на поверхности потока, так и на нужной глубине. Скорость течения

принимают равной скорости поплавка, которая определяется по времени прохождения поплавком определенного расстояния. Таким образом, в этом случае делается допущение, что скорость перемещения поплавка равняется скорости движения воды. Такое допущение значительно упрощает определение скорости, хотя, строго говоря, тело, которое плывет по течению, двигается быстрее окружающих его частиц воды. Это объясняется наличием неуравновешенной проекции веса тела на ось движения.

Исследование течений с помощью поплавков осуществляется двумя способами: непосредственным наблюдением за перемещением поплавка (визуальное, радиолокатором, гидрофоном) и массовое разбрасывание маркированных поплавков, которые подбираются со временем (бутылочная почта).

При первом способе используются поверхностные поплавки, поплавки нейтральной плавучести, поплавки с подводными парусами, случайно плавающие предметы и т.д. Эти средства обладают свойствами (или снабжаются специальными устройствами) активного или пассивного действия, которые позволяют следить за ними с помощью береговых, судовых, самолетных или спутниковых локационных и радиопеленгаторных систем.

в) Вертушечный метод

Является наиболее распространенным в данное время для исследования поля скорости в океане. Независимо от конкретного конструктивного исполнения отдельных типов измерителей течений их можно разделить на две группы. В простейшем случае для измерения горизонтального вектора скорости течения достаточно иметь в приборе два измерительных канала - измерения модуля вектора скорости и угла между плоскостью меридиана и направлением вектора скорости течения. Традиционно нулевым углом считается направление вектора скорости на север, 90° - на восток, 180° - на юг и 270° - на запад. Для измерения величины модуля вектора скорости чаще всего используются механические датчики скорости (импеллеры, крылатки, роторы Савониуса, винты Архимеда), угловая скорость вращения которых зависит от скорости потока обтекающей их воды и параметров самого устройства. Направление потока воды измеряется по магнитному компасу регистрацией угла между направлением на север и продольной осью прибора (если прибор ориентируется по потоку с помощью рулевых пластин) или продольной осью флюгарки у неориентированных приборов.

При втором способе измерения используются данные о двух взаимноперпендикулярных составляющих векторов скорости U1 иU2, которые измеряются в подвижной приборной системе координат, а также о размере угла ориентации приборной системы относительно географических осей. Составляющие вектора скорости измеряются компонентными датчиками скорости течения, в качестве которых используются импеллеры, акустические, электромагнитные, оптические и другие устройства. В качестве измерителя угла ориентации прибора используются магнитные компасы, начальная точка отсчета которых совпадает с одной из продольных осей измерителя течений.

Основными рабочими характеристиками вертушек являются:

• начальная скорость Uo - наименьшая скорость потока, при которой начинает неравномерно вращаться ее ротор;

• нижняя граница пригодности вертушек выше которой рекомендуется использования вертушек. При скоростях от U_0 до $U_н$ показание вертушек неустойчивы, из-за чего погрешности в этих границах могут быть значительными (>10%);

• верхняя граница пригодности вертушек $U_в$, выше которой зависимость du/dt = const нелинейная;

• инерционность вертушек – способность ротора вертушки менять свою скорость обращения соответственно изменению скорости потока. Эта способность обуславливается моментом инерции ротора (I). Чем больше I, тем медленнее приспосабливается ротор к изменению скорости. При большом I незначительное изменение скорости потока может быть вообще недостаточным, чтобы изменить скорость вращения ротора.

г) Геоэлектромагнитный метод

Применяется для измерения скорости и направления течения на ходу судна и основан на явлении электромагнитной индукции. По закону Фарадея известно, что в отрезке проводника, который пересекает магнитные силовые линии, возникает электродвижущая сила (Е), пропорциональная скорости перемещения проводника (U), напряженности магнитного поля (Н) и длине проводника (L). Применительно к измерению скорости потока, таким проводником является морская вода, которая двигается в магнитном поле Земли, и одновременно - участок кабеля между двумя неполяризующимися электродами, которые буксируются по поверхности воды.

Тогда: $E = ULH_r10^{-3}$

Откуда $U = E/LH_z10^{-3}$

Напряженность магнитного поля Земли может быть снята со специальных карт магнитного поля для любой точки в Мировом океане или с навигационных карт.

Говоря о пригодности и точности геоэлектромагнитного метода, следует особо подчеркнуть, что погрешности метода сильно возрастают вблизи берегов (<30 миль) и на глубинах меньше 100-200 метров.

д) Термогидрометрический метод

Используется обычно для исследований пульсаций скорости потока. Между телом, введенным в поток, и водной средой устанавливается теплообмен, интенсивность которого зависит от скорости течения. В качестве рабочего элемента в термогидрометрах используют платиновую проволоку или полупроводниковые терморезисторы с прямым или косвенным подогревом. Если взять такой проволочный или полупроводниковый терморезистор, нагреть его, например, пропусканием электрического тока, до определенной температуры, большей чем температура окружающего среды, то при обтекании потоком жидкости сопротивление датчика будет меняться в зависимости от скорости обтекания и окружающей температуры. Чем больше будет скорость обтекания, тем большее количество тепла будет отдавать терморезистор. Зависимость же от температуры будет обратная - чем выше температура среды, тем меньше количество тепла отдается. В практических расчетах потерю тепла находят из уравнения теплового равновесия:

$I^2R = S\alpha\ (\theta - t)$

где I- ток через рабочий элемент с сопротивлением R;
S - площадь поверхности охлаждаемого тела;
α - коэффициент теплоотдачи, который является функцией скорости потока;
θ и t - температурарабочего элемента и воды соответственно.

Для проволочных датчиков:
b и m - эмпирические коэффициенты, которые зависят от числа Рейнольдса и геометрических размеров датчика;
c - коэффициент теплопроводности воды;
d - диаметр провода;
ν - коэффициент молекулярной вязкости;
U - скорость потока.

Исходя из этих формул, скорость потока определяют по измерению тока при постоянной температуре рабочего элемента или используя зависимость температуры рабочего элемента от скорости при постоянном напряжении питающегоэлемента.

Основным недостатком термогидрометров является значительная нелинейность градуировочной характеристики. Кроме того, при эксплуатации в морских условиях коррозия, обрастание, поляризация и т.д. снижают надежность термогидрометров и ограничивают время их использования иногда до нескольких часов.

е) Акустические методы.

В данное время используются чаще всего методы, основанные или на сравнении частот акустических волн вдоль и против потока, или на сравнении времени прохождения акустических импульсов, направленных одновременно по водному потоку и против него. Метод сравнения частот основан на эффекте Допплера, сущность которого заключается в том, что если в движущейся среде распространяются колебания определенной частоты f_1 то неподвижный наблюдатель зафиксирует колебание частоты f_2, которая отличается от f_1 тем больше, чем больше будет скорость движения среды. Сдвиг частоты ($\Delta\omega$), связанный со скоростью течения таким образом:

$\Delta\omega = 2\delta u_p \omega_0/c$, где

c - скорость звука в воде;

Up - радиальная составляющая скорости потока;

δ - коэффициент, который зависит от направления передающего и приемного устройства.

Однако допплеровские измерители имеют слабую энергетическую обеспеченность из-за значительного коэффициента рассеяния звука в морской воде. В связи с этим появляется необходимость принимать специальные меры для обеспечения помехоустойчивой работы прибора, которые приводят к значительному усложнению прибора.

От этих недостатков избавлены акустические системы, которые действуют по принципу измерения разности времени прохождения сигналов вдоль и против потока. Зависимость между разностью времени прохождения сигнала вдоль и против потока от скорости потока описывается выражением:

$\Delta T = 2Ud/c^2$

где d - измерительная база прибора.

ж) Оптические методы

Оптические методы измерения скорости течения подразделяются на доплеровский и фазовый. Допплеровские оптические измерители, в принципе, могут иметь достаточно высокую разрешающую способность и чувствительность, но относительные погрешности и разные "паразитные" эффекты остаются такими же, как и в акустических измерителях. Кроме того, возникают большие трудности регистрации и анализа исходного сигнала вследствие большой скорости света.

Фазовый оптический метод измерения скорости течений основан на принципе сдвига интерференционной картины. Разность хода в длинах волн $\Delta\lambda$ определяется как:

$\Delta\lambda \approx 2LUX_L n^2/\lambda c_L$,

где L - длина оптической базы;

C_L, - скорость света;

n - коэффициент преломления света;

$X_L = 1/n^2$.

Особенностью оптических измерителей является большая чувствительность к изменениям коэффициента преломления света, а, следовательно, и плотности морской воды.

з) Гидродинамический метод

Основан на измерении давления, оказываемого потоком на находящееся в нем тело. Между скоростью течения и давлением существует зависимость:

$R = C_m \rho U^2 S_T /2$,

где R – давление потока на тело;
C_m- коэффициент, который зависит от формы тела и числа Рейнольдса;
St- площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную направлению течения;
ρ - плотность воды.
Таким образом, измерив давление потока на тело, можно определить и скорость течения.

і) Метод меток основан на измерении времени переноса искусственной метки (тепловой, оптической, радиоактивной и др.). Так, например, водородные пузыри, получаемые при электролизе жидкости на тонком проводе, внесенном в исследуемую жидкость, позволяют находить траекторию и скорость частиц в потоке.

к) Метод аэрофотосъемки

Дает возможность получать практически синхронную картину распределения течений на больших акваториях за короткий период времени. Наиболее полную картину течений и их изменений во времени и в пространстве можно получить при использовании аэрометодов в комплексе с береговыми или судовыми измерениями. При изучении течений с самолетов применяют два метода: метод маршрутного аэрофотосъемки маркированной поплавками поверхности моря и радиогеодезическийметод.

Метод маршрутной аэрофотосъемки нуждается в привязке поплавков к некоторому объекту. Такими объектами могут быть береговые ориентиры, суда или буи на якоре, а также один из поплавков (узловой), координаты которого точно фиксируются в пространствк с помощью локатора. Сущность метода сводится к двукратной (или многократной) аэрофотосъемке положения поплавков на поверхности моря и определении их координат.

Аэрофотосъемка ведется специальными фотоаппаратами на изохроматическую пленку с зеленым светофильтром, потому что краситель поплавков дает в воде яркий изумрудный шлейф.

На большом удалении от берега используют радиогеодезический метод. В отличие от метода маршрутного аэрофотосъемки привязка поплавков на снимках ведется относительно самого самолета, координаты которого определяют в момент фотографирования с погрешностью не более 10 метров. Для этого на самолете и на суше или судне устанавливаются совместно работающие радиогеодезические станции. Следует помнить, что аэрофотосъемка ограничивается высотой облачности, условиями освещения, высотой Солнца (отблески), высотой волн.

Масштаб съемки выбирают с таким расчетом, чтобы изображение окрашенных пятен воды на снимках имели не меньше 3 мм для точной дешифровки поплавков. Необходимое количество поплавков рассчитывают по соотношению: п = Ь/(1т), где п-количество поплавков, Ь - длина маршрута, т - знаменатель масштаба съемки, 1 - расстояние между изображениями поплавков на аэрофотоснимку. Обработку аэрофильмов делают в лаборатории. При их монтаже необходимо, чтобы на двух соседних кадрах было не меньше двух изображений одних и тех же поплавков. Потом делают монтаж маршрута, при котором изображение неподвижных объектов и поплавков наносят на кальку, по которой впоследствии получают скорость и направление течений.

Поплавковый метод наблюдений за течениями

К поплавковым методам можно отнести слежение за свободно дрейфующими поплавками посредством теодолитов с неподвижных опорных точек, судов и самолетов, а также навигационный метод приближенной оценки течений, когда поплавком является само судно.

В навигационном методе нахождение вектора поверхностных течений при положении судна в дрейфе производится путем вычитания вектора ветрового дрейфа из вектора суммарного сноса. Скорость ветрового дрейфа определяется по формуле:

$$V_{ДР} = K_{ДР} * W,$$

где W– скорость ветра.

Коэффициент $K_{ДР}$ и направление дрейфа определяются штурманским составом заранее по наблюдениям за ветром и вектором дрейфа при различных румбах курсового угла ветра.

Ниже приведена схема определения течений по движению поплавков специальных конструкций. Конструкция поплавка показана на Рис.12.1. В прибрежной зоне моря на расстояниях 100–200 м слежение за поплавками может проводиться посредством прямых засечек с двух теодолитов. В более открытых частях моря на расстояниях 1–10 км поплавки успешно отслеживаются с помощью радиолокационных судовых станций (РЛС). В обоих случаях определяющее значение для результатов наблюдений, а также для выбора дискретности имеет точность определения местоположения поплавка.

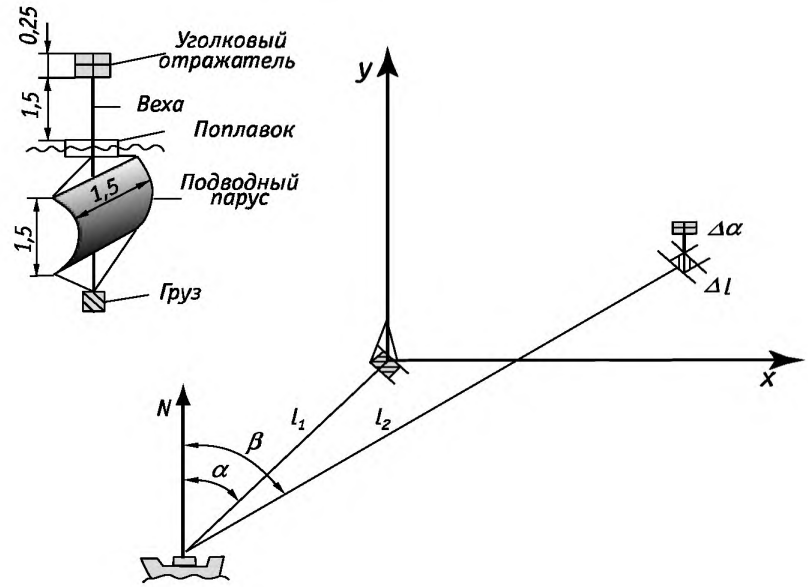


Рис. 12.1 Схема определения местоположения дрифтера с помощью радиолокации в условной системе координат с началом в точке неподвижного ориентира. Заштрихованные области показывают возможную ошибку, на врезке дано схематическое изображение дрейфующего буя (все размеры в метрах).

12.4 Наблюдения за течениями на платформах

Наблюдения за течениями с борта самоподъемных плавучих буровых платформ (СПБУ) и других стационарных оснований позволяют получить высококачественную информацию о течениях, которая используется для освещения гидрологических условий участка акватории, верификации результатов наблюдении на АБС и оперативного обеспечения подводно–технических работ.

Качество инструментальных наблюдений с борта платформ обеспечивается фиксированным положением измерителей течении на горизонте; отсутствием рывков и толчков несущего троса, приводящих к отказам приборов при измерениях во время штормов; высоким уровнем механизации операций по постановке и снятию станции с помощью штатных грузовых кранов, имеющихся на борту платформы.

В качестве примера на Рис. 12.2 приведена схема постановки станции с борта СПБУ типа «Кольская». Ниже приведены методики расчета основных элементов такелажной оснастки станции.

На предварительном этапе определяются следующие параметры: H – глубина моря в точке постановки СПБУ, м (с точностью ±0.5 м); h – превышение рабочей палубы СПБУ над средним уровнем моря, м; l – максимальное возвышение стрелы грузового крана над рабочей палубой СПБУ, м.

Определяется количество секций несущего троса N длиной $L = (l - 3)$ м каждая.

Для исключения провисания несущего троса вследствие пенетрации (осадки) опор СПБУ груз (массой ~ 100 кг) не должен касаться дна. Возвышение груза над дном b рекомендуется выбирать в диапазоне l–1,5 м.

Соотношение линейных размеров элементов такелажной оснастки определяется следующим выражением:

$$\frac{h+H-b}{l-3}+e=h+H-b,$$

где e – длина концевой секции для варианта, когда на длине несущего троса укладывается не целое число секций длиной L каждая.

Глубину установки измерения скорости приповерхностного горизонта d следует выбирать: в глубоководных районах ($H \geq 50$) не менее 10 м, в мелководных ($H<50$) – 5м.

Превышение над дном измерителя скорости придонного горизонта должно составить 1.3–1.5 м.

Работы по постановке–снятию станции требуют участия двух гидрологов и одного крановщика. Собранную станцию располагают на рабочей палубе, следя за тем, чтобы не было колышек на тросе, а трос и элементы оснастки не цеплялись бы за корпуса измерителей, которые должны лежать в горизонтальном положении на палубе.

Гак крана заводится за рым нижней секции троса и груз опускается к кромке борта (комингса). Затем гак заводится за рым *2* и за борт отдаются следующие секции троса. Такими последовательными шагами осуществляется постановка станции на платформе.

Для удобства и повышения безопасности такелажных работ следует применять петлю диаметром около 1 –1.5 м из троса диаметром 6 – 8 мм, которая должна использоваться в качестве связующего звена между рымом и гаком крана.

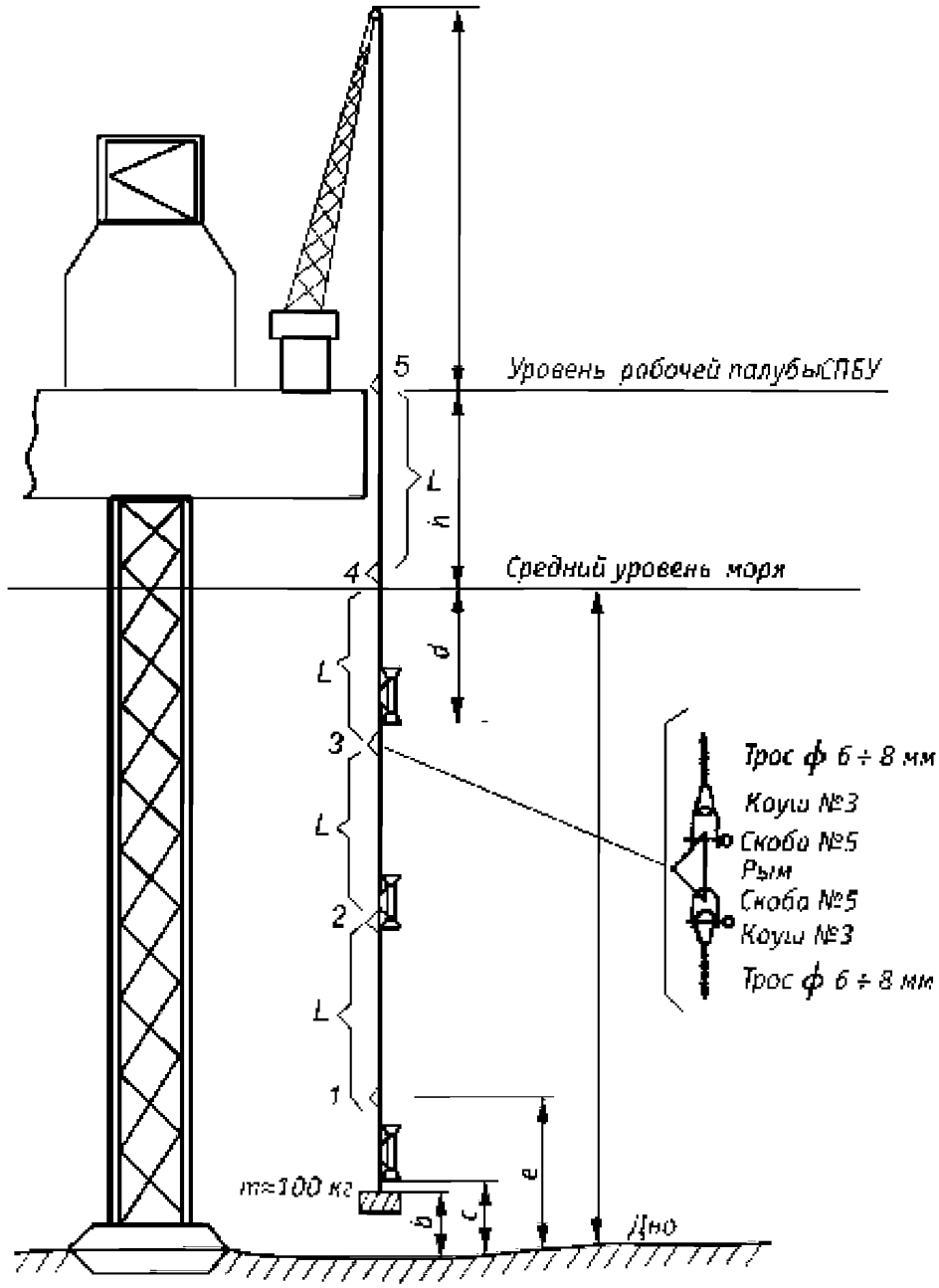


Рис. 12.2 Схема постановки станции наблюдений за течениями с борта платформы

Последовательность операций по постановке станции следующая:

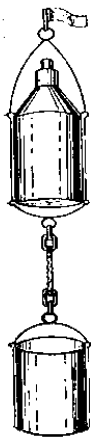
– За рым *1* заводится петля и крепится за гак крана гачным узлом, груз отдается за борт и рым 1 подвешивается на гак *4*.

– С рыма *1* освобождается петля и заводится за рым *2*. За борт опускается следующая секция троса.

– Операции повторяются, пока за бортом не окажутся все секции троса и крайний рым *3* троса заводится за гак *4*.

При выполнении перечисленных операций следует следить за тем, чтобы исключить возможные удары измерителей о борт СПБУ, поверхности палубных надстроек и элементы конструкции вертолетной площадки. При волнении моря более 3 баллов возрастает риск выхода из строя вертушечных датчиков измерителей течений при погружении приборов в воду.

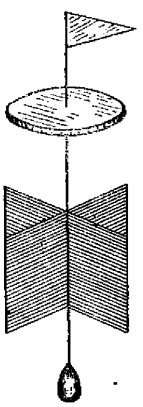
12.5 Измерители течений



а)

Двойные *привязные поплавки* (Рис.12.3а)) используются при скорости ветра меньше 6 м/с, волнении не более 2-3 баллов и при скорости течения большей 0.1 см/с. Они представляют собой два цилиндрических сосуда диаметром 20-30 см и высотой 40-50 см, соединенные между собой тросом, длиной ~ 1 метр. К верхнему сосуду крепится линь длиной до 200 метров с подвязанными к нему через каждые 10 метров пенопластовыми поплавками. Рабочая часть линя маркируется через каждый метр. Нижний сосуд загружается балластом с таким расчетом, чтобы верхний сосуд погружался в воду до верхнего края. Скорость течения определяется по времени, которое нужно на вытравливание линя определенной длины, а направление - по углу между направлением на поплавок и диаметральной плоскостью судна, для чего используется компас.

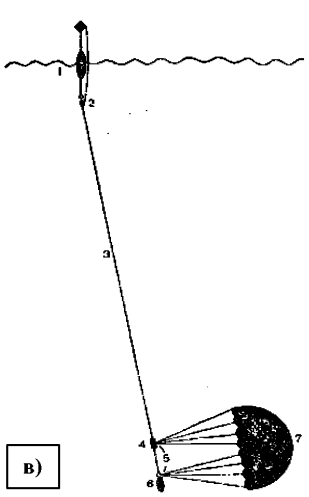
Рис.12.3 а) двойные поплавки



б)

Поверхностные течения можно измерять и с помощью *свободно дрейфующих поплавков (дрифтеров).*(Рис.12.3.б))Основное условие пригодности - площадь вертикальногосеченияподводной части неболее, чем 1:100. Координаты поплавка определяют с берега илисуднане меньше, чемчерезкаждые 10 мин и не больше, чем через1 час. Координаты можно определять с помощью радиолокатора. Тогда вместо флажка на мачте следует укрепить пассивный угловой отражатель.

Рис.12.3 б) дрифтеры



в)

Парашютный буксир (Рис.12.3 в)) может применяться для глубин до 1000 метров. Он представляет собой авиационный парашют с площадью купола 40 м ^{2} (для глубины 500 м) или 70 м ^{2} (для глубины 1000 м). Парашют тросом, диаметром 3 мм, крепится к пенопластовому бую, грузоподъемностью до 120 кг, на мачте которого расположен угловой отражатель. К нижней части троса крепится груз. Для облегчения подъема буксира используется зажим-размыкатель на креплении верхней группы строп парашюта, который раскрывается с помощью посыльного груза. Направление и скорость подводного течения определяют по положению надводного буя с помощью радионавигационной аппаратуры.

Рис.12.3 в) парашютный буксир.

Поплавки-интеграторы используются для определения средней скорости течения по вертикали. Поплавок опускают на дно в точке с известными координатами , а потом в определенный момент времени освобождают его от груза и он под действием подъемной силы начинает всплывать. При этом под действием течения поплавок движется по горизонтали (сносится течением). Зная координаты точки всплытия и глубину можно опрелить скорость течения.

Поплавки нейтральной плавучести применяются для измерения скорости и направления течений на больших глубинах. Этот метод основан на разности в сжимаемости морской воды и материала из которого изготовлен поплавок. Поплавки нейтральной плавучести (поплавки Сваллоу) изготавливают из легкого алюминиевого сплава, сжимаемость которого меньше сжимаемости морской воды, и представляет собой трубу длиной 6 м, состоящую из двух секций по 3 метра каждая. В нижней секции расположены батареи питания и гидроакустический передатчик. В верхней секции размещаются дополнительные грузы для создания необходимой плавучести. На поверхности моря средняя плотность поплавка несколько больше плотности морской воды, а на глубине погружения их плотности выравниваются, вследствие разной сжимаемости. Средняя плотность каждого собранного поплавка устанавливается заранее с помощью погружения его в солевой раствор с плотностью, которая отвечает плотности морской воды на заданной глубине. Путем изменения числа дополнительных грузов в верхней секции трубки, поплавок приводится в состояние нейтральной плавучести. Наблюдения за поплавком ведутся с судна, оборудованного гидрофонами в носовой и кормовой части судна на глубине 5-7 метров. Гидрофоны улавливают импульсы от передатчика поплавка с интервалом в несколько секунд. Местоположение поплавка наносят на планшет, где строят траекторию его перемещения в горизонтальной плоскости.

Электромагнитный измеритель течений (ЭМИТ) ГМ-15М

ГМ-15М представляет собой автоматический потенциометр (прибор, который измеряет разность потенциалов) с присоединенным к нему кабельным шлейфом, который буксируется за судном. Для контакта кабельного шлейфа с морской водой к концам рабочих отрезков кабеля присоединены электроды. Комплект состоит из двух электродов, кабеля, лебедки, пункта управления и контроля, регистратора и источника питания. Питание осуществляется от бортовой сети переменного тока напряжением 220 в, частотой 50 гц. Одним из наиболее важных узлов аппаратуры являются электроды для контакта датчика с морской водой. Используются серебряные-хлорсеребряные неполяризующиеся электроды, (серебряная пластинка погружена в раствор хлористого серебра). Применение других металлов исключается, потому что пара электродов даже из химически чистых и однородных металлов имеет собственную разность потенциалов, которая приводит к погрешностям, которые превосходят полезный сигнал.

Кабельный шлейф состоит из двух неравных по длине отрезков жил, сплетенных между собой, одна из которых 300м, а другая - 400 м. Таким образом, измерительная база прибора составляет 100м. Для исключения влияния судна и его кильватерной струи, длина выпущенного кабеля должна составлять не меньше 2-3 длин судна. В качестве кабельного шлейфа обычно используют полевой телефонный провод с разрывным усилием 120 кг. При буксировании до 15 узлов натяжение не превышает 50-60 кг. Для выпуска и выбора кабельного шлейфа применяется ручная лебедка с ручным тормозом. Сигнал с кабеля поступает на пульт управления и контроля, а потом регистрируется с помощью автоматического потенциометра КСП-2 на диаграммную ленту.

В проводнике, который буксируется за судном э.д.с. индуцируется только за счет поперечного перемещения, и каждое измерение дает только компонент течения, перпендикулярный к направлению следования судна. Поэтому для определения полного вектора течения следует выполнить два измерения на перпендикулярных курсах судна. Расстояние, которое проходит на каждом галсе судно, должно быть не меньше 0.5 миль. Полученные результаты геометрически суммируются. Каждое изменение курса судна на 90° обеспечивает получение пары контролирующих друг друга векторов скорости течений, а прямой и обратный ход судна дает контроль положения нуля электродов.

Как уже говорилось, э.д.с. находится в линейной зависимости от напряженности вертикальной составляющей магнитного поля Земли. Поэтому точность измерений ЭМИТа уменьшается с приближением к магнитному экватору, а на самом экваторе он не применим, потому что здесь магнитные силовые линии идут параллельно поверхности земли, то есть H_z=0. Кроме того, существует зависимость полученных результатов от относительной толщины слоя, охваченного течением по сравнению с глубиной моря, которая выражается так называемым редукционным коэффициентом K=1+h/D, где h - толщина слоя, охваченного течением (теоретическая), D - глубина моря. В мелководных районах с глубинами меньше 10м, коэффициент K =10, на глубинах свыше 150м - меньше 1.1, а для открытых районов он приближается к 1.

Недостатки метода:

1. Течение должно быть сосредоточено в верхнем слое
2. Измерения не проводят в пределах ±10° от экватора
3. Целесообразно проводить в глубоководных районах (на мелководье негативное влияние оказывают теллурические токи и большая изменчивость коэффициента К).

Технические характеристики прибора:

Длина кабеля - 400 м.

Расстояние между электродами - не меньше 100 м

Погрешность - в среднем 3-5% от измеряемого течения

Чувствительность - 4-6 м/(м/с).

Вертушка ВММ

Вертушка ВММ служит для разовых измерений скорости и направления течения. После каждого измерения прибор поднимается на борт для снятия отсчета и перезарядки.

Благодаря простоте устройства и легкости в эксплуатации вертушка получила широкое распространение. Ее можно использовать для измерения течения на любой глубине.

Устройство

Вертушка ВММ состоит из следующих блоков:

1. Литая латунная рама, к которой крепятся другие детали прибора;
2. Лопастный винт со счетчиком оборотов;
3. Устройство регистрации направления течения;
4. Механизм, переключающий режим работы (спусковой).

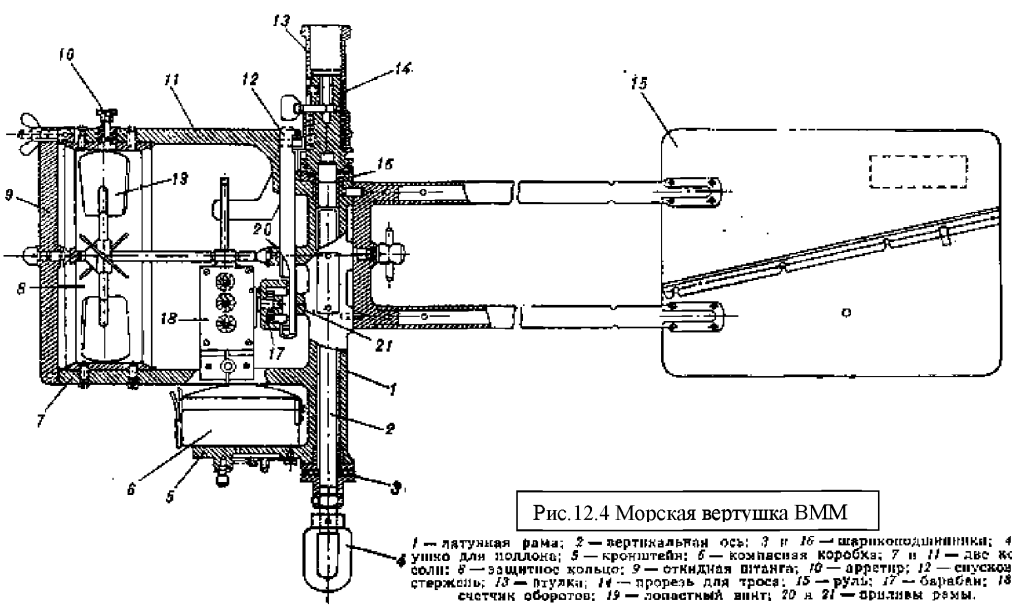


Рис.12.4 Морская вертушка ВММ

1 — латунная рама; *2* — вертикальная ось; *3* и *16* — шарикоподшипники; *4* — ушко для поплонка; *5* — кронштейн; *6* — компасная коробка; *7* и *11* — две консоли; *8* — защитное кольцо; *9* — откидная штанга; *10* — арретир; *12* — спусковой стержень; *13* — втулка; *14* — прорезь для троса; *15* — руль; *17* — барабан; *18* — счетчик оборотов; *19* — лопастный винт; *20* и *21* — бронзовы рамы.

Литая рама надета на вертикальную ось, вокруг которой она может свободно вращаться на 2-х подшипниках. К верхнему концу оси прикреплен неподвижный стержень, который имеет в верхней части прорезь для троса лебедки. В эту прорезь вставляется огон троса и закрепляется барашковым винтом. На нижнем конце оси есть ушко для подвеса груза, который уменьшает снос течением. К задней части рамы крепится с помощью винта и 2-х штифтов руль, который имеет съемные наклонные пластины. В комплекте прибора есть 2 набора пластин – узкие и широкие. Узкие пластины служат для работ при волнении, потому что при работе с широкими пластинами вертушка совершает вертикальные колебания и значительно завышает показания скорости течения.

Скорость течения определяется при помощи лопастного винта. Он состоит из горизонтальной оси, на переднем конце которой есть 4 спицы с лопатами, развернутыми относительно оси на 45°, а на заднем конце сделана червячная нарезка, которая соединена с зубцами шестерни счетчика оборотов. Для предохранения от механических повреждений винт помещен внутри механического кольца, укрепленного на двух консолях. Торцы консолей связывает откидная штанга. При транспортировке винт снимается. К верхней консоли прикреплен арретир, который не позволяет винту вращаться вхолостую. Вертушка снабжена двумя винтами –

а) металлическим, вращение, которого начинается при скорости течения 3.5 см/с;

б) облегченным (из плексигласа), для работы на малых скоростях течений, с начальной скоростью течения 2 см/с.

Обороты лопастного винта регистрируются счетчиком оборотов. Счетчик, заключенный в прямоугольную коробку, состоит из трехшестеренок со стрелками-указателями: верхняя показывает единицы и десятки оборотов, средняя – сотни и нижняя - тысяча оборотов. Задняя крышка может открываться, что позволяет очищать шестеренки от наносов.

В счетчике есть трубка - магазин, которая содержит запас бронзовых или латунных шариков диаметром 3 мм в количестве до 23 штук. Нижний шарик упирается в ободок диска, насаженного на верхнюю шестерню. На окружности диска есть 3 выемки, расположенные на равном расстоянии друг от друга. Каждый раз, когда выемка находится под отверстием трубки магазина, в нее попадает один шарик, который потом переносится диском к отверстию нижней трубки, а из нее – в компасную коробку.

В центре компасной коробки на шпильке сидит массивная магнитная стрелка, которая имеет над средней частью небольшое круглое углубление, куда скатывается шарик. Вдоль всей поверхности северной части магнитной стрелки проходит желобок, по которому шарик скатывается в один из секторов компасной коробки. Внутренняя часть коробки разделена высокими перегородками на 36 пронумерованных секторов - по 10° в каждом. Таким образом, подняв по окончании прибор на борт, можно видеть, какие сектора компасной коробки находились против северного конца магнитной стрелки, то есть *куда было направлено течение.*

Для включения и выключения счетчика оборотов служит переключающий механизм, который состоит из барабана, спускового стержня и втулки. На барабане есть два выреза – верхний и нижний, а на спусковом стержне - 2 зубца, которые при возвратно-поступательном движении стержня стопорят и освобождают барабан. Взаимодействие зубцов барабана и стержня позволяет устанавливать барабан в трех положениях (1 и 3 - холостой ход лопастного винта, счетчик выключен, 2 - рабочее положение, счетчик включен).

Перед опусканием прибора в воду, барабан с помощью рычага, который находится на нем, устанавливается на холостой ход. Счетчик оборотов включается и выключается последовательными ударами посыльных грузов по втулке, надетой на вертикальную ось. Движение втулки передается спусковому стержню, который, взаимодействуя с барабаном, включает и выключает счетчик путем отклонения его от оси лопастного винта.

Проверка вертушки

1. общая исправность прибора;
2. наличие тарировочного удостоверения;
3. наличие запчастей;
4. правильность и плавность ходалопастного винта;

а) должен оборачиваться от наименьшего порыва ветра;

б) должен вращаться без потрескиваний;

в) хорошо сбалансированный - то есть оставаться без отклонений при любом положении;

г) при включенном положении счетчика верхнее зубчатое колесо его должно соприкасаться с червячной нарезкой на оси лопастного винта;

5. правильность выпадения шариков из магазина устанавливается путем вращения лопастного винта рукой; через каждое 33.3 оборота винта должен падать один шарик;

6) магнитная стрелка должна удерживатьгруз ~ 75 г;

7) правильность действия спускового механизма проверяется путем нажима на втулку рукой.

Хранение вертушки

1) После каждой станции - промыть пресной водой.

2) После окончания работ - разобрать, промыть пресной водой с мылом, просушить.

3) Вертушку следует хранить в деревянном ящике в специальных гнездах.

Подготовка к работе

1. Вынимают прибор и лопастной винт, которым предполагается проводить измерения

2. Отбрасывают штангу и осторожно устанавливают винт в подшипниках. После этого закрепляют штангу откидным винтом с барашком.

3. Подготавливают руль (при сильном волнении используют узкие горизонтальные пластины).

4. Присоединяют огон троса к стержню вертушки, закручивают барашковый винт, выводят вертушку за борт.

5. Подготавливают компасную коробку. Для этого открывают.ее, ставят магнитную стрелку, закрывают крышку, надевают ее на кронштейн, закрепляют винтом.

6. Взводятбарабан спускового механизма и проверяют его действиедвумяударами по втулке. Снова взводятбарабан.

7. Заряжают магазин шариками с помощью брала.

8. Отсчитывают и записывают в книжку для записи наблюдений показания счетчика с точностью до 1оборота

Производство наблюдений

1. Опускают вертушку в воду так, чтобы ось лопастного винта совпадала с поверхностью воды, и делают отсчет по счетчику лебедки.

2. Опускают прибор на заданную глубину, обратив внимание на угол наклона троса (при углах >10° необходимо вводить поправки).

3. Подождав 1-2 минуты, чтобы вертушка и магнитная стрелка установились по течению и магнитному меридиану соответственно, пускают первый посыльный грузик и включают секундомер, записав время начала наблюдений.

4. Промежуток времени между первым и вторым посыльным грузиком используют для метео- и других наблюдений.

5. После окончания установленного времени пускают второй грузик, записывая продолжительность наблюдений в секундах (максимальная продолжительность наблюдений -15 минут).

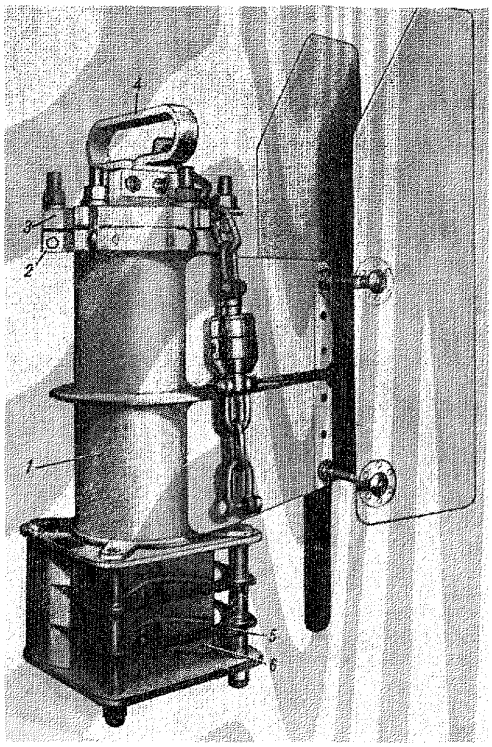
6. Поднимают вертушку, стопорят винт, снимают грузики, осматривают прибор, убеждаясь, что он сработал.

7. Снимают отсчет по счетчику и записывают его в книжку наблюдений.

8. Снимают компасную коробку, вынимают магнитную стрелку. Записывают количество выпавших шариков и номера секторов, в которые они выпали.

Буквопечатающая вертушка Алексеева (БПВ)

Буквопечатающая вертушка (БПВ) предназначена для автономной работы с судна или на буйковой станции. Идея создания самописца была предложена Алексеевым в 1941 году. В 1945 году был изготовлен первый пробный образец БПВ-1. После некоторых усовершенствований



в1950 г. вертушка была запущена в серийное производство и до недавнего времени использовалась практически во всех экспедициях.

Обычно применяются пять разновидностей БПВ:

1. БПВ-2. Максимальная глубина 1200г. Диапазон скоростей от 2.5 до 148 см/с. Масса 40 кг.
2. БПВ- 2р. Речной вариант. Глубина до 250г. Диапазон от 3.5 до 296 см/с. Масса 29 кг.
3. БПВ-3. До глубины 3000 метров.
4. БПВ-6. До глубины 6000 метров.
5. Электрифицированный самописец течений (ЭСТ). На основе БПВ-2р. Глубина до 250г. Масса 35 кг. Диапазон скоростей 2-148 см/с.

Рис.12.5 Измеритель течений БПВ-2

БПВ-2.

Глубина до 1200 метров. Масса 40 кг. Высота - 80 см. Длина с рулевыми пластинами - 56 см. Прибор опускается на стальном тросе диаметром не меньше 4-5 мм. Скорость опускания не более 1м/с. Установка прибора по течению происходит при помощи двух рулевых пластин. Точность определения направления 1 градус, скорости - 1 см/с.

Принцип работы самописцев течений БПВ сводится к следующему. Лопастной винт прибора непрерывно вращается течением. Его вращениес помощью магнитной муфты передается в регистрирующую часть прибора. Через заданные промежутки времени автоматически включается сцепление лопастного винта с диском скорости, который начинает поворачиваться. Чем больше скорость течения, тем на больший угол успеет повернуться диск за время, пока включено его сцепление с лопастным винтом. Включение и выключение диска скорости осуществляется часовым механизмом. Время, на протяжении которого диск скорости связан с лопастным винтом, называется временами экспозиции, оно равняется ~ 176 секунд.

Одновременно с началом экспозиции, то есть с включением диска скорости, часовой механизм освобождает стопорное приспособление (арретир) магнитной картушки, и она устанавливается в плоскости магнитного меридиана. По окончании экспозиции автоматически срабатывает печатающий механизм. На диске скорости и на магнитной картушке наклеены резиновые цифровые шкалы. Печатающий механизм наносит краску на эти шкалы и прижимает к ним ленту, на которой печатаются цифры с диска скорости и магнитной картушки. После того, как отпечатки сделаны, диск скорости возвращается в исходное положение.

Устройство самописца.

Основные узлы: корпус, лопастной винт, руль и регистрирующий механизм.

Корпус изготовлен в виде пустотелого латунного цилиндра. Он укреплен на массивном основании, которое служит для ограждения лопастного винта. Сверху корпус герметически закрывается крышкой.

К корпусу прибора крепится руль, который состоит из двух пластин и обтекателя.

Лопастной винт состоит из четырех лопастей из органического стекла, которое имеет удельный вес, близкий к удельному весу морской воды.

Регистрирующий механизм состоит из трех узлов: управляющего, лентопротяжного и печатающего. Он помещен в металлическом цилиндре, который легко вставляется и вынимается из корпуса. Внутри цилиндра расположен часовой механизм, и сверху он закрывается металлическим чехлом. Часовой механизм приводит в движение управляющее устройство. Основными деталями управляющего устройства являются управляющие и минутный диски.

Минутный диск, соединенный с управляющим, разделен на 60 делений, которые отвечают минутам времени. Управляющий диск состоит из двух скрепленных между собой круглых пластинок с прорезями. Расстояние между прорезями, а следовательно, и количество прорезей соответствует дискретности измерений прибора. В комплекте прибора есть 6 дисков, которые предназначены для измерений с дискретностью 5, 10, 15, 20, 30 и 60 минут.

Над диском скоростей расположен печатающий узел. Он состоит из печатающей каретки к которой прикреплен фетровый валик, пропитанный несохнущей краской. Когда срабатывает часовой механизм, валик опускается на диск скоростей и магнитную картушку и смазывает их краской. При дальнейшем опускании каретки, она прижимает к шрифтам ленту, и на ней отпечатывается оттиск, который показывает скорость и направление течения.

К недостаткам БПВ относятся:

а) неполная сопоставимость данных по скорости и направлению (отсчет направления - мгновенный, а значение скорости осреднено по интервалу времени порядка 3 минут);

б) недостаточная чувствительность корпуса при ориентации по направлению в слабых потоках (до 10 см/с);

в) значительный разброс данных по направлению в слое, охваченному волнением;

г) существенное влияние вертикальных перемещений прибора на точность данных по скорости.

Проверка работы прибора

а) Проверка герметичности корпуса. В корпус вставляется бумага, и он опускается на глубину 1200 м. После подъема прибора бумага должна оставаться сухой.

б) Проверка вертлюга. Обращение вертлюга на оси должно проходить без заеданий и хруста.

в) Проверка лопастного винта. Проверяют правильность формы лопастного винта (или нет следов повреждений), балансирование лопат (путем наклона прибора на 10-15 градусов в разных направлениях; при правильном балансировании лопаты при наклоне не сдвигаются) и легкость обращения винта (возвращают вручную диск скоростей, через магнитную муфту обращения должно передаться на лопастной винт).

г) Проверка компасной картушки. 2 вида:

I) Необходимо убедиться в свободном обращении картушки на игле в период экспозиции. Для этого делают серию отражений, при этом механизм, который регистрирует, не должен менять своего положения. У нормального прибора разброс в показаниях не должен превышать 1°.

II) Необходимо определить точность установки по магнитному меридиану. Для этого делают несколько отражений при разных известных направлениях. Направление определяют с помощью компаса или буссоли. Ошибки не должны быть больше 4°.

д) Проверка диска скоростей. Поворачивается ли диск по окончании экспозиции в исходное положение. Для этого диск вручную перекладывают в крайнее положение. Под действием поворотной пружины диск должен вернуться в исходное положение.

е) Проверка строчкопротяжного и печатающего устройства. Делается 5-10 отражений. При исправной работе строчкопротяжного и печатающего механизмов они должны быть четкими и равноотстоящими друг от друга

ж) Проверка времени экспозиции. Проверяется по секундомеру для нескольких дисков. Время экспозиции не должен отличаться от указанного в паспорте более чем на 5%.

з) Проверка суточного хода времен. Устанавливают управляющий диск с интервалом в 1 час. Заводят часовой механизм. По радиосигналам точного времени делают первое отражение. Все следующие отражения должны совпадать с каждым следующим сигналом точного времени. Проверку делают на протяжении нескольких суток. Ошибка хода времен через сутки не должна превышать две минуты.

Сохранение прибора

1.охранять от ударов;

2.содержать в чистоте механизм;

3.следить за чистотой шрифта;

4. не допускать запотевание механизма. Для этого не раскрывать прибор до тех пор, пока он не примет температуру окружающей среды;

5. разборку и регулирование прибора делать только в крайних случаях;

6. если в прибор попала морская вода, то немедленно после подъема он промывается пресной водой с мылом;

7. по окончании работ корпус промывается пресной водой.

Подготовка к работе

1. Устанавливается управляющий диск в зависимости от диапазона скоростей течений.

2. Вставляют ленту в прибор. Запас ленты рассчитан на 1500 отражений. Для работы применяется телеграфная лента длиной до 16 метров, шириной 10 мм. На одной из сторон нанесенная цветная линия.

3. Смазывают краской валик.

4. Заводят пружину часового механизма.

5. Приводят контрольные отражения.

6. Делают на ленте отметку и записывают рядом дату и время.

После этого целиком собирают прибор, то есть привинчивают обтекатель и прикрепляют к корпусу. Механизм, который регистрирует, устанавливают в корпусе прибора. Закрывают его крышкой и подвешивают к тросу.

Одним из современных отечественных средств измерения скорости и направления течений является прибор «Вектор-2», разработанный и изготавливаемый ОАО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс» (ОАО «НПП «Радар ммс»), г. Санкт-Петербург.

Изготавливаемая аппаратура вошла в Государственный реестр средств измерений под №48788 (свидетельство 48788 об утверждении типа средств измерений).

Приведем основные характеристики аппаратуры «Вектор-2».

Измерители скорости и направления течений «Вектор-2»

Назначение средства измерений

Измерители скорости и направления течений «Вектор-2» (далее – измерители) предназначены для измерений скорости и направления течений относительно магнитного меридиана, измерений гидростатического давления и температуры воды.

Описание средства измерений

Принцип действия измерителя основан на преобразованиях угловой скорости вращения датчика скорости течений и углов положений магнитного компаса и флюгера в количество импульсов, пропорциональное ортогональным составляющим скорости течения. По полученным значениям проекций вектора скорости вычисляются значения скорости и направления течений.

В состав измерителя входят следующие измерительные каналы (ИК):

- ИК скорости течений, представляющий собой ротор Савониуса с индуктивным преобразователем угловой скорости вращения в пропорциональное число импульсов;

- ИК направления течений, состоящий из флюгера с индуктивным преобразователем угол – код и магнитного компаса с емкостным преобразователем угол-код;

- ИК гидростатического давления с датчиком тензометрического типа «Сапфир-22» Д-2,5 (или Д-16), служащий для определения глубины погружения измерителя;

- ИК температуры с датчиком - платиновым термометром сопротивления для компенсации влияния температуры на датчик гидростатического давления.

Компенсация искажений скорости течения, возникающих при наклоне ротора Савониуса под действием потока, осуществляется датчиком угла отклонения измерителя от вертикали типа акселерометр, выполненного на базе интегральной микросхемы.

Результаты измерений ИК периодически записываются в энергонезависимую память объемом 2 Мбит. Считывание данных из памяти осуществляется после подъема измерителя на поверхность через внешний герметичный разъём непосредственно в персональный компьютер.

Электронная схема измерителя построена на базе двух микропроцессоров (PIC 14000 и PIC 16F84), обеспечивающих предварительную обработку данных, введение поправок на влияющие

факторы внешней среды, формирование стандартного обмена данными с персональным компьютером через последовательный порт по интерфейсу RS-232.

Конструктивно измеритель состоит из герметичного цилиндрического корпуса, внутри которого размещены электронная схема на двух печатных платах, магнитный компас, датчик угла отклонения от вертикали и батарейный блок питания из литиевых элементов. На нижней крышке корпуса расположены датчик гидростатического давления и индуктивный преобразователь флюгера угол-код.

Два внешних нижних отсека измерителя занимают флюгер и ротор Савониуса. Внутри полой опоры отсека размещен датчик температуры.

На верхней крышке корпуса установлен герметичный разъём для подключения кабеля компьютера и рым-болт, служащий для подвески измерителя на кронштейне, а также являющийся крепежным элементом, удерживающим внутренний каркас измерителя внутри защитного корпуса.

Измеритель имеет две модификации, отличающиеся диапазоном измерений гидростатического давления:

- модификация АИВМ.416222.001 (диапазон от 0 до 2,5 МПа);
- модификация АИВМ.416222.001-01 (диапазон от 0 до 15 МПа).

Фотография общего вида измерителя (в корпусе и без корпуса) и места пломбирования приведены на Рис.12.6.



Рис.12.6 Общий вид измерителя скорости и направления течений «Вектор-2» (в корпусе и без корпуса) и места пломбирования

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) измерителя АИВМ.00016-01 включает:

- ПО «Программа приема данных в рабочем режиме» «Vektor2.Work1.exe».
- ПО «Программа чтения данных из памяти» «Vektor2.memory.exe».
- ПО «Программа процессорного блока», встроенная в микропроцессоры PIC 14000 и PIC 16F84, обеспечивающая функционирование измерителя в автономном режиме АИВМ.00015-01.

Идентификационные данные ПО приведены в Таблице 12.1.

Таблица 12.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Наименование программы вычисления цифрового идентификатора ПО
Программа приема данных в рабочем режиме	Vektor2.Work1.exe.	A571D0E1	CRC32
Программа чтения данных из памяти	Vektor2.memory.exe	C6F8B1A7	CRC32
Программа процессорного блока	АИВМ.00015-01	–	–

Метрологически значимая часть ПО и результаты измерений защищены с помощью пароля и специальных средств защиты от преднамеренных и непреднамеренных изменений.

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

Таблица 12.2

Метрологические и технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
1. Диапазон измерений скорости течений $V_{изм}$, см/с	от 1 до 150
2. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений скорости течений, см/с	± (1 + 0,05 $V_{изм}$)
3. Диапазон измерений направления течений, угловой градус	от 0 до 360
4. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений направления течений, угловой градус	± 10
5. Диапазон измерений гидростатического давления, МПа: - модификация АИВМ.416222.001 - модификация АИВМ.416222.001-01	 от 0 до 2,5 от 0 до 15
6. Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений гидростати- ческого давления, %	± 0,5
7. Диапазон измерений температуры, °С	от минус 2 до 25
8. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры,	± 0,1
9. Напряжение питания, В	7,2
10. Потребляемая мощность, мВт	60
11. Габаритные размеры (диаметр×высота), не более, мм:	95х650
12. Масса, не более, кг	4,0
13. Условия эксплуатации: - температура воды, °С - предельное гидростатическое давление, МПа:	 от минус 2 до 25

модификация АИВМ.416222.001 модификация АИВМ.416222.001-01	3,0 17,0
14. Средняя наработка на отказ, ч	15000
15. Средний срок службы, лет	10

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится методом лазерной гравировки на корпус измерителя и типографским способом на титульные листы руководства по эксплуатации и формуляра.

Комплектность средства измерений

Таблица 12.3

Наименование составной части	Количество на модификацию	
	АИВМ.416222.001	АИВМ.416222.001-01
Измеритель скорости и направления течений «Вектор-2»	1	1
Комплект запасных частей АИВМ.416943.001	1	1
Переходник ComPort - USB-Port АИВМ.467119.003	1	1
Формуляр АИВМ.416222.001ФО	1	1
Руководство по эсплуатации АИВМ.416222.001РЭ	1	1
Программное обеспечение АИВМ.00016-01 (на компакт–диске)	1	1
Методика поверки МП 254-0020-2012	1	1
Упаковка АИВМ.416945.001	1	1

Поверка

Поверка осуществляется в соответствии с документом МП 254-0020-2012 «Измеритель скорости и направления течений «Вектор-2». Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в июле 2012 г.

Основные средства поверки:

- рабочий эталон скорости водного потока – прямолинейный градуировочный бассейн ГГИ, относительная погрешность измерений в диапазоне от 0.02 до 5.00 м/с не более ± 0,3 %;
- буссоль типа ОБК или БШ-1, диапазон измерений от 0 до 360 град, пределы допускаемой погрешности ± 1 град;
- манометр грузопоршневой МП-60, кл. точности 0.05 по ГОСТ 8291-83;
- манометр грузопоршневой МП-600, кл. точности 0.05 по ГОСТ 8291-83;
- термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 3-го разряда по ГОСТ 8.558-93.

Сведения о методиках (методах) измерений приведены в документе АИВМ.416222.001 РЭ «Измеритель скорости и направления течений «Вектор-2». Руководство по эксплуатации».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к измерителю скорости и направления течений «Вектор-2»

1. ГОСТ 8.486-83 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне 0,005…25 м/с.
2. ГОСТ 8.017-79 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений избыточного давления до 250 МПа.
3. ГОСТ 8.558-93 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.
4. «Измеритель скорости и направления течений «Вектор-2». Технические условия» АИВМ.416222.001 ТУ.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений осуществление деятельности в области гидрометеорологии.

Изготовитель

Открытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радар ммс»
(ОАО «НПП «Радар ммс»)
Адрес: 197375, г. Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д.37
Телефон: (812) 777-50-51
Факс: (812) 600-04-49
E-mail: radar@radar-mms.com

В некоторых отечественных экспедициях (по согласованию с заказчиком) применяются и другие как отечественные, так и зарубежные измерители течений. При этом руководители таких работ берут на себя ответственность за соблюдение всех необходимых поверочных процедур и соблюдение соответствующих ГОСТ`ов, включая ГОСТ 8.486-83 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости водного потока в диапазоне 0,005…25 м/с.

К таким приборам относится, в частности, измеритель течения «Поток-3», разработанный в выпускаемый малыми сериями ОКБ океанологической техники РАН.

Базовая модель измерителя течений и температуры морской воды «Поток–3» предусматривает также возможность подключения каналов для измерения электропроводности и скорости звука. Особенностью прибора является наличие прочного долговечного титанового корпуса (Рис. 12.7).

Измеритель «Поток–3» обладает техническими характеристиками, позволяющими использовать его для натурных экспериментов как в прибрежной зоне, так и в составе АБС на океанских глубинах (Таблица 12.4).

В настоящее время имеется большая линейка опытных образцов и серийно выпускаемых измерителей, позволяющих получать достаточно репрезентативные данные.

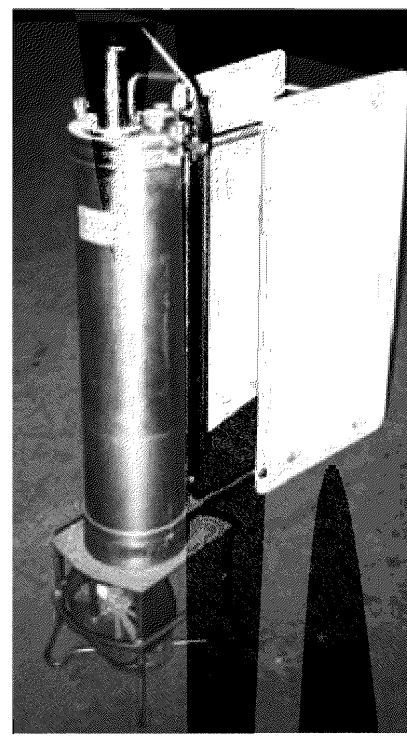


Рис. 12.7 Базовая модель измерителя течений и температуры «Поток–3».

Таблица 12.4

Технические характеристики измерителя течений «Поток–3»

Рабочая глубина, м, до	6000
Диапазон измерения модуля скорости течения, см/с	3–250
Погрешность измерения компонентов скорости течения	2% от Vmax ±2 см/с
Диапазон направления вектора измерения скорости течения, градусы	360
Среднеквадратическая ошибка вектора направления, в градусах, не более	5
Диапазон измерения температуры, °С	–2 – +35
Точность измерения температуры, °С	0.03
Диапазон измерения электропроводности , См/м	0 – 2.5
Точность измерения электропроводности, См/м	0.005
Диапазон измерения давления, МПа, до	60
Точность измерения давления	0.5%
Периоды усреднения измерений, в минутах	2–60
Тип батарей	R20 (6 р.)
Операционная независимость, в годах, до	2
Емкость наполнения, kb, до	512

В порядке информации отметимосновные типы измерителей течений, использующихся в настоящее время за рубежом. В связи с тем, что он не включены в Государственный реестр средств измерений Росстандарта, они могут использоваться как дополнительные к основным измерительным средствам.

Океанографическая измерительная платформа Seaguard

Новейшей и самой перспективной технологией для измерения морских течений является использование измерителей на основе принципа Доплера. Измерительная платформа Seaguard фирмы Aanderaa (Норвегия) – это новое поколение океанографических измерительных платформ, легко конфигурирумых для регистрации любого из наборов основных параметров состояния морской среды. Современные компьютерные технологии в сочетании с развитой цифровой обработкой сигналов обеспечивают точные и детализированные измерения с очень высоким разрешением. Прибор регистрирует следующие параметры морской среды: скорость и направление течения, гидростатическое давление, спектральные параметры поверхностного волнения, температуру, электропроводность, содержание растворённого кислорода и мутность воды.

Приборы SEAGUARD поставляются в 3 модификациях для глубин: до 300 м, до 2000 м, до 6000 м (Рис.12.8).

В качестве измерителя течений SEAGUARD поставляется с мультичастотным доплеровским датчиком течений. Для уменьшения статистической погрешности в оценке доплеровского сдвига датчик излучает акустический импульс, содержащий несколько частотных компонент. Такой метод уменьшения статистической погрешности в сочетании с уменьшением числа импульсов

обеспечивает увеличенную скорость осуществления выборки и снижает расход энергии. Доплеровский датчик течений также имеет встроенный прочный электронный компас и датчик угла отклонения прибора от вертикали.

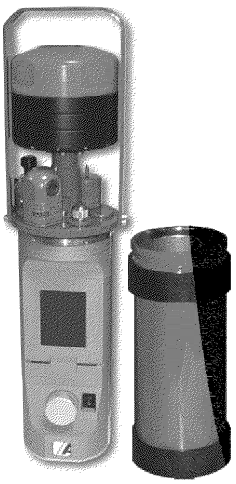


Рис.12.8 Измеритель течений SEAGUARD

Четыре акустических преобразователя излучают короткие импульсы вдоль узконаправленных лучей (600, 300, 150, или 50 посылок для каждого измерения). Эти же преобразователи фиксируют сигналы, отраженные от находящихся в воде рассеивателей (взвешенные минеральные частицы, планктон, пузырьки), которые используются для расчёта текущей скорости и направления течения.

Для уменьшения влияния морского загрязнения и локальной турбулентности измерения выполняются по горизонтали на расстоянии 0.4 – 1.0 м от прибора.

На выход датчика подаются абсолютные текущие значения скорости и направления течения, векторные составляющие скорости в широтном и меридиональном направлениях, количество акустических посылок и расширенный набор контрольных параметров – ориентация прибора, наклон по осям X и Y и мощность акустического сигнала.

Стандартное применение. Самый распространённый способ использования SEAGUARD – монтаж на тросе. Поскольку прибор работает при углах наклона до 35° от вертикали, то могут применяться любые способы постановки при помощи поверхностных или притопленных поддерживающих буев. Инструмент, установленный в тросовой раме, может быть легко извлечён из неё без демонтажа самой тросовой линии.

Использование прибора в качестве опускаемого зонда удобно из–за его компактного исполнения, незначительных прикладываемых усилий и простоты обслуживания. SEAGUARD может быть опущен в море с борта небольшого плавсредства при помощи ручной лебёдки Результаты измерений сохраняются внутри прибора и считываться со съемной SD карты памяти после его подъёма на борт.

Прибор может также устанавливаться и на дне в тралозащитной немагнитной раме или крепиться на подводной части гидротехнических сооружений.

Для обеспечения возможности получения результатов измерений в режиме реального времени SEAGUARD оборудуется водонепроницаемым разъемом с серийным выходом RS–422. По кабелю, подключаемому к этому разъему, может также подаваться и электропитание, если прибор устанавливается на постоянной основе.

Программное обеспечение SEAGUARD Studio. Поставляемое с прибором программное обеспечение предназначено для:

– импорта в ПК результатов измерений, сохраненных на SD карте SEAGUARD;
– отображения набора настроечных параметров, применявшихся при данной постановке;
– отображения и редактирования полученных рядов измерений;
– синхронного отображения данных, полученных в разных измерительных каналах или от нескольких приборов, для сравнительного анализа;
– экспорта результатов измерений в ПО Matlab;
– экспорта данных в текстовых файлах ASCII;
– печати или экспорта графических файлов различных форматов;
– копирования графики в буфер для включения в другие программы, такие как Word, Excel и т.п.;
– сохранения результатов редактирования;
– вычисления виртуальных параметров.

Как многопараметрическая измерительная платформа SEAGUARD поставляется по заявке заказчика с выбранным набором датчиков, который в последующем может дополняться или, при необходимости, изменяться с использованием программируемых по диапазону сенсоров температуры воды, гидростатического давления, параметров волнения и прилива, электропроводности, содержания растворенного кислорода, мутности воды. Все датчики имеют более высокое разрешение и сокращенное время экспозиции в сравнении с предшествующими моделями, что позволяет использовать увеличенную скорость осуществления выборки (уменьшить интервал измерений). Таким образом, платформа SEAGUARD может использоваться и в качестве СТД или многопараметрического зонда, а также регистратора параметров волнения и уровня.

Таблица 12.5

Технические характеристики измерителя течений SEAGUARD

Рабочая глубина, м, до	300÷6000
Диапазон измерения модуля скорости течения, см/с	0 ÷ 300
Относительная погрешность измерения компонентов скорости течения см/с	1% от отсчета
Абсолютная погрешность, см/с	± 0.15
Диапазон измерения направления, градусы	0 ÷ 360
Диапазон измерения температуры, °С	–4 ÷ +36
Точность измерения температуры, °С	0.03
Диапазон измерения электропроводности , См/м	0 ÷ 7.5
Точность измерения электропроводности, См/м	0.005
Диапазон измерения давления, МПа, до	60
Точность измерения давления	0.04%

Дополнительно вместе с прибором могут поставляться тросовые и донные монтажные рамы, а также подповерхностные буи фирмы–производителя.

Многофункциональный эхолот Caruso SF7

Перспективным представляется использование, особенно для рекогносцировочных работ и полигонных экспериментов, измерителей течений, встроенных в многофунциональные эхолоты типа Caruso SF7 фирмы MARPORT (Исландия).

12.6 Дополнительные сведения об измерителях скорости течения

Норвежская фирма **Aanderaa Instruments** выпускает измеритель скорости течения *RCM 7* (Рис.12.9). Помимо скорости и направления течения, прибор измеряет температуру, электрическую проводимость воды и давление. *RCM 7* может использоваться на глубинах до 2000 м. Вес прибора 38,5 кг. Характеристики прибора представлены в Таблице 12.6:

Таблица 12.6

Параметр	**Диапазон**	
Скорость течения	от 2 до 295 см/с	
Направление течения	от 0^0 до 360^0	
Температура воды	низкий	от -2,46 до +21,48 ^{0}C
	широкий	от -0,3 до +32,1 ^{0}C
	высокий	от 10,1 до +36,0 ^{0}C
	арктический	от -2,6 до +5,6 ^{0}C
Электрическая проводимость воды	широкий	от 0 до 7,4 См/см
	средний	от 2,4 до 6,8 См/см
	короткий	от 2,4 до 3,6 См/см
Гидростатическое давление	от 0 до 700 кПа	
	от 0 до 3500 кПа	
	от 0 до 7000 кПа	
	от 0 до 20 МПа	
	от 0 до 35 МПа	
	от 0 до 60 МПа	

Автономный измеритель течений RCM–9

Широко распространенный прибор, отличающийся высокой надежностью и простотой эксплуатации. Разработан и изготовлен фирмой AANDERAA INSTRUMENTS, предназначен для автономного измерения и записи скорости и направления морских течений. Как это стало общепринятым, RCM–9 измеряет также температуру, электропроводность и глубину места постановки прибора (Рис. 12.9).

Технические характеристики прибора (Таблица 12.7) являются стандартными для серийно выпускаемых измерителей. Данные измерений записываются в формате PDC–4 в накопителе данных (DSU 2990 или 2990E). Емкость DSU 2990 –10900 записей. Емкость DSU 2990E – 43600.

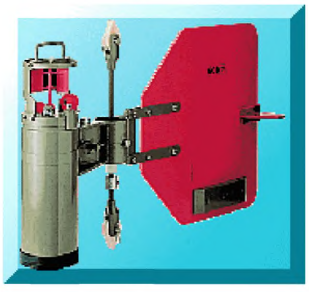


Рис.12.9 RCM-7.



Рис.12.10 Измеритель течений RCM–9

Таблица 12.7

Технические характеристики измерителя течений RCM–9

Рабочая глубина, м, до	до 2000
Диапазон измерения модуля скорости течения, см/с	3 ÷ 300
Погрешность измерения компонентов скорости течения, см/с	2% от отсчета
Диапазон направления вектора измерения скорости течения, градусы	360
Погрешность измерения направления, градусы	5
Диапазон измерения температуры, °С	–2 ÷ +35
Точность измерения температуры, °С	0.03
Дискретность измерений, минуты	1, 2, 5, 10, 20, 30, 60, 120

Акустические доплеровские профилографы скорости течения



Рис. 12.12 Профилографы фирмы RDI.

Наиболее интересными измерителями течения, с точки зрения научных исследований и комплексного мониторинга окружающей среды, являются *акустические доплеровские профилографы течения*. Эти приборы способны измерять профиль скорости течения до 1000 м на 128 горизонтах. Помимо скорости приборы этого класса измеряют: температуру,

электрическую проводимость воды, гидростатическое давление, с помощью входящих в их состав дополнительных датчиков.

Сейчас выпускается несколько серий профилографов (Рис. 12.12).

Серия *RD-VM* включает в себя следующие модели *RD-VM0075, RD-VM0150, RD-VM0300, RD-VM0600, RD-VM1200*, различающиеся частотой зондирующей посылки. Приборы этой серии рассчитаны на применение на движущихся судах. Акустические лучи (четыре луча) расположены в конфигурации Янус и находятся под углом 30^0 между собой. Частоты зондирования для различных моделей этой серии приведены в Таблице 12.8.

Таблица 12.8

Частоты зондирования

Модель	**Частота зондирования, кГц**	**Диапазон длины профиля, м**
RD-VM0075	75	350-700
RD-VM0150	150	250-350
RD-VM0300	300	120-250
RD-VM0600	600	60-120
RD-VM1200	1200	30-50

Электромагнитные измерители скорости течения

В настоящее время выпускается серия измерителей течений *S4* (Рис.12.13) принцип действия которых основан на электромагнитном эффекте, производимом движущейся водой. Серия *S4* состоит из следующих моделей: *S4P, S4, S4D, S4A*.

Измерительные характеристики приведены в Таблицах 12.9 и 12.10.

Таблица 12.9

Параметр	**Диапазон**	**Точность**	**Частота сканирования**	**Разрешающая способность**
Скорость течения	от 0 до 350 см/с от 0 до 50 см/с от 0 до 100 см/с от 0 до 600 см/с от 0 до 750 см/с	±1 см/с	2 Гц* 5 Гц**	2 Гц от 0,03 до 0,35 см/с* 5 Гц от 0,037 до 0,43 см/с*
Направление течения	от 0^0 до 360^0	$\pm 2^o$		$0,5^o$

*Модели *S4* и *S4A*.

** Модель *S4AH*.

*** Зависит от диапазона.

Таблица 12.10

Параметр	***S4***	***S4A***
Тип памяти	CMOSstaticRAM	Flash-memory
Батареи	5 лет	не требуются
Емкость памяти	до 1 МБ (348000 векторов)	до 20 МБ ($7 \cdot 10^6$ векторов)

Данные передаются через интерфейс RS-232, но может быть установлен аналоговый выход и RS-485. Передача данных может осуществляться в режиме реального времени.

Механические характеристики приведены в Таблице 12.11

Таблица 12.11

Параметр	***S4***	***S4*** **(глубоководная модификация)**
Размеры	25 см (диаметр)	35 см (диаметр)

Вес	в воздухе: 11 кг в воде: 1,5 кг	в воздухе: 34,5 кг в воде: 10,5 кг
Максимальная глубина погружения	1000 м	6000 м

Питание: внутренние щелочные батареи (6 “D” cell), (литиевые дополнительно). Щелочные батареи: 440 часов; литиевые дополнительно: 1600 часов.

Модель *S4ADW*, сделана на базе модели *S4*, прибор измеряет и параметры волнения, характеристики этого прибора приведены в Таблице 12.12.

Таблица 12.12

Параметр	Диапазон
Глубина	от 0 до 70 м
Частота сканирования	2 Гц
	5 Гц
Разрешение	4 мм (глубина)
	0,2 см/с (скорость)
	0,5° (направление)
Размеры	25 см (диаметр)
Вес	в воздухе: 11 кг
	в воде: 1,5 кг
Питание	внутреннее: 9 VDC (щелочные); 11,5 VDC (литиевые)
	внешнее: 9-12 VDC

Выходные параметры: скорость и направление течения, волнение. Дополнительные датчики: температура, электрическая проводимость воды.

Однако область применения электромагнитных измерителей скорости существенно ограничена необходимым уровнем солености морской воды. Это определяется принципом действия электромагнитных датчиков скорости, величина электродвижущей силы (э.д.с.) выходного сигнала которых зависит не только от скорости воды, но и от ее проводящих свойств, т.е. от солености. В результате при работе таких приборов в морской воде с соленостью менее 5 е.п.с., что имеет место практически на всем арктическом шельфе, величина выходной э.д.с. оказывается крайне низкой и нестабильной, а погрешности измерений скорости течений достигают значений 40% и более.



Рис. 12.13 Серия *S4*

Глава 13. Наблюдения за волнением

Для успешного осуществления практической деятельности, связанной с морем (гидротехническое строительство, навигация, кораблестроение, рыбный промысел и др.), требуется знание характеристик волнения. Некоторые сведения можно почерпнуть из справочников и атласов. Для получения более точных данных, применимых к практическому использованию в конкретной области, требуются расчеты по математической модели (Российская Атмосферно-Волновая Модель, WAM, WAVEWATCH и др.). Для полноценного исследования обязательны инструментальные наблюдения за волнением. Они нужны для уточнения методов расчета и для адаптации численной модели к конкретному месту. Накопление измерений в банках данных необходимо для будущего развития морских наук.

13.1 Основные понятия и определения

Ветровыми волнами называются волны, вызванные ветром и находящиеся под его воздействием. После ослабления и (или) изменения направления ветра на поверхности моря могут наблюдаться *волны зыби.* В результате взаимодействия ветровых волн и зыби возникает *смешанное волнение.*

Если высоты волн заданной обеспеченности в фиксированной точке увеличиваются во времени, то такое волнение (совокупность волн) называется *развивающимся,* а если уменьшаются - то затухающим. Волнение, в котором статистические характеристики не изменяются, именуется *установившимся.*

При распространении волн из открытой части моря в прибрежную зону изменяются их характеристики, внутренняя структура и форма. Если изменения обусловлены влиянием глубины, то этот процесс называется *трансформацией волн,* если под влиянием оградительных сооружений порта или огибанием других препятствий - *дифракцией волн.* При подходе волн к прибрежной зоне под некоторым углом их гребни разворачиваются под влиянием малых глубин и стремятся занять положение, параллельное изобатам. Это явление называется *рефракцией.*

Над определенными глубинами гребни волн опрокидываются и появляются *обрушивающиеся волны* (брейкеры), система таких волн именуется *прибоем.* Возвратно-поступательный поток, набегающий на отмелый берег, образует *накат.*

По записи волн на фиксированной вертикали (волнограмме) определяют *элементы волн* – величины, характеризующие данную волну. На волнограмме находят *среднюю волновую линию,* пересекающую кривую волновых колебаний таким образом, что суммарные площади выше и ниже этой линии одинаковы. Часть кривой волновых колебаний, трижды последовательно пересекающая среднюю волновую линию, именуется *волновым колебанием,* или *волной.* В пределах волнового колебания выше средней линии расположен *гребень волны,* а ниже — *ложбина.* Наивысшую точку гребня называют *вершиной волны,* а наинизшую — *подошвой волны.* Фундаментальный термин в геометрии волновых колебаний - это высота волны, под которой понимается превышение вершины волны над предыдущей подошвой. Превышение вершины волны над средней волновой линией представляет собой *высоту гребня* волны. *Период волны* - это интервал времени между двумя последовательными точками пересечения волнограммой (сверху вниз) средней линии. На плане взволнованной поверхности выделяют *фронт волны* — линию, проходящую вдоль гребня волны, и *направление распространения* (куда бегут волны). Длина волны - кратчайшее расстояние между вершинами двух смежных волн.

Элементы волн (волновых колебаний) в системе волнения изменяются от одной волны к другой (волны нерегулярны). Разнообразие элементов волн описывается функциями распределения G*(A),* которые определяют вероятность превышения (обеспеченность) некоторого заданного значения рассматриваемого элемента *A.*

Волнение как систему волн в целом описывают через *статистические характеристики* (параметры) волн: средние значения элементов, значения элементов заданной обеспеченности, генеральное (среднее) направление распространения волн и т. д. Основные характеристики - средняя высота $\bar{h}$, средний период $\bar{\tau}$ и генеральное направление распространения волн. Пользуясь известными функциями распределения *G (h)* высот волн, можно найти значения высот h_i, любой обеспеченности i в данной системе волн, а на основе принятого соотношения между длиной и периодом — условную среднюю длину волн $\bar{\lambda} = 1{,}56\ \bar{\tau}$.

Статистические характеристики ветрового волнения на фиксированной вертикали акватории в каждый момент времени (точнее - в короткий промежуток) определяются распределением скорости и направления ветра над акваторией, продолжительностью действия ветра, глубиной воды, рельефом и уклонами дна, разгоном волн (в общем случае - конфигурации береговой черты). *Разгоном* волн называется расстояние, измеренное в направлении против ветра от точки наблюдений до подветренного берега, либо до кромки льда (откуда дует ветер), или до подветренной границы анемобарической системы. Остальные определяющие волнение факторы общеизвестны. Акватории, в пределах которых дно не влияет на развитие волн, называется *глубоководными* (применяется также термин глубокая вода). Акватории, в пределах которых дно

влияет на развитие волн, именуются *мелководными* (мелкая вода). Прибрежная полоса воды, в которой, начиная с определенных глубин и до уреза, протекает процесс трансформации и окончательного обрушения волн, называется *прибрежным мелководьем.* Типы акваторий и зон действия ветровых волн определяются в зависимости от соотношения между характеристиками волнения, с одной стороны, глубинами и уклонами дна — с другой.

Для определения воздействия волн на гидротехнические сооружения в общем случае необходимо знать их расчетные параметры — высоту, длину, период, высоту гребня и др.

Расчетными называются такие волны и их параметры, которые могут наблюдаться непосредственно вблизи гидротехнического сооружения при наиболее жестоких, волноопасных штормах. Эти штормы и сопровождающие их ветры также называются расчетными.

13.2 Визуальные наблюдения за волнами

В некоторых случаях возможны только визуальные наблюдения. Здесь описывается методика наблюдений в море, т. е. с судов и с платформ - стационарных и плавучих.

Направление распространения волн (истинный румб, откуда они бегут) определяется с помощью компаса и записывается в десятках градусов. При смешанном волнении записывается направление обоих типов (ветрового волнения и зыби).

Оцениваются высоты наиболее крупных волн. Наблюдения выполняются обычно с палубы, и оценке подлежат волны на некотором расстоянии от борта, где на них не влияет корпус судна. В качестве масштаба для сопоставления служат высота борта и надстроек. Лучше смотреть навстречу бегущим волнам, так как подветренные склоны выражены более рельефно. При визуальных оценках с буровых судов и плавучих буровых установок целесообразно использовать сигнальные буи систем динамического позиционирования. При любом способе за пятиминутный промежуток времени оцениваются высоты пяти-шести волн, которые кажутся наблюдателю наиболее крупными из всех существующих, выбирается из них максимальная высота и ее значение с точностью 0,5 м принимается в качестве визуально измеренного значения высоты волн примерно 3%-ной обеспеченности.

Средний период волн определяется путем измерения промежутка времени между прохождением последовательных 30 волн (31 гребень) через некоторый плавающий предмет (поплавок, пену, водоросли, обрывок линя и др.). Среднее значение периода вычисляется путем деления названного промежутка времени на 30; записывается оно с точностью до секунды.

13.3 Инструментальные наблюдения за волнением

Волнограф - прибор для записи профиля ветровых волн и зыби в целях последующего определения их параметров (высоты, периода) в океанах и морях. Существуют волнографы береговые, буйковые и судовые. Оборудование состоит из датчика, помещённого на поверхности, фиксированной глубине в толще воды или на дне, и регистратора, устанавливаемого на берегу или на судне. Буйковые волнографы, как правило, автономные со встроенным регистратором. Действие волнографа построено на следующих принципах - регистрация изменений гидростатического давления, вызванного прохождением волн; регистрация изменений вертикальной компоненты ускорения свободно плавающего на поверхности водоёма поплавка; регистрация времени прохождения ультразвуковых сигналов от излучателя к приёмнику после их отражения взволнованной поверхностью водоёма; регистрация изменений сопротивления электроконтактного или проволочного датчика при прохождении через них волн. В некоторых конструкциях волнографов отдельные принципы действия сочетаются.

В настоящее время лидером в производстве волномерных буев является компания DatawellBV (Нидерланды), а наиболее распространеннной моделью волноизмерительных устройств – разработанный ею буй DirectionalWaveriderMK-III. Буй имеет шарообразную форму, его диаметр составляет 0.9 м. Прибор предназначен для измерения двумерного спектра волнения, направления распространения волн, а также температуры воды. Передача данных может осуществляться с помощью УКВ передатчика на расстояние до 50

км или спутниковой системы Argos, а также накапливаться во внутренней памяти прибора. Местоположение прибора определяется с помощью спутниковой системы глобального позиционирования GPS. Диапазоны измеряемых периодов волн составляют 1.6 – 30 с, высоты волн до 40 м. Питание буя автономное, в зависимости от заданного режима измерений и конфигурации оборудования, автономность составляет 12–30 мес. Акселерометр для измерения вертикальных ускорений размещен на стабилизированной платформе, представляющей собой демпфированный маятник с собственным периодом колебаний 40с. Сигнал вертикального ускорения преобразуется в сигнал перемещения с помощью операции двойного интегрирования. Сигналы углов качки отрабатываются по отклонению корпуса датчика относительно стабилизированной платформы.

Волномерными буями аналогичной конструкции и близких характеристик являются серийные изделия DB 4280 компании Аандераа (Норвегия) и Wavecrest фирмы NBA (Controls) Ltd (Великобритания)]. Волномерный буй Seawatch minibuoy, выпускаемый норвежской компанией Oceanor, кроме измерения высоты волнения и направления распространения волн, измеряет температуру и соленость воды, а также скорость и направление течения. Корпус буя выполнен в виде сферы диаметром 0.9 м, в нижней половине которой размещены электронные блоки, датчики и аккумуляторные батареи. Верхняя часть сферы выполнена из оптически прозрачного материала и защищает от воздействия влаги расположенные под ней солнечные панели, антенны и проблесковый маячок. Передача измеренной информации производится через спутниковую систему, GMS-модем или УКВ передатчик. Этот прибор обеспечивает измерение высоты волнения в диапазоне до 15 м с погрешностью не более 10 см, и среднего периода волн с погрешностью не более 2% в диапазоне 2 – 30 с.

В России наибольшее распространение получили волнографы, использующие принцип регистрации изменений гидростатического давления. Оборудование этого типа (датчик давления с системой записи на твердотельную память) серийно выпускается под названием ГМУ-2 в ЦКБ ГМП (НПО «Тайфун»). ГМУ-2 был сертифицирован в 1994 году (Государственный реестр средств измерений № 21088-04).

Ниже дается описание прибора - ГМУ-2, методики обработки результатов наблюдений и описание пакета прикладных программ, разработанных в лаборатории ветрового волнения ГОИН`а.

13.4 Волнограф-мареограф ГМУ-2

Донный волнограф-мареограф ГМУ-2 сконструирован в ЦКБ ГМП (НПО «Тайфун»). Прибор в режиме волнографа предназначен для регистрации параметров ветрового волнения и волновых спектров. Он применяется как в автономном, так и в кабельном варианте, и может устанавливаться на срок от нескольких часов до нескольких месяцев на дне моря, в толще воды на притопленном буе или на фиксированном основании. Таким основанием может быть морская платформа, причал и т.д. Прибор фиксируется в слое воды по глубине не превышающем половину длины волны. Волнограф может работать непрерывно, а может активироваться в заранее установленные сроки (как правило, каждые 3 часа). Прибор пригоден для любой акватории, исключая зону обрушения волн. Волнограф обеспечивает регистрацию высот волн в диапазоне от 0,1 до 20 м и периодов волн от 1 до 25 с.

Действие прибора основано на том, что волновые пульсации давления от поверхности проникают в толщу моря, где они могут регистрироваться датчиком давления. Глубже половины длины волны пульсации давления практически не проникают, поэтому прибор следует устанавливать выше. Волнограф измеряет величину давления с установленной частотой (как правило, 2 или 4 гц) и записывает показания на твердотельную память. По записям продолжительности порядка 10 минут может быть рассчитан спектр пульсаций волнового давления, который в свою очередь может быть пересчитан в энергетический спектр волнения. Знание моментов энергетического спектра позволяет определить три важнейших параметра ветрового волнения: среднюю высоту волн, средний период волн, среднюю длину волн.

Волнограф ГМУ-2 состоит из измерительного модуля (МИ) и регистратора информации (РИ). В комплект прибора входит программное обеспечение для персонального компьютера, которое считывает массив данных из регистратора РИ; представляет массив данных в виде таблицы, графика; осуществляет прием данных в режиме реального времени (работа без регистратора).

Периодичность измерений задается пользователем. Предполагаются следующая периодичность измерений: 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 мин. Продолжительность измерений в режиме волнографа составляет от 1 до 16 мин в зависимости от характера решаемых задач.

В режиме 5 минутной дискретности запись и хранение данных (уровень, температура, пульсации давления, дата, время) на энергонезависимую память может осуществляться в течение 6 месяцев.

Требования к электропитанию:

1. – для модуля МИ напряжение 6-9В, потребляемый ток 8 мА;

2. – для регистратора РИ напряжение 9-15В (от аккумулятора или сетевого блока питания), потребляемый ток 25 мА.

Масса и габариты:

Модуль МИ имеет следующие габариты: диаметр - 5 см, высота - 23,5 см; вес - 1.5 кг.
Модуль РИ: 180×250×64 мм; вес модуля – 0,5 кг.

Условия эксплуатации:

Для модуля МИ температура воды не выше +40° С. Для модуля РИ температура воздуха от –20 до +60° С .

Способы использования

Применяются три варианта использования прибора. Первый в автономном режиме с записью информации в энергонезависимую память и последующим считыванием в персональный компьютер. Второй и третий варианты предполагают передачу информации по кабелю на береговую аппаратуру в режиме он-лайн. Во втором варианте получаемая информация отображается на РИ, записывается в память регистратора РИ и далее считывается в персональный компьютер (Рис.13.1). Третий вариант подразумевает непосредственный ввод данных в персональный компьютер.

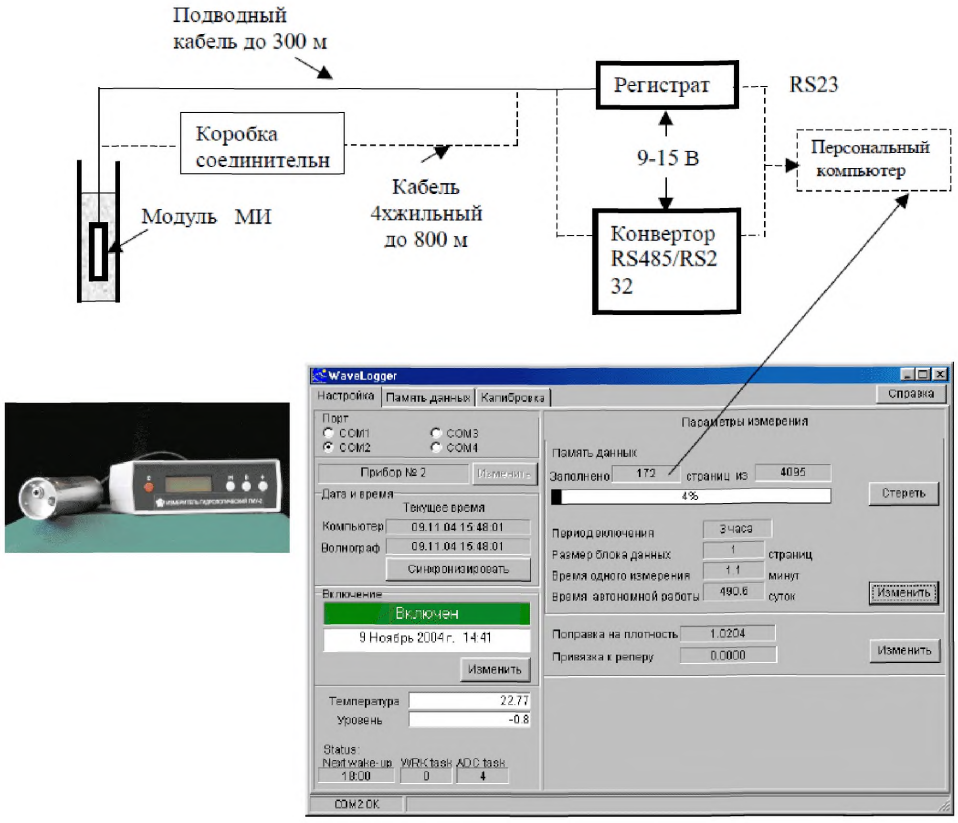


Рис.13.1 Вариант применения прибора с отображением получаемой информации на РИ, записью в память регистратора РИ и последующим считыванием в персональный компьютер. Внизу в левом углу рисунка изображен прибор ГМУ-2, состоящий из МИ (цилиндр) и РИ (прямоугольная коробка)

Работа с волнографом

Волнограф жестко фиксируется к месту крепления скобами, чтобы исключить смещение во время сильного шторма. Прибор не должен располагаться глубже половины длины измеряемой волны и не должен осушаться при прохождении наиболее глубокой ложбины волны. Поэтому, рекомендуемая глубина фиксации прибора в слое от 5 до 15 м.

Меры безопасности и подготовка к работе.

К работам по эксплуатации изделия допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности. Перед началом работ необходимо ознакомиться с руководством по его эксплуатации. Измерители относятся к классу III по ГОСТ 12.2.007.0–75 (работа при безопасном сверхнизком напряжении). Используемый внешний источник питания, преобразующий более высокое напряжение в безопасное 12 В, должен иметь сертификат электробезопасности. При транспортировке прибора нельзя допускать механических повреждений.

Перед началом работ на компьютер следует установить программу GMU2, скопировав ее с дискеты в отдельный каталог. Дискета предоставляется производителем в комплекте с прибором. Следующий этап - внешний осмотр модуля на отсутствие механических повреждений и загрязнений. Регистратор подключается к источнику питания (например, сетевому адаптеру «~ 220В/12В») и к персональному компьютеру. Далее следует соединить составные части измерителя согласно схеме соединений и запустить программу GMU2. Схема соединений и порядок выполнения операций программы приведены в инструкции к прибору.

Перед установкой проверяют исправность измерителя, проводят контроль его метрологических характеристик. Контроль канала измерения гидростатического давления

проводится путем погружения жестко закрепленного на тросе или рее измерительного модуля в колодец или емкость с водой поочередно на два уровня с известным изменением глубины.

Обработка результатов измерений

За каждый срок измерения на твердотельной памяти накапливается массив ординат пульсаций давления *X*. Пример такого массива приведен на Рис.13.2 Число ординат для одной волнограммы *N* равно произведению продолжительности измерения в секундах и частоты измерения в герцах. Например, для измерения продолжительностью 10 минут с частотой 2 гц *N*=1200.

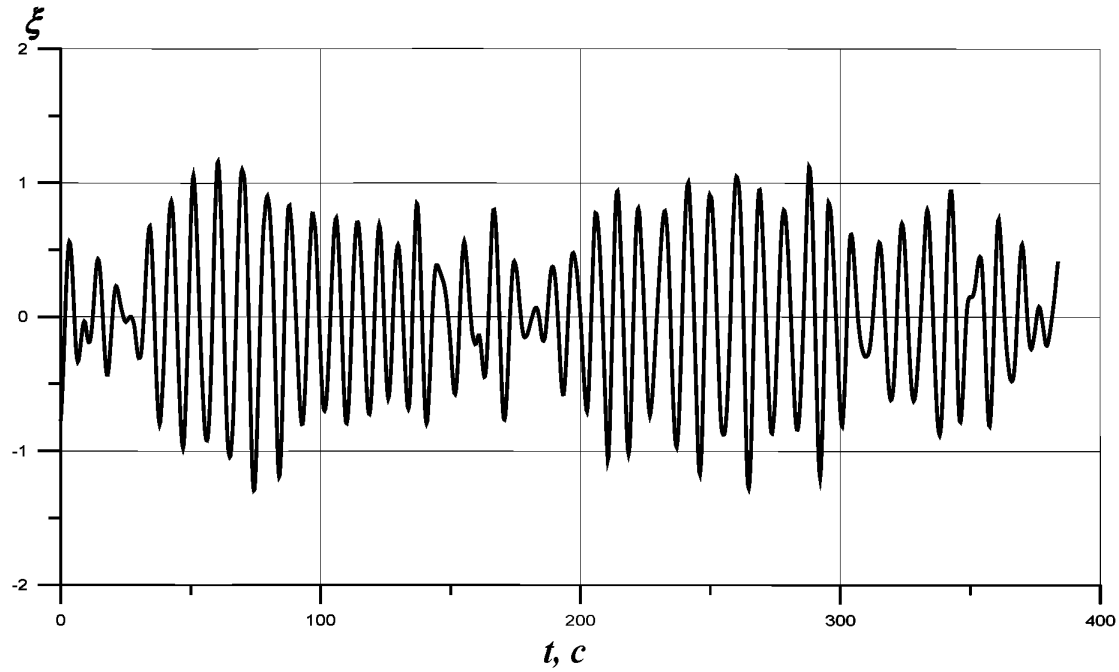


Рис.13.2 Запись пульсаций давления (*ξ*, **метры водяного столба**) за время *t*.

Важным этапом при обработке результатов измерений является вычисление спектральной плотности пульсаций давления *P*.

Сначала выполняется контроль вводимой числовой информации. Малые случайные ошибки в массиве данных не оказывают существенного влияния на вычисление корреляционной функции и спектральной плотности, в то время как несколько или даже одна грубая ошибка заметно сказывается на результате расчета. Грубые ошибки ввода отсеивают следующим образом. Первоначально вычисляется дисперсия процесса σ^2:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2, \text{ где } \bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i,$$

X_i - текущее значение ординат волновых возвышений.

Далее проверяется выходит ли за пределы $\Omega = 5\sigma$ каждая ордината волновых возвышений из общего числа ординат. Если такой выброс обнаружен, то сомнительная ордината заменяется на исправленную. Вычисление нового значения производится путем линейной интерполяции между двумя соседними с ошибочным значениями ординат. После применения описанной выше процедуры исходные данные волновых возвышений считаются подготовленными для дальнейшей статистической обработки.

Перед спектральным анализом следует провести подавление высокочастотного и низкочастотного шумов. Многолетний опыт обработки рядов пульсаций давления показал надежность метода вычисления спектральной плотности на основании теоремы Винера-Хинчина как преобразование Фурье от соответствующей корреляционной функции.

При переходе от спектра пульсаций давления к энергетическому спектру S выделяются два случая:

1. для волнографа, расположенного на дне ($z=d$, z – глубина места) имеем:

$$S(\omega)=\frac{k^2}{\rho^2\omega^4}sh^2(kd)P(\omega),$$

где ω - частота, k – волновое число, ρ - плотность морской воды.

2.для волнографа, закрепленного на свае или притопленном буе в достаточно глубоководном районе ($kd\to\infty$),

$$S(\omega)=\frac{1}{(\rho g)^2}\exp\left(\frac{2\omega^2 z}{g}\right)P(\omega),$$

g – ускорение свободного падения

Полученный в результате преобразований спектр S, приведен на Рис. 13.3.

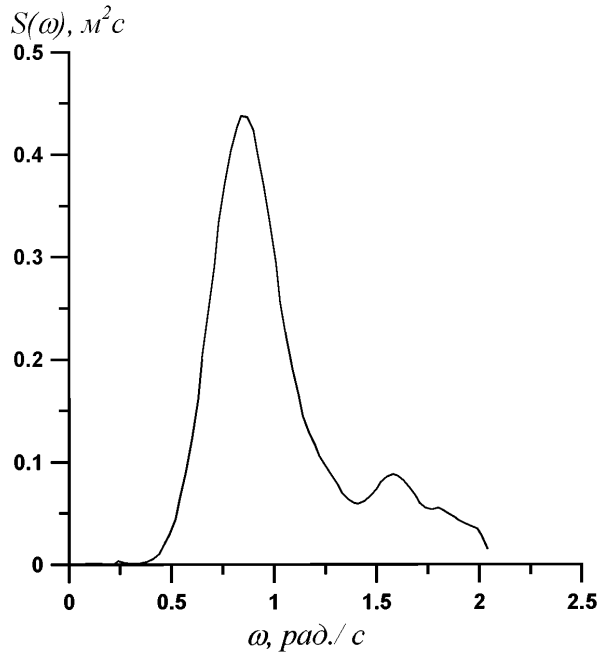


Рис.13.3 Энергетический спектр пульсаций давления

На основании моментов $\left(m_i=\int_0^\infty S(\omega)\omega^i d\omega\right)$ частотного спектра определяют три важнейших параметра ветрового волнения: среднюю высоту волн $\bar{h}$, средний период волн $\bar{\tau}$, среднюю длину волн $\bar{L}$. Напомним, что для глубокой воды

$$\bar{h}=\sqrt{2\pi m_0},$$

где m_0 – нулевой момент частотного спектра. Средний период $\bar{\tau}$ определяется через моменты частотного спектра как интервал времени между пересечениями при опускании уровня средней линии реализации:

$$\bar{\tau}=2\pi\sqrt{\frac{\mathbf{m_0}}{\mathbf{m_2}}}.$$

Здесь m_0 и m_2 – нулевой и второй моменты частотного спектра, соответственно. При расчете средней длины волны $\bar{\lambda}$ используется формула:

$$\bar{\lambda} = \frac{g\bar{\tau}^2}{2\pi} th \frac{2\pi d}{\bar{\lambda}}.$$

Таким образом, рассчитываются параметры волнения за каждый срок измерений. На Рис. 13.4. представлена реализация средней высоты волнения по двухмесячному ряду наблюдений.

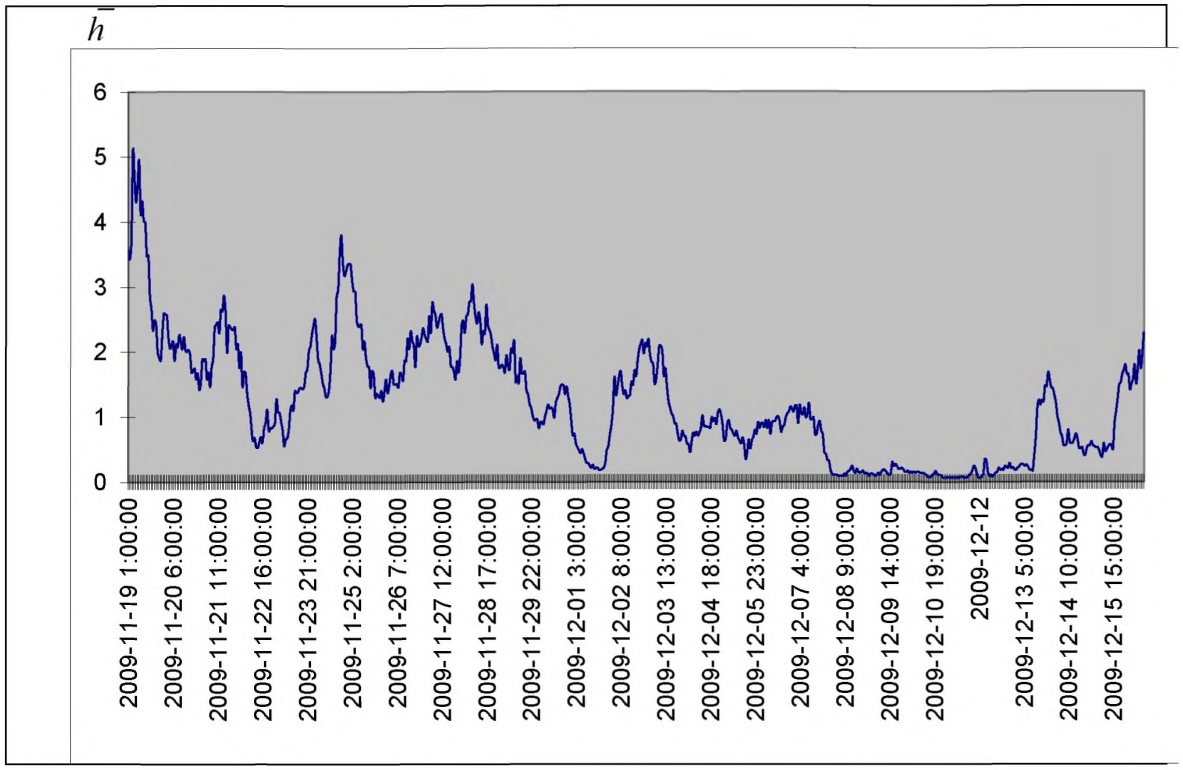


Рис. 13.4 Временной ряд средних высот волн

Обработка результатов измерений проводится с помощью пакета прикладных программ. Пакет прикладных программ написан на языке VisualBasic 6.0 в лаборатории ветрового волнения ГОИН`а (OSWINDOWS). Алгоритм приведен на Рис.13.5.



Рис. 13.5

Для адаптации информации, накопленной на твердотельной памяти каждого измерителя волнения, к унифицированной программе обработки предусмотрена функция Options (Рис. 13.6).

Блок адаптации позволяет выполнить следующие операции:

–указать директорию и файл с исходной информацией;

– ввести глубину места и заглубление прибора;

– указать расположение данных давления в записи;

– ввести дату и срок начала и конца записи;

– указать характер записи (интервал между измерениями, продолжительность и частоту измерений);

– ввести соотношение между размерностью давления прибора и размерностью программы обработки (метры водяного столба).

После каждой серии измерений определяется формула для приведения размерности давления к применяемой в программе обработки (метры водяного столба). Для расчета этой формулы используются тарировки измерителей, выполняемые поставщиком оборудования.

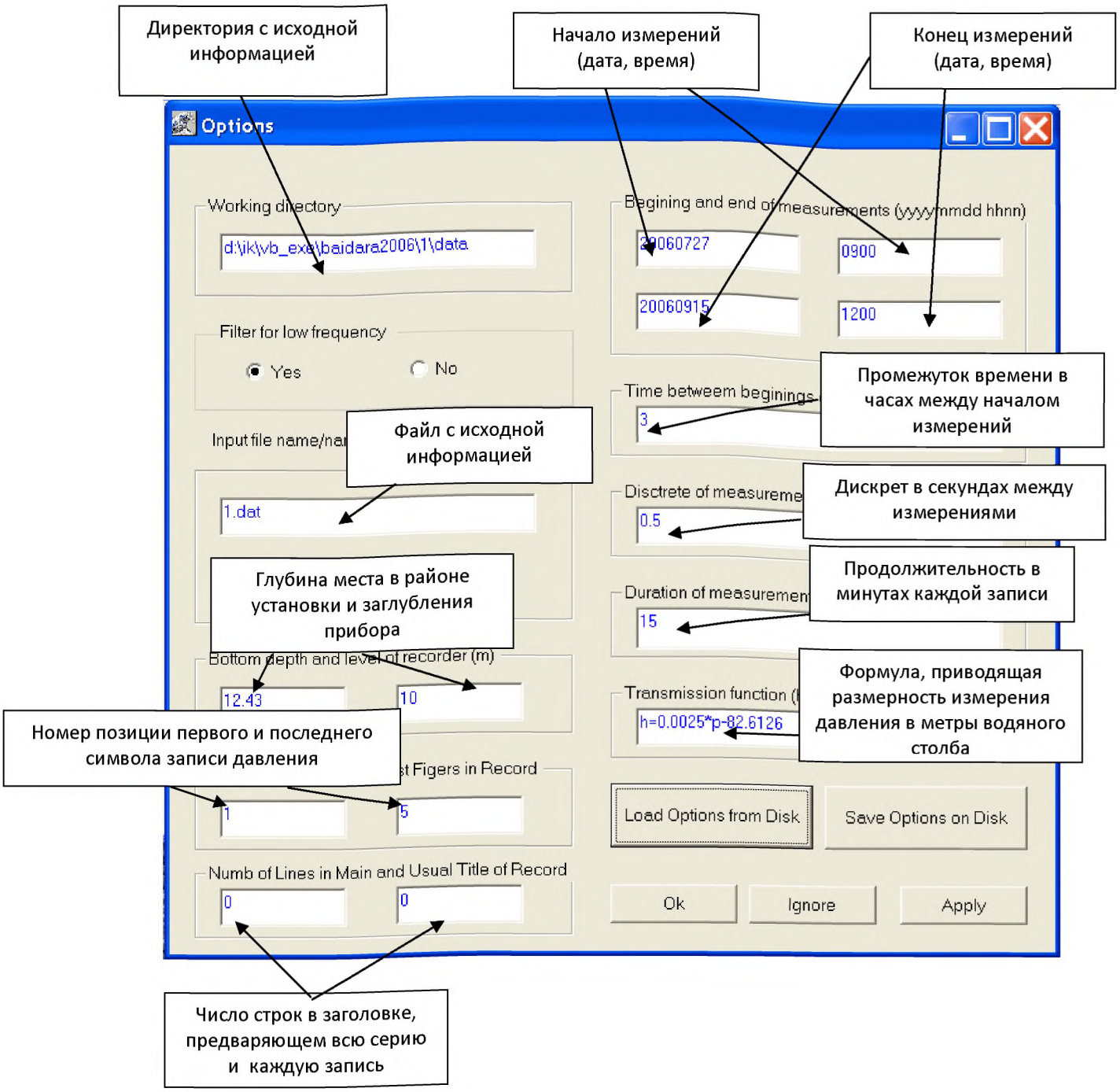


Рис. 13.6 Блок адаптации Options измерителей волнения к технологии обработки измерений с указанием конкретных функции всех окон.

Графическое представление измеренных статистических величин ветрового волнения осуществляется с помощь функции Visualization (Рис. 13.7).

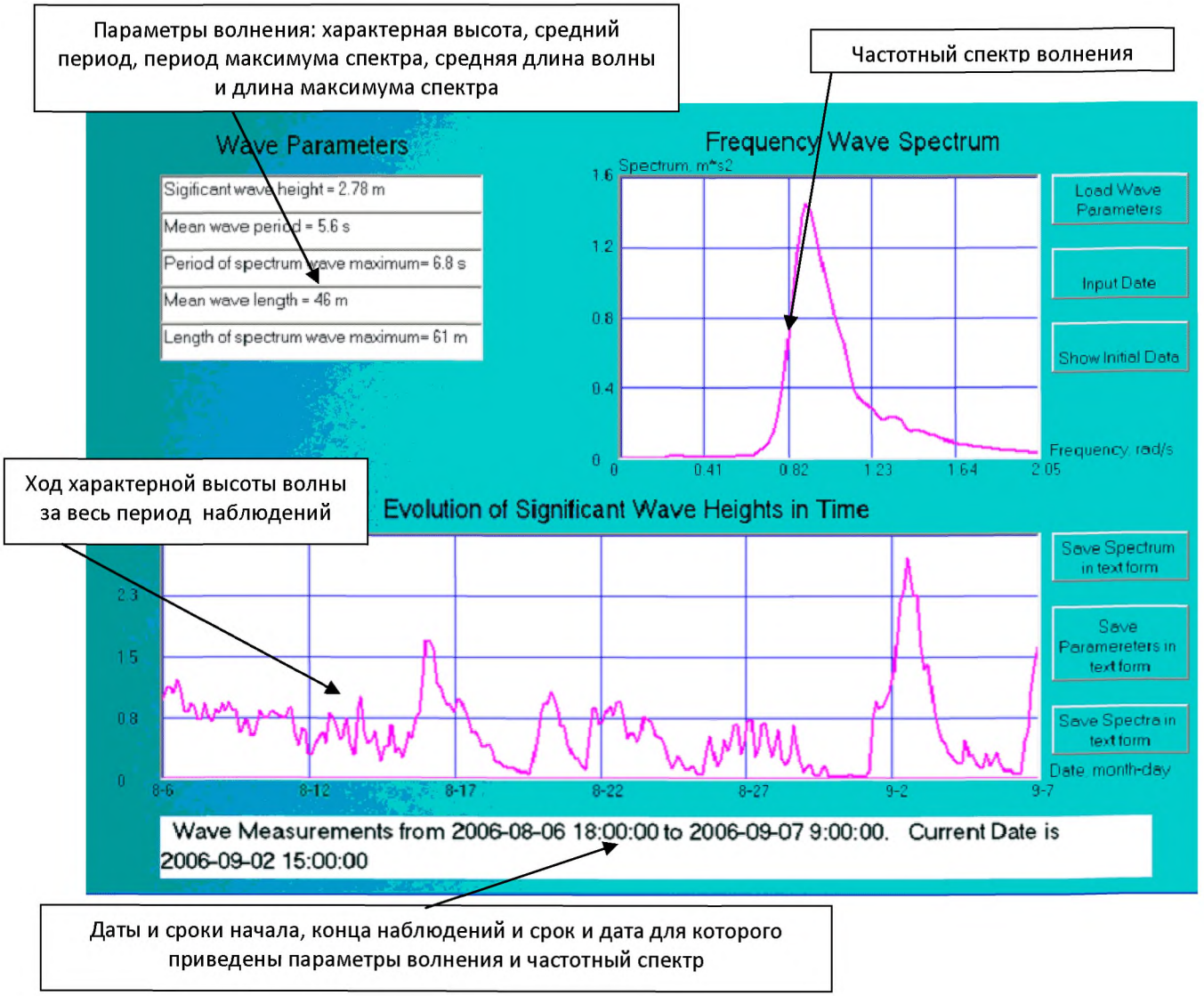


Рис. 13.7 Графическое представление файла измеренных статистических величин ветрового волнения

Для представления в текстовом формате рассчитанных статистических величин ветрового волнения предусмотрен файл parameters.txt (Таблица 13.1).

Таблица 13.1

Фрагмент текстового файла измеренных статистических величин волнения parameters.txt

parameters - Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

```
Date;Significant Wave Heights, m;Mean Wave Period, s;Period of Spectrum Ma
 2006-08-06 18:00:00; 1.01; 4.14; 3.8; 26.81; 22.58
 2006-08-06 21:00:00; 1.13; 4.15; 4.29; 26.87; 28.68
 2006-08-07; 1.15; 4.19; 4.58; 27.45; 32.19
 2006-08-07 3:00:00; 1.08; 4.1; 4.09; 26.18; 26.13
 2006-08-07 6:00:00; 1.24; 4.24; 4.29; 28.06; 28.68
 2006-08-07 9:00:00; 1.09; 4.18; 4.15; 27.27; 26.94
 2006-08-07 12:00:00; .86; 4.15; 4.5; 26.94; 31.2
 2006-08-07 15:00:00; .84; 3.94; 3.51; 24.21; 19.2
 2006-08-07 18:00:00; .95; 3.92; 3.91; 23.96; 23.91
 2006-08-07 21:00:00; .92; 3.88; 3.86; 23.46; 23.23
 2006-08-08; .75; 3.75; 3.8; 21.92; 22.58
 2006-08-08 3:00:00; .77; 3.69; 3.7; 21.27; 21.36
 2006-08-08 6:00:00; .95; 3.84; 4.15; 22.98; 26.94
 2006-08-08 9:00:00; .81; 3.72; 3.8; 21.61; 22.58
 2006-08-08 12:00:00; .72; 3.66; 3.51; 20.91; 19.2
 2006-08-08 15:00:00; .87; 3.76; 3.97; 22.02; 24.61
 2006-08-08 18:00:00; .82; 3.7; 3.86; 21.35; 23.23
 2006-08-08 21:00:00; .95; 3.83; 4.15; 22.91; 26.94
 2006-08-09; .86; 3.92; 4.5; 23.97; 31.2
 2006-08-09 3:00:00; .96; 3.86; 3.86; 23.3; 23.23
 2006-08-09 6:00:00; .87; 3.74; 3.97; 21.9; 24.61
 2006-08-09 9:00:00; .85; 3.74; 3.97; 21.83; 24.61
 2006-08-09 12:00:00; .58; 3.67; 4.15; 21.08; 26.94
 2006-08-09 15:00:00; .61; 3.65; 3.6; 20.8; 20.23
 2006-08-09 18:00:00; .74; 3.63; 3.97; 20.52; 24.61
 2006-08-09 21:00:00; .55; 3.64; 3.18; 20.74; 15.75
 2006-08-10; .55; 3.6; 3.21; 20.23; 16.13
 2006-08-10 3:00:00; .66; 3.81; 3.97; 22.72; 24.61
 2006-08-10 6:00:00; .85; 3.81; 3.7; 22.62; 21.36
 2006-08-10 9:00:00; .75; 3.67; 3.75; 21.09; 21.96
 2006-08-10 12:00:00; .76; 3.8; 3.7; 22.5; 21.36
```

В данный текстовый файл за каждый срок измерения выводятся 5 статистических характеристик ветрового волнения в следующем порядке:

– характерная высота волны (м);

– средний период (с);

– период максимума в спектре (с);

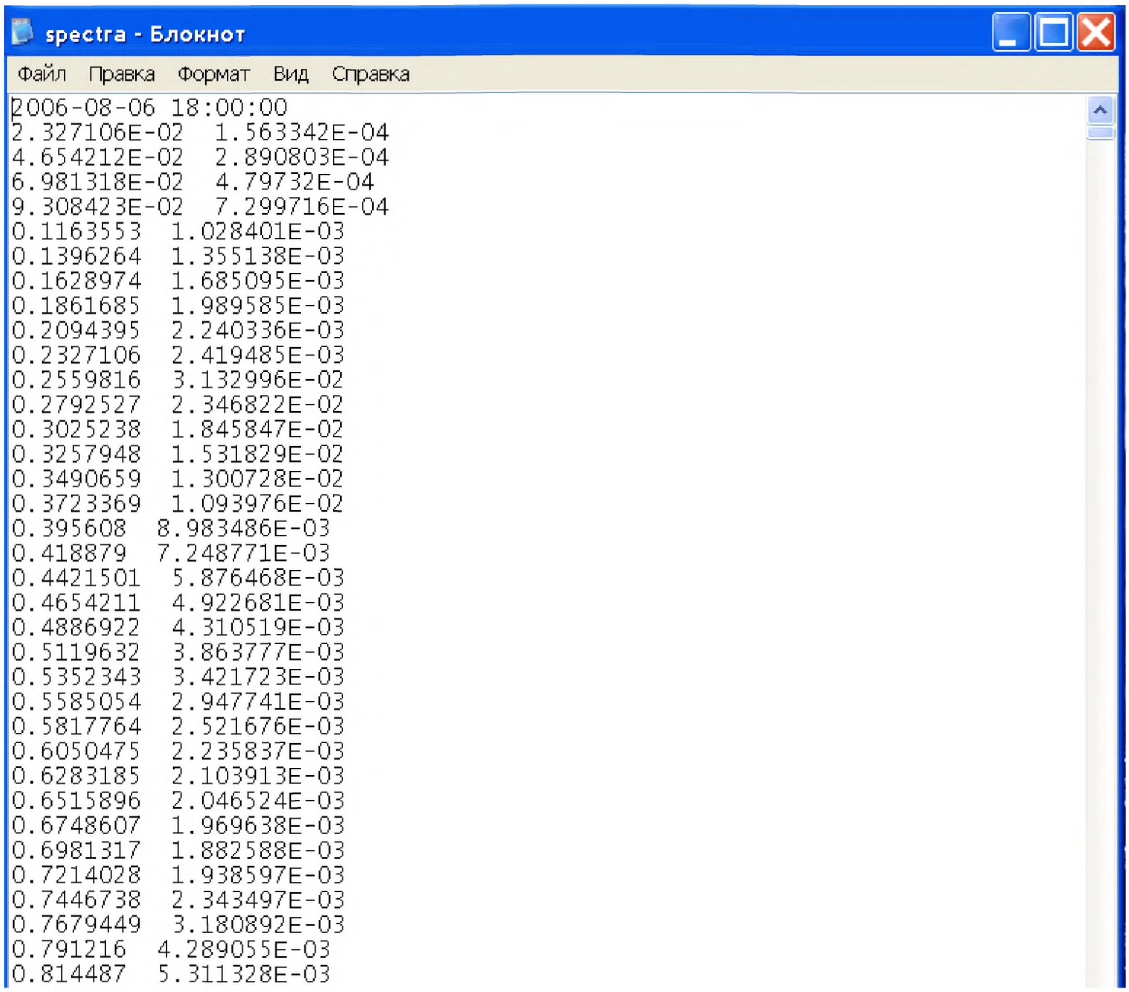
– средняя длина волны (м);

– длина волны максимума в спектре (м).

Для представления в текстовом формате рассчитанных спектральных плотностей ветрового волнения предусмотрен файл spectra.txt, (Таблица 13.2)

Таблица 13.2

Фрагмент текстового файла измеренных спектральных плотностей волнения spectra.txt



Первая строка фрагмента - срок измерения. В левой колонке - частота (рад./с), в правой - спектральная плотность ($м^2с$).

В заключение этого раздела приводится описание трех приборов отечественного производства, позволяющие измерять параметры волнения в морях и океанах.

Измеритель гидрологический ГМУ-2

Изделие зарегистрировано в Госреестре средств измерений под номером 21088-04.

Выпускается по техническим условиям ИЛАН.416211.005 ТУ.

Назначение и область применения

Измерители гидрологические ГМУ-2 предназначены для измерений гидростатического давления и температуры воды.

Измерители ГМУ-2 применяются при гидрологических наблюдениях, а также для измерений гидростатического давления и температуры воды или слабоагрессивных жидкостей в скважинах, колодцах, резервуарах.

Описание

Измеритель ГМУ-2 состоит из модуля измерительного (МИ) и регистратора информации (РИ).

Модуль измерительный обеспечивает измерение гидростатического давления и температуры воды. Измеряемое давление воспринимается тензопреобразователем, измеряемая температура воспринимается платиновым термометром сопротивления. С помощью аналогово-цифрового преобразователя и микропроцессора выходные сигналы датчиков преобразуются в единицы измеряемого параметра (кПа,°С) в соответствии с индивидуальными градуировочными характеристиками. Информация (гидростатическое давление, температура, уровень) передается по интерфейсу RS-485.

Регистратор информации обеспечивает прием данных от модуля измерительного, накопление и хранение массива данных, индикацию информации на дисплее, считывание данных в персональный компьютер по интерфейсу RS-232.

Конструктивно модуль МИ выполен в герметичном корпусе. Электрическая связь МИ с внешним устройством осуществляется по четырехжильному кабелю с воздушным каналом.

Регистратор РИ выполнен в виде настольного переносного прибора. На лицевой панели расположены жидкокристаллический дисплей и кнопки управления режимами. На боковой панели расположены разъемы для подключения модуля МИ,внешнего энергопитания и персонального компьютера.

Измеритель гидрологический ГМУ-2 имеет три исполнения:

-ГМУ-2; ГМУ-2.01 - максимальная глубина погружения 25 м;

- ГМУ-2.02 - максимальная глубина погружения 250 м.

В состав измерителя ГМУ-2 входят модуль измерительный (МИ) и регистратор информации (РИ), в состав ГМУ-2.01 и ГМУ-2.02 - только модуль измерительный, работающий по командам внешнего устройства.

Измерители ГМУ-2.01,ГМУ-2.02 имеют модификацию ГМУ-2.01М, ГМУ-2.02М для измерений медленно изменяющихся давлений с частотой не более 1 Гц и амплитудой не более 0,1 МПа.

Основные технические характеристики

Диапазон измерений гидростатического давления (Р), кПа:

- ГМУ-2 и ГМУ-2.01 от 5 до 200;
- ГМУ-2.02 от 10 до 2500

Диапазон измерений температуры, ° С: от минус 5 до плюс 40

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений гидростатического давления в рабочих условиях, кПа:

- ГМУ-2 и ГМУ-2.01 $\pm <0,05 + 0,002Р)$
- ГМУ-2.02 $\pm (0,5 + 0,002Р)$

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в рабочих условиях,°С: ± 0,05

Напряжение питания, В (постоянного тока) 12 ± 2

Потребляемый ток, мА, не более:

- ГМУ-2: 50
- ГМУ-2.01 и ГМУ-2.02: 15

По устойчивости к климатическим воздействиям измерители гидрологические имеют исполнения:

- модуль измерительный - исполнение ОМ* категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре от минус 5 до плюс 40 °С;

- регистратор информации - исполнение УХЛ* категория размещения 3.1 по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре от плюс 1 до плюс 40 °С и относительной влажности до 85% при температуре 25 °С.

Средний срок службы, лет: не менее 8

Средняя наработка на отказ, ч: не менее 10000

Габаритные размеры, мм, не более:

- модуля измерительного	50 x 50 x 235
- регистратора информации	206 x 180 x 70
Масса, кг, не более:	
- модуля измерительного	1,5
- регистратора информации	1,0

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на лицевую панель прибора путем наклеивания и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность

В комплект поставки входят :

- модуль измерительный МИ	- 1 шт.
- регистратор информации РИ (для исполнения ГМУ-2)	- 1 шт.
- кабель	- 1 шт.
- руководство по эксплуатации	- 1 экз.
- формуляр	- 1 экз.
- программное обеспечение (диск)	- 1 шт.

Поверка

Поверка измерителей гидрологических ГМУ-2 производится по разделу 3 «Поверка» Руководства по эксплуатации ИЛАН.416211.005 РЭ, согласованного ВНИИМС в 2009 г.

Межповерочный интервал 1 год.

В перечень основного оборудования, необходимого для поверки измерителей гидрологических входят:

- термометр сопротивления платиновый эталонный 2 разряда типа ПТС-10М, погрешность ± 0,02 °С;
- установка поверочная УТТ-6ВМА, ТУ50.194.-80;
- манометр избыточного давления грузопоршневой МП- 2,5 (для ГМУ-2, ГМУ-2. 01) и МП-60 (для ГМУ-2.02) с верхним пределом измерения 0,25 (или 6,0) МПа, класс точности 0,05;
- термостат водяной прецизионный типа ТВП-6, диапазон температур от минус 10 до плюс 95°С;
- персональный компьютер типа IBM PC.

Нормативные и технические документы

ИЛАН.416211.005 ТУ «Измерители гидрологические ГМУ-2. Технические условия».

Заключение

Тип измерителей гидрологических утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при выпуске из производства и в эксплуатации согласно государственной поверочной схеме.

Изготовитель:

ЦКБ ГМП ГУ «НПО «Тайфун»
Юридический адрес: 249038, Калужская обл., г.Обнинск, пр.Ленина, д,82
Фактический адрес: 249039, Калужская обл., г.Обнинск, ул.Королева, 6
Тел/факс: (48439) 6-23-03/(48439) 6-44-53

13.5 Волнограф-мареограф АВМ-1

Производители:

ФГУП Опытно-Конструкторское Бюро Океанологической Техники РАН или Институт Океанологии РАН

Назначение волнографа мареографа АВМ-1 – измерение гидростатического давления в автономном режиме в прибрежной зоне морей на глубине до 15 м

Прибор включает:

Тензопреобразователь давления LHP- 121-0.25 производства АО «ОРЛЕКС» (ТУ 4212-137-00227459-96)

Аналого-цифровой преобразователь AD 7799

Микроконтроллер MSP30F169

Интерфейс RS-485

Энергонезависимый накопитель данных

Таймер

Автономный источник питания

Прочный коррозионн-стойкий корпус из полиэтилена марки ПНД

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Гидростатическое давление (Р гПа)

Диапазон .....от 50 до 1500 гПа (от 0,5 до 15 м)

Погрешность .....±(0,5 +0,002Р)гПа

Разрешающая способность.....0,1 гПа (1 мм)

Периодичность волновых сессий.....от 1-го до 24-х часов

Продолжительность волновых сессий .....от одной до 20 –ти минут

Дискретность измерений гидростатического давления в волновой сессии 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 с

Энергозависимая твердотельная память до 16 Мб

Время непрерывной работы в автономном режиме до 12 месяцев

Программное обеспечение

Пакет программ ГОИН-ИО РАН для операционных систем Windows 95/98/NT/2000/XP

Пакет программ обеспечивает задание режимов работы и считывание данных по интерфейсу RS-485

Электропитание

Автономный источник питания постоянного тока гиз трех элементов типа LR 20

Габаритные размеры и масса

Диаметр .....50 мм

Длина.....300мм

Масса.....1,0 кг

13.6 Автономный регистратор волнения АРВ-К



ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Автономный регистратор волнения кварцевый АРВ-К предназначен для автономного

наблюдения за волнением в открытом море. Регистратор волнения состоит из преобразователя давления и температуры кварцевого ПДТК-Р-МГ фирмы «КварцСенс», частотомера, полупроводниковой памяти с электронными часами и аккумуляторной батареи, помещённых в цилиндрический корпус из нержавеющей стали. Регистратор может иметь широкое применение, в частности для анализа за изменением рельефа прибрежного шельфа и разрушением кромки берега.

Возможности:

- Относится к гидрологическому оборудованию
- Имеет защиту от пресной и морской воды
- Полностью автономен в течении длительного времени (до 6 мес.)
- Высокая точность измерения давления

Технические и эксплуатационные характеристики

ПАРАМЕТРЫ		ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ЗАМЕЧАНИЯ				ВЕЛИЧИНЫ
		АРВ-К10	АРВ-К11	АРВ-К12	АРТ-К12	
Диапазон измерения давления (глубина погружения)		от 0.1 до 10.0; 1.0;...100.0	от 0.1 до 10.0; 1.0;...100.0	от 0.1 до 10.0; 1.0;...100.0	от 0.1 до 10.0; 1.0;...100.0	атм. водн.ст.
Диапазон рабочих температур		-4 … +40				°С
Точность по давлению		0.06	0.06(0.04)	0.06(0.04)	0.06(0.04)	%ВПИ'
Точность по температуре		± 0,3; ±0,1;или ±0,05				°С
Дополнительная температурная погрешность в рабочем диапазоне температур, которая компенсируется наличием температурного канала, не более		0.1 на 10°С				%
Разрешающая способность по давлению (уровню)		±0,0003 (0,2)				% ВПИ'(мм")
Разрешающая способность по температуре		± 0.005				°С
Связь с АРВ через RS-232 или USB						
Количество измерений в минуту	Канал давления	60			6	
	Канал температуры	6			60	
Напряжение питания		12				В
Потребляемый ток не более		10	10 (2.5)	10 (2.5)	10 (2.5)	мА
Габаритные размеры		ø310 x 633	ø310 x 522	ø195 x 416	ø195 x 416	мм
Масса не более (без аккумулятора)		21.00 (1.0"')	16.5	7.0	7.0	кг
Рекомендуемый источник питания		DT(м)265	DT(м)240	DT(м)1207 [7 Ah] ""	DT(м)1207 [7 Ah] ""	

	[65 Ah]	[65 Ah]	DT(м)12045 [4.5 Ah]	DT(м)12045 [4.5 Ah]	
Время автономной работы с рекомендуемым источником питания	180	120 (180)	30(120)	30(120)	дней
Гарантийный срок эксплуатации со дня ввода преобразователя в эксплуатацию при соблюдении условий и правил его эксплуатации, хранения и транспортирования	3				лет

ВПИ' - верхний предел измерения
мм" - мм водного столба при погружении на 100 м
"' - масса ПДТК в зависимости от ёмкости и конструкции аккумулятора. Габаритные размеры генераторного отсека могут быть уменьшены.
"" - Рекомендуемый источник питания - Аккумуляторная батарея DT-1207

Глава 14. Измерение оптических характеристик морской воды и светового поля в море

14.1 Введение

Оптические свойства морской воды в основном зависят от двух факторов: от концентрации растворенных органических и неорганических веществ и от содержания в ней взвешенного вещества (частиц). Распределение растворенных и взвешенных веществ связано с динамическими условиями в изучаемой акватории (течения, ветровые сгоны, вынос рек, эрозия берегов и континентального шельфа и т.д.).

Для определения концентрации некоторых растворенных веществ наиболее информативной оптической характеристикой является показатель ослабления (или поглощения) в ультрафиолетовой области спектра (но не менее 350 нм, чтобы избежать влияния нитратов).

Растворенные органические соединения в морской воде составляют в среднем 0.001, 0.005% и в оптическом отношении более активны. Значительную часть растворенного органического вещества составляет т.н. «желтое вещество», которое образуется как в открытом море, так и в реках.

Помимо растворенного вещества, морская вода содержит большое количество взвешенных частиц минерального и органического происхождения. Минеральные частицы в основном заносятся в океан реками и ветрами с континентов. Органические частицы возникают непосредственно в океане – это фитопланктон, зоопланктон, детрит. Для поверхностных вод в открытых районах океана количество взвешенных частиц составляет $1\div2\cdot10^8$ частиц/л, а их массовая концентрация достигает 0.2÷0.3 мг/л. В наиболее прозрачных водах количество частиц на порядок меньше – $0.2\div0.5\cdot10^8$ частиц/л. По размерам преобладают частицы радиусом 0.2÷1 мкм, они составляют 90÷98% от общего числа взвеси. Для качественной и количественной оценки растворенных в воде веществ, а также взвешенных частиц необходимо измерять, по крайней мере, следующие гидрооптические характеристики:

– прозрачность и цвет слоя воды;

– спектральный показатель ослабления направленного света

$$\varepsilon\lambda = \frac{ld\Phi_{\lambda\varepsilon}}{\Phi_\lambda dl},$$

где Φ_λ – монохроматический поток на входе в элементарный слой; $\Phi_{\lambda\varepsilon}$ – поток излучения, поглощенный и рассеянный в элементарном слое; dl – толщина элементарного слоя;

– спектральный показатель рассеяния

$$\sigma = -\frac{l}{\Phi}\frac{d\Phi_\sigma}{dl},$$

где $d\Phi_\sigma$ – поток излучения, рассеянный в элементарном слое;

– спектральный показатель поглощения

$$k = \frac{ld\Phi_k}{\Phi dl},$$

где $d\Phi_k$ – поток излучения, поглощенный в элементарном слое;

– индикатрису рассеяния

$$X_\lambda(\gamma) = 4\pi \frac{\sigma_\lambda(\gamma)}{\sigma_\lambda}.$$

Измерение характеристик светового поля (яркость, облученность, биолюминесценция и т.д.) в фотической зоне позволяет оценивать биологическую продуктивность водной среды, которая дает информацию о степени загрязнения водоема, т.к. фито- и зоопланктон очень чувствительны к различного рода загрязняющим и отравляющим веществам.

Оптические характеристики вод часто оказываются полезными для решения задач гидрологии, динамики вод, процессов образования и переноса осадков. В некоторых случаях они позволяют детализировать картину распределения и движения вод, больше чем это позволяют традиционные методы.

Простейшие способы изучения оптических свойств морских вод – определение прозрачности с помощью регистрации глубины исчезновения белого диска-прозрачномера и оценка цвета воды по шкале цветности, хотя и не потеряли полностью своего значения, однако ни в коей мере не могут удовлетворять современным требованиям. Эти характеристики дают лишь грубую качественную характеристику оптических свойств поверхностного слоя воды, но не дают возможности для их количественного определения.

Сейчас имеется достаточно широкая номенклатура приборов, производимых отечественными и зарубежными фирмами, которые позволяют измерять и регистрировать оптические характеристики воды in situ.

14.2 Визуальный метод определения относительной прозрачности и цвета морской воды с помощью белого диска (ДБ) и шкалы цветности (ШЦВ)

Ограничения метода. Метод применим для океанических, морских и речных вод во всех районах Мирового океана. Ограничения метода определяются: условиями видимости (наблюдения производятся только в светлое время суток); условиями прозрачности вод (измерения невозможно провести, когда относительная прозрачность вод превышает глубину моря – просматривается дно); - гидрометеорологическими условиями (ошибка измерений превышает необходимую точность метода при волнении моря более 4 балла - высота волн более 1,5 м).

Термины, определения и сокращения. Физическая (истинная) прозрачность обусловливается процессами поглощения и рассеяния света в морской воде и определяется по интенсивности ослабления света в море.

Под относительной прозрачностью в океанографии понимают глубину погружения белого диска (диаметром 300 мм), на которой диск перестает быть видимым с поверхности моря.

Диск «Секки» – прибор (белый диск диаметром 300 мм) служащий для наблюдений за относительной прозрачностью моря и названный диском «Секки» в честь морского исследователя Секки, выполнившего многочисленные наблюдения в 1865 г. в Средиземном море.

Диск белый ДБ – белый диск диаметром 300 мм - конструктивная модификация прибора Диск «Секки».

Шкала цветности ШЦВ – набор из 22 запаянных пронумерованных пробирок, содержащих растворы с постепенным переходом от темно-синего (типичный цвет океанской воды) до коричневого цвета (болотная вода). Вследствие плавного перехода цветов шкалы от одного оттенка к другому почти всем цветовым оттенкам, встречающимся при наблюдении цвета

морской воды, соответствуют два номера пробирок ШЦВ, отличающиеся между собой большей или меньшей интенсивностью данного цвета.

Принципы применения метода. Метод основан на принципе визуальных наблюдений за исчезновением видимости стандартного белого диска (диаметром 300 мм) при погружении его в морскую среду на глубину и появлением его видимости при подъеме на поверхность. При этом, производится регистрация глубины на которой находится белый диск в момент исчезновения и появления его видимости. Цвет морской воды определяется при помощи сравнения с эталонными образцами на фоне белого диска ДБ, погруженного на глубину, равную половине глубины видимости диска.

Приборы, оборудование и материалы:

–Диск белый ДБ, производится заводом ГМП, г. Сафоново (Россия).

–Шкала цветности ШЦВ.

–Стальной трос в силиконовой оболочке диаметром 4 мм с разметкой через 10 см и длиной 30 м.

–Прикладной угломер.

–Океанографическая лебедка со счетчиком длины вытравленного троса, стационарно установленная на судне.

–Рабочий журнал.

Подготовка прибора. Проверка исправности диска ДБ заключается в следующем:

Производится визуальный осмотр: диск должен быть плоским, не иметь на поверхности раковин, вмятин и других механических дефектов; окраска диска должна быть ярко-белого цвета, без желтых пятен ржавчины, лежать ровным слоем и не иметь потеков и пузырей; груз-поддон должен быть окрашен черной краской; латунная направляющая трубка не должна быть погнутой и должна легко входить в отверстия груза и диска.

При конструкции диска с тросовым зажимом, проверяется работа механического зажима, который должен легко работать под действием усилия рук и обеспечивать удержание диска на тросе без применения дополнительных приспособлений.

При креплении диска к вертикально опущенному тросу диск должен находится строго в горизонтальном положении.

Проверка троса заключается в визуальном осмотре его состояния и разметки. Трос не должен иметь разрывов силиконового покрытия, а также загибов и колышек. Разметка троса должна быть хорошо видна, должна иметь отличительные марки, соответствующие метрам, а также кратные пяти и десяти метрам.

Визуальная проверка технического состояния диска и размеченного троса производятся перед каждым проведением серии наблюдений или перед проведением экспедиции. Контрольная проверка разметки троса осуществляется с помощью стальной мерной ленты длиной 5-10 м при выявленных дефектах, а также перед проведением экспедиции или серии наблюдений.

При обнаружении дефектов в окраске диска, его покраска производится цинковыми белилами или белой матовой эмалевой краской.

Перед выходом в экспедицию следует сравнивать рабочую ШЦВ с контрольной. Срок годности шкалы – 2 года со дня выдачи поверочного свидетельства, периодичность поверок – не реже одного раза в 6 месяцев.

Разметка троса. Разметка троса осуществляется с помощью стальной мерной ленты длиной 5-10 м. На конце троса устанавливается капроновая марка соответствующая месту установки тросового зажима для крепления диска и далее на расстоянии соответствующем толщине груза-поддона вторая марка, которая соответствует поверхности диска. Далее разметка производится через каждые 10 см, от марки соответствующей поверхности диска. Значения метров, а также кратных пяти и десяти метров маркируются отличительными знаками, соответственно.

Подготовка прибора к измерению. При проведении наблюдений за относительной прозрачностью морской воды с помощью размеченного троса, начало троса необходимо пропустить через латунную трубку, находящуюся в центре диска и на месте первой марки установить тросовый зажим. При этом вторая марка должна соответствовать поверхности диска.

При проведении наблюдений с помощью океанографической лебедки оборудованной счетчиком длины вытравленного троса, трос пропускается в специальный радиальный вырез белого диска и крепится зажимным устройством, находящимся в центре диска. При этом зажимное устройство должно находиться под диском.

Хранение прибора. Диск белый ДБ и размеченный трос после производства наблюдений промываются пресной водой, протираются насухо и хранятся в специальной деревянной коробке-футляре. Шкала цветности ШЦВ хранится в темном сухом и прохладном месте, так как цветные растворы не отличаются большой устойчивостью и со временем обесцвечиваются. Трос укладывается в бухту или наматывается на специальную катушку.

14.3. Определение относительной прозрачности морской воды

Условия наблюдений. Наблюдения проводятся только в светлое время суток, при волнении моря не более 4 баллов (высота волн не более 1,5 м), с теневого борта судна или шлюпки. При производстве измерений относительной прозрачности и цвета моря глаза наблюдателя должны быть полностью защищены от действия прямого и отраженного солнечного света, а шкала обязательно должна быть помещена в тени.

Последовательность при наблюдениях за относительной прозрачностью и цветом моря с использованием океанографической лебедки со счетчиком длины вытравленного троса, диска белого и шкалы цветности моря:

–Опустить за борт на тросе лебедки концевой груз и погрузить в воду (приблизительно на 1 м);

–Закрепить прибор диск белый (ДБ) на тросе и опустить до уровня поверхности моря;

–Установить счетчик длины вытравленного троса на 0 «ноль»;

–Медленно опуская прибор диск белый ДБ на глубину, производить контроль его видимости;

–В момент исчезновения видимости диска белого (ДБ), прекратить погружение и снять отсчет со счетчика длины вытравленного троса. При наличии волнения моря, отсчет глубины погружения диска белого снимается в период прохождения гребня и подошвы волны. В этом случае на пределе видимости диска белого, попеременно опуская и поднимая его, снимают отсчеты длины вытравленного троса в моменты его исчезновения видимости при опускании на гребне и при опускании на ложбине волны. За глубину погружения принимается среднее значение из двух отсчетов;

–Провести в журнале запись глубины при исчезновении видимости диска белого;

–Опустить прибор диск белый ДБ глубже его видимости на 2 метра;

–Медленно поднимая прибор диск белый ДБ к поверхности моря, производить контроль его видимости;

–В момент появления видимости диска белого (ДБ), прекратить подъем и снять отсчет со счетчика длины вытравленного троса. При наличии волнения моря отсчет глубины снимается в период прохождения гребня и подошвы волны. В этом случае на пределе видимости диска белого, попеременно опуская и поднимая его, снимают отсчеты длины вытравленного троса в моменты появления его видимости при подъеме на гребне и при подъеме на ложбине волны. За глубину погружения принимается среднее значение из двух отсчетов;

–Провести в журнале запись глубины при появлении видимости диска белого;

–Приподнять диск белый к поверхности моря еще на 2 м (или на поверхность моря) и повторить описанные процедуры еще 2 раза, таким образом, чтобы было по 3 пары измерений глубины в моменты исчезновения и появления видимости диска белого, соответственно на погружении и на подъеме;

–Опустить диск белый на глубину, равную половине глубины его видимости, и произвести сравнение цвета морской воды на его фоне со шкалой цветности ШЦВ. Под пробирки шкалы при этом подкладывают лист белой бумаги. Найденный цвет воды обозначается в книжке наблюдений номером соответствующей пробирки. Если цвет воды одинаково подходит к цветам двух смежных пробирок или находится между ними, то записываются номера обеих пробирок.

–Не поднимая прибор диск белый к поверхности моря, произвести измерения угла наклона троса с помощью прикладного угломера и записать значение в журнале;

–Поднять прибор и концевой груз на борт плавсредства.

Обработка результатов наблюдений и форма представления конечных данных состоит из следующих операций:

– Вычисление среднего значения глубины по данным полученных наблюдений (3 показания видимости при опускании диска белого и 3 показания видимости при подъеме диска белого);

– Определение среднего значения истинной глубины видимости диска белого с учетом коэффициента длины вытравленного троса;

– Заполнение графы палубной книжки КГМ-6 «Прозрачность» на соответствующей станции наблюдений;

– Занесение значения относительной прозрачности морской воды в соответствующую графу таблицы гидрологических и гидрохимических наблюдений (форма ТГМ-3М);

– Таблица ТГМ-3М представляется в электронном виде и, после проведения критконтроля результатов наблюдений, сдается на магнитном носителе в Банк данных.

– Замечание: Принято, что полученные отсчеты глубины видимости белого диска не должны отличаться один от другого более чем на 5%.

Данная характеристика требует уточнения, так как при наличии волнения моря и малой относительной прозрачности (1-3 м) отмеченные условия трудно выполнимы.

Качество определений относительной прозрачности моря и цвета моря гарантируется следующим:

– Использованием стандартного диска белого (ДБ) диаметром 300 мм.

– Постоянным контролем состояния окраски диска белого и состояния разметки троса.

– Получением средней оценки из трех пар отсчетов при опускании и подъеме диска белого.

– Использованием шкалы цветности, прошедшей требуемого поверочным свидетельством регулярного сравнения с контрольной.

– Сравнительными определениями относительной прозрачности и цвета моря несколькими наблюдателями.

– Соблюдением методики на всех стадиях, от условий проведения наблюдений до получения конечного результата.

– Критическим контролем результатов наблюдений и обработки.

– Совместным анализом относительной прозрачности, цвета и солености вод, характерных для различные водных масс (приустьевых – распресненных, с большим содержанием взвеси, и центральных районов морей и океанов – соленых, с повышенной прозрачностью и характерным цветом воды).

– Сравнительным анализом полученных результатов с данными Банка данных.

Техника безопасности. Необходимо соблюдать общие требования техники безопасности при выполнении забортных и палубных работ на судне.

14.4 Измерение гидрооптических характеристик с помощью измерительных автоматизированных комплексов

Для решения задач оценки пространственного и временного распределения гидрооптических характеристик разработаны измерительные комплексы, в состав которых входят измерители

первичных и вторичных гидрооптических параметров.

В состав зондирующего гидролого-оптико-химического комплекса «Исток-6» входят измеритель спектрального показателя ослабления направленного света, измерители спектральной освещенности и измеритель биолюминесцентного излучения. Первые два измерителя разработаны на базе унифицированного фотоприемного устройства. Буксируемый измерительный комплекс «Галс-3» включает в себя измеритель спектрального показателя ослабления направленного света и измеритель флуоресценции.

Измеритель спектральной подводной освещенности (облученности) зонд «Исток-6» представляет собой двухканальный фотометр, в котором оптические сигналы опорного и измерительного каналов последовательно сравниваются на одном фотоприемнике. Прохождение электрических сигналов после фотоумножителя определяется структурой фотоприемного устройства с автоматическим выбором поддиапазона измерения и опорного источника излучения для стабилизации коэффициента усиления измерительного тракта. Стабилизация осуществляется по опорному световому потоку от термостатированного светодиода.

Оптический блок состоит из коллектора (молочное стекло марки МС-13), наклеенного на защитный иллюминатор (марка К-18). После иллюминатора установлен цветной склеенный светофильтр с полосой $\Delta = 40$ нм в максимуме на $\lambda = 490$ нм. Этим светофильтром определяется спектральный участок измерения подводной облученности. Выделенный световой поток диаметром 15 мм попадает на волоконный фокон и сжимается до диаметра 2 мм. Сформированный таким образом световой поток поступает в узел модулятора. В диаметрально противоположное отверстие этого же узла модулятора по волоконно-оптическому жгуту поступает световой поток от светодиода.

Модулятор модулирует опорный и измерительный световые потоки на частоте 1.4 кГц. Эти модулированные световые потоки последовательно поступают на фотоприемник ФЭУ-100. Информация в виде двоичного последовательного кода поступает по кабелю в бортовое устройство. После расшифровки цифровой информации облученность вычисляется по формуле:

$$E = C_0 + C_1 N,$$

где C_0 и C_1– коэффициенты статической характеристики; N– цифровое значение десятичного кода.

Два старших разряда информационного слова обозначают номер поддиапазона измерения. При переключении поддиапазона в бортовом устройстве автоматически учитываются необходимые коэффициенты.

При измерениях облученности на зонде «Исток-6» устанавливаются два измерителя: для восходящей облученности на раме зонда иллюминатором вниз, и для нисходящей облученности – на кассете батометров иллюминатором вверх.

Измеритель спектрального показателя ослабления направленного света. Оптическая схема измерителя построена по принципу двухканального автоколлимационного фотометра с поочередным сравнением опорного и измерительного световых пучков на одном фотоприемнике. При этом опорный световой поток не выходит в исследуемую среду. Источник света – лампа накаливания создает световой поток, который осветительной системой разделяется на измерительный и опорный. Для формирования параллельного измерительного пучка используется объектив с фокусным расстоянием $f = 180$ мм. Опорный пучок от источника к фотоприемнику передается с помощью световодов и в исследуемую среду не входит. Оптическая база измерителя расположена вдоль прочного корпуса для уменьшения габаритов прибора. Электрическая схема обеспечивает измерение логарифма отношения измерительного и опорного сигналов. Динамический диапазон измерения датчика составляет 60 (от 0.01 до 0.6 $м^{-1}$). При таком изменении входного сигнала фотоумножитель обеспечивает линейное преобразование в электрический сигнал с погрешностью не хуже 1% без изменения анодной чувствительности.

Сравнение на одном фотоприемнике измерительного и опорного световых потоков от одного

источника и реализация логарифма отношения этих двух пропорциональных электрических сигналов позволяют уменьшить нестабильности потока лампы, а также нестабильности фотоприемника на выходной сигнал.

Для измерителей первичных оптических характеристик insitu рассеянный свет, поступающий на ФЭУ, можно разделить на две составляющие: от источника самого прибора и от внешних источников.

Основным и практически единственным внешним источником при измерениях insitu является Солнце, поэтому вторая составляющая присутствует в основном в поверхностных слоях до глубины примерно 200 м. Свет от внешних источников не модулирован, и поэтому его воздействие только смещает рабочую точку по световой характеристике ФЭУ, а измерительный сигнал зависит только от амплитуды модулированного светового потока. Таким образом, модуляция выходящего из прибора в исследуемую среду светового потока позволяет значительно уменьшить влияние второй составляющей на измерительный электрический сигнал.

Конструкция измерителя спектрального показателя ослабления позволяет использовать его как в зондирующем варианте со своим прочным корпусом, так и в буксируемом, устанавливая его в прочный корпус носителя.

Буксируемый прозрачномер «Галс-3», кроме гидрологических каналов (температура и давление), имеет унифицированное фотоприемное устройство, обладающее следующими техническими характеристиками:

– спектральный диапазон – 424 нм;
– диапазон измерения показателя ослабления – 0.02÷0.6 $м^{-1}$;
– диапазон измерения температуры – 2÷36 °С;
– диапазон измерения давления – 0÷5 МПа;
– напряжение и частота питания – 220 В, 50 Гц;
– потребляемая мощность – 110 Вт;
– скорость буксировки – не более 15 узлов.

Метрология гидрооптических измерений на настоящем этапе развития измерительной техники не обеспечивает гидрооптические приборы образцовыми средствами поверки. Отсутствуют поверочные схемы аттестации гидрооптических измерителей. Это создает большие трудности при сопоставлении результатов наблюдений, выполненных различными приборами, а также при определении абсолютных значений характеристик.

В настоящее время оптические измерители градуируют на воздухе и полученные коэффициенты статических характеристик без изменения применяют для водной среды. Большое значение поэтому имеет стабильность характеристик измерителей.

Особенности эксплуатации зондов со встроенными гидрооптическими измерителями. В экспедиционных условиях на измерители, кроме временного фактора, воздействуют механические и климатические, которые приводят к изменению статической характеристики. Основными дестабилизирующими факторами при эксплуатации измерительных приборов с гидрооптическими датчиками являются изменяющаяся температура окружающей среды и возможное загрязнение их иллюминаторов. Влияние изменения напряжения питания сказывается в меньшей степени, так как современные стабилизаторы напряжения обеспечивают высокий коэффициент стабилизации при изменении напряжения на ±(10÷15)%. В условиях эксплуатации температура на палубе судна (исключая экстремальные случаи работ в полярных районах Мирового океана) находится в пределах от -10 до +40°С. При этом, внутри работающего прибора температура ниже +5°С, как правило, не опускается, а при погружении в воду температура внутри корпуса не поднимается выше 35°С. Указанный диапазон температур является вполне приемлемым для удовлетворительной работы современных измерителей гидрооптических характеристик, и главной заботой обслуживающего персонала является бережное отношение к погружаемому устройству при спускоподъемных операциях и установке его на штатное место хранения, а также своевременное устранение воздействия разнообразных загрязнителей

световых коллекторов (иллюминаторов), в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. Как правило, протирка иллюминаторов производится спиртово-эфирной смесью.

Правила техники безопасности при проведении забортных работ по измерению гидрооптических характеристик с помощью зондов-прозрачномеров аналогичны тем, которые соблюдаются при работах с СТД-зондами.

14.5 Новые приборы и технологии в области морской оптики

В этом разделе представлено описание судового аппаратурного комплекса для обеспечения измерений важнейших оптических характеристик океана и атмосферы (спектральная яркость восходящего излучения, вертикальное распределение показателей ослабления, рассеяния и поглощения морской воды, температура, поверхностная облученность), необходимых для верификации алгоритмов обработки данных спутниковых сканеров цвета, включая непрерывные измерения на ходу судна спектров флуоресценции растворенного органического вещества и нефтепродуктов.

Полноценный мониторинг состояния Мирового океана и процессов, происходящих в его верхнем слое, невозможен без использования спутниковых измерений, позволяющих осуществлять долговременные квазинепрерывные наблюдения, охватывающие весь океан. Однако полноценный мониторинг также невозможен посредством лишь одних спутниковых наблюдений, поскольку спутниковые датчики измеряют некоторые косвенные характеристики и для расчета по спутниковым данным физических, биологических и других характеристик океана нужно использовать специальные алгоритмы, требующие верификации по данным натурных измерений в различных океанологических и гидрометеорологических условиях.

Наиболее эффективная система мониторинга основана на сочетании спутниковых и других видов измерений, в частности, судовых. Судовой оптический комплекс позволяет решить две основные задачи:

- проводить измерения важнейших характеристик океана и атмосферы, необходимых для верификации алгоритмов обработки данных спутниковых сканеров цвета;
- обеспечить получение достоверной информации о пространственном распределении и изменчивости био-оптических и атмосферно-оптических характеристик.

14.6 Плавающий спектрорадиометр для измерения спектральной яркости восходящего излучения под поверхностью моря и поверхностной спектральной облученности

Прибор предназначен для измерения в надир абсолютных значений спектральной яркости излучения, выходящего из водной толщи, непосредственно под поверхностью моря и спектральной облученности, создаваемой на поверхности моря падающим солнечным излучением (прямым и рассеянным). Эти измерения необходимы для определения так называемой «нормализованной яркости восходящего излучения», важнейшей характеристики для верификации алгоритмов обработки данных спутниковых сканеров цвета, включая оценку эффективности атмосферной коррекции и био-оптических алгоритмов.

Точное измерение нормализованной яркости в натурных условиях – трудная проблема из-за поверхностного волнения, возможного влияния корпуса судна, изменчивости облачности. Большая часть этих трудностей, особенно сильно проявляющихся при измерении яркости восходящего излучения над поверхностью воды, устраняется при измерениях с помощью плавающего прибора, у которого иллюминатор канала яркости моря погружен под поверхность воды на небольшую глубину. Отпадает, в частности, необходимость в канале, регистрирующем яркость небосвода; измерения могут проводиться на достаточно большом удалении от судна, благодаря чему полностью устраняется влияние его корпуса. Плавающий спектрорадиометр позволяет получить более качественные данные, по сравнению с палубным прибором, при плохих погодных условиях, но он требует остановки судна для работы в дрейфе.

Описание блок-схемы

Блок-схема прибора показана на Рис.14.1. Солнечное излучение падает на косинусный диффузный рассеиватель (1), а излучение, диффузно рассеянное морской водой, в объектив канала яркости (2), погружённый под поверхность. Оба излучения оптическим коммутатором (3) направляются в монохроматор и диспергированное излучение попадает на фотоприемное устройство. Блок электроники состоит из контроллера, АЦП, памяти и интерфейсов обмена. Двигатель (4) вращает модулятор, разделяющий каналы во времени. Двигатель (8) качает дифракционную решётку монохроматора (5) через кулачок и осуществляет сканирование по длине волны. Датчик длины волны (6) связан с контроллером блока электроники (10) который управляет двигателем сканирования (8).

Сигналы с фотоприёмного устройства (7) и синхросигналы с модулятора коммутатора (3) , а также сигналы датчиков крена и дифферента и температуры попадают в контроллер и регистрируются в памяти.

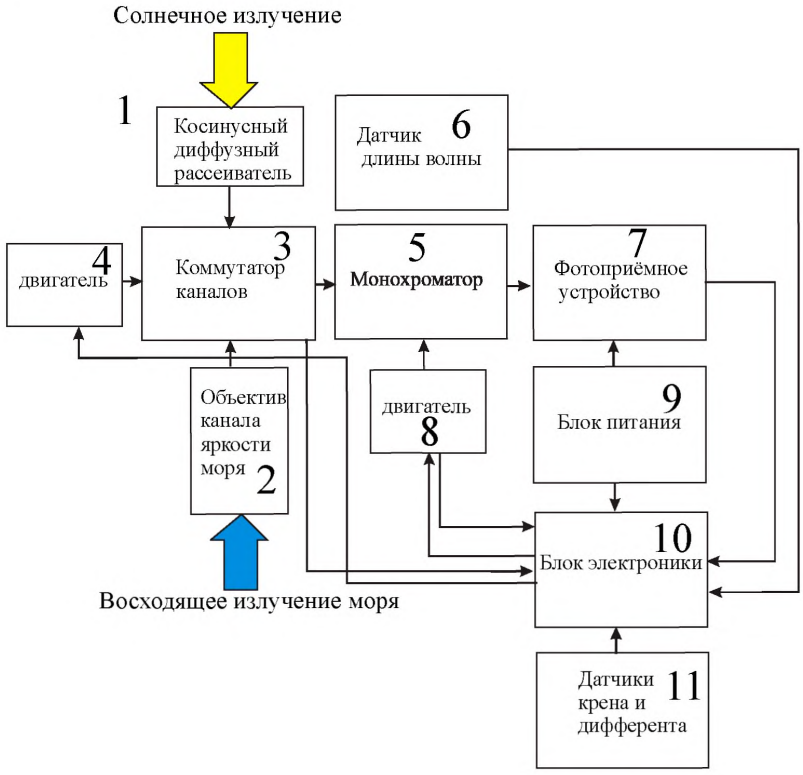


Рис.14.1 Блок схема судового измерителя яркости моря

Оптическая схема

Оптическая схема прибора представлена на Рис.14.2.

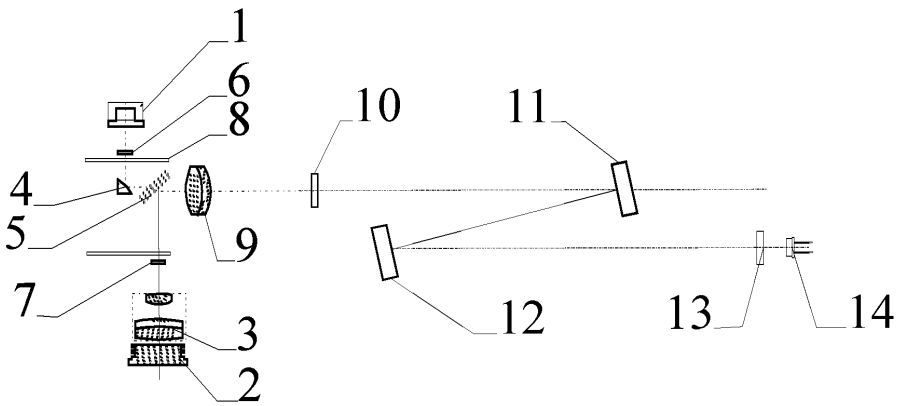


Рис.14.2 Оптическая схема судового измерителя яркости моря.

Иллюминатор (2) изготовлен из полиметилметакрилата с коэффициентом пропускания больше 85% в диапазоне длин волн 390 ÷ 700 нм и предназначен для герметизации прибора и защиты объектива. Объектив (3) фокусирует излучение, прошедшее через его апертурную диафрагму, на щели (6). Диаметр входного окна не более 33 мм. Фокусное расстояние 50 мм. Светосила 1:1,5. Косинусный рассеиватель (1) обеспечивает пропорциональность сигнала от излучения, падающего на наружную поверхность рассеивателя под произвольным углом, косинусу угла падения. Конструкция из корпуса и двух оптических элементов позволяет получить характеристику, близкую к косинусу, до угла падения 85°.

Призма АР-90 (4) служит для поворота излучения по оси монохроматора. Отражающее покрытие обеспечивается напылением алюминия с коэффициентом отражения 0.95. Полупрозрачное зеркало (5) служит для сведения на ось входной щели монохроматора изображений щелей (2, 6). Диафрагмы (6, 7) служат для формирования излучения, передаваемого на входную щель монохроматора и защиты от рассеяного света.

Модулятор (8) служит для разделения сигналов на фотоприёмнике и выделения темнового сигнала, вычитаемого аппаратно.

Объектив (9) формирует изображение диафрагм (2, 6) косинусного коллектора и объектива канала яркости на входной щели монохроматора (10). Ее размер определяет светосилу монохроматора и спектральное разрешение.

Коллимирующее сферическое зеркало (11) с фокусным расстоянием 420 мм изготовлено из легкого крона ЛК-5, ЛК-7, отшлифовано и покрыто алюминием вакуумным способом. Дифракционная решетка (12) имеет 300 штрихов на 1 мм. Максимум отражающей способности решетки выбран таким образом, чтобы выровнять аппаратную функцию и уменьшить погрешности на краях.

Выходная щель (13) согласована с входной щелью и обеспечивает спектральное разрешение и оптимальную светосилу.

Фотоприемник (14) преобразует диспергированное излучение в электрические сигналы; термостабилизирован для избежания дрейфа.

Конструкция

Корпус прибора представляет собой цилиндрический герметичный контейнер с выступающим герметичным корпусом объектива на боковой образующей и рассеивающим косинусным коллектором с диаметрально противоположной стороны. Контейнер укреплен на катамаране с положительной плавучестью. Плавучесть катамарана осуществляется пластиковыми бутылками. Регулировкой плавучести добиваются погружения корпуса канала яркости под поверхность воды. Питание прибора осуществляется аккумуляторами, передача информации через оптический канал на заднем торце прибора.

Корпус прибора состоит из двух частей: корпуса монохроматора и коммутатора каналов. Последний составляет основу конструкции – на нём консольно крепится корпус монохроматора и устанавливаются корпуса коллектора канала облученности и объектива канала яркости, а также герметизирующие элементы - корпус и крышка.

Основной узел прибора - монохроматор, осуществляющий выделение узкого спектрального участка излучения и фокусировку его на фотоприемнике. Регистрация сигналов всего видимого спектра, необходимая для работы с любым спутниковым сканером может происходить параллельно или последовательно. Выбрана последовательная схема. Монохроматор состоит из двух сборочных единиц и двух деталей.

Стол дифракционной решётки (Рис.14.3) служит для юстировки монохроматора и поворота решётки для сканирования по спектру. Для юстировки решётки предусмотрены поворот её в вертикальной и горизонтальной плоскостях, независимо от поворота сканирования и передвижение по оси монохроматора для фокусировки спектра на выходной щели монохроматора. Сканирование осуществляется кулачковым механизмом. Скорость шагового двигателя может регулироваться, и соответственно изменяться время измерения спектра.

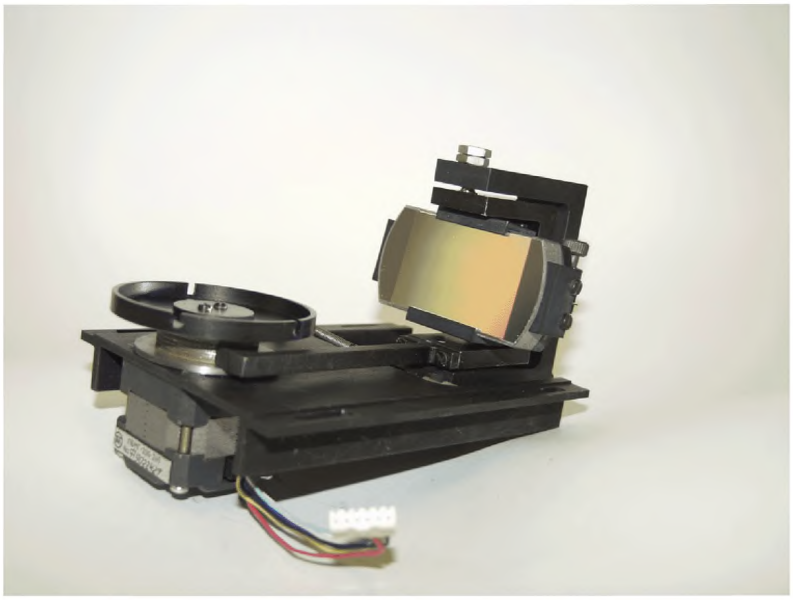


Рис.14.3 Стол дифракционной решётки с решёткой и шаговым двигателем

При последовательной регистрации участков спектра подвижный элемент должен воспроизводить свое положение от спектра к спектру без изменений. При схемах с реверсом сканирующего элемента возникают большие ускорения при реверсе, что отрицательно сказывается на устойчивости сканирующего элемента и повышает износ механических приводов сканирования и контроля положения. Поэтому выбрана схема с кулачковым механизмом. Шаговый двигатель вращается в одну сторону, кулачок с поверхностью в форме спирали толкает кронштейн решётки, пружина замыкает пару. Минимальный радиус кулачка 11 мм. Прирост радиуса на 1 угловой градус поворота 0.03 мм. Максимальный радиус 20 мм. Рабочий ход при спектральном сканировании 300°. Холостой ход для возврата решётки 60°. Для сканирования видимого диапазона при линейной дисперсии решётки 13.3 нм/мм и фокусном расстоянии 250 мм необходим ход спирали кулачка 7.9 мм, что укладывается в наш диапазон. Поворотное устройство дифракционной решетки показано на Рис.14.4.

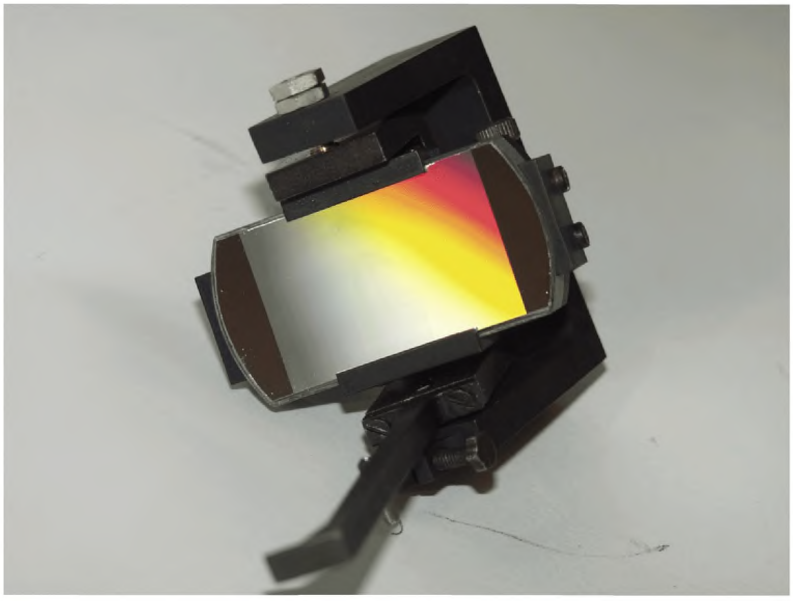


Рис.14.4 Поворотное устройство дифракционной решётки

Стол объектива служит для установки коллимирующего объектива в нужном геометрическом положении относительно решётки и тонкой юстировки объектива. Движение стола вдоль оси объектива обеспечивает установку в фокальной плоскости входной щели. Повороты в вертикальной и горизонтальной плоскости обеспечивают заполнение светового диаметра дифракционной решетки. Вид стола коллимирующего объектива после сборки деталей и установки коллимирующего объектива показан на Рис.14.5.

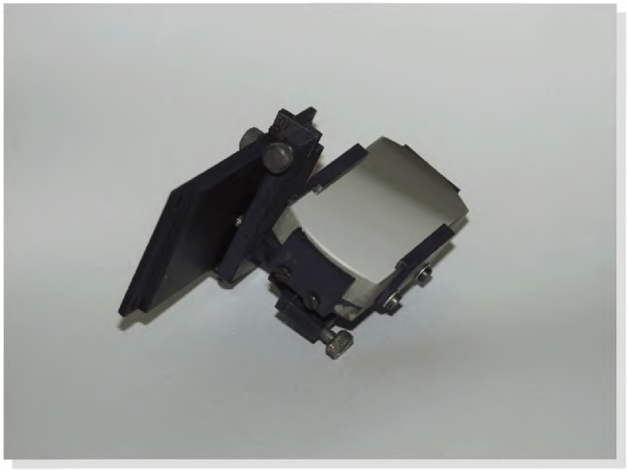


Рис.14.5 Стол коллимирующего объектива

Крышка корпуса монохроматора служит для соединения фотоприёмного устройства (ФПУ) с монохроматором. Эсцентричное отверстие для крепления корпуса ФПУ позволяет совместить оси фотоприёмника и решётки.

Коммутатор служит для сведения на одну оптическую ось оптических сигналов от коллектора облучённости и объектива канала яркости восходящего излучения и разделения их во

времени. Для повышения точности абсолютных измерений в приборе используется один фотоприёмник. Модулятор, находящийся в коммутаторе, разделяет во времени сигналы. Оптоэлектронные пары модулятора позволяют разделить при регистрации сигналы облучённости E, яркости моря B и отсутствия светового сигнала (темновой ток) T.

На корпусе коммутатора крепится диск и на нём корпус входной щели монохроматора. На цилиндре крепятся ножи входной щели. Юстировка осуществляется движением вдоль оси цилиндра по втулке.

Корпус объектива яркости восходящего излучения показан на Рис.14.6, а фотоприемное устройство (ФПУ) в сборе с радиатором и вентилятором – на Рис.14.7. ФПУ изготовлено на основе фотодиода Hamamatsu и операционного усилителя. Смонтировано в массивном металическом терморегулируемом корпусе с элементом Пельтье. Стабилизация температуры с точностью 0.5°C позволяет проводить относительные измерения с погрешностью 0.3%.



Рис.14.6 Корпус объектива яркости восходящего излучения



Рис.14.7 ФПУ в сборе с радиатором и вентилятором



Рис.14.8 Корзина электронных плат в сборе



Рис.14.9 Герморазъём кабеля с заглушкой в сборе.

Описание работы электронной части

Функциональная схема прибора и цифрового блока пульта управления показана на Рис.14.10.



Рис.14.10 Функциональная схема прибора и цифрового блока пульта управления

Посредством фотоприемного устройства регистрируется световой поток, получаемый через каналы яркости и облучённости, и преобразуется в электрический сигнал. Фотоприёмное состоит из фотодиода марки S1226 фирмы HAMAMATSU (Рис.14.11) и прецизионного операционного усилителя AD820 фирмы ANALOG DEVICES.

В связи с тем, что прибор должен работать в разных климатических условиях, для стабильной работы фотоприёмное устройство прибора затермостатировано. Термостат состоит из теплообменника, к которому, с одной стороны подключён фотодиод, а к другому – элемент «Пельтье», играющий роль, как нагревателя, так и охладителя фотодиода. Термостатом управляет микроконтроллер ATMega8 фирмы ATMEL. Датчиком температуры служит цифровой термометр DS1624, установленный рядом с фотодиодом и подключенным к микроконтроллеру.

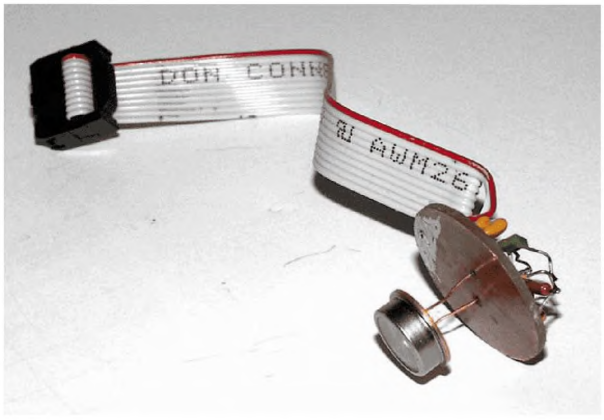


Рис.14.11 Фотодиод с прецизионным усилителем

14.7 Измеритель вертикального распределения показателя ослабления света (зонд-прозрачномер)

Прибор предназначен для измерения вертикальных распределений показателя ослабления и температуры в режиме непрерывного зондирования. Это основной прибор, обеспечивающий информацию о вертикальных профилях биооптических характеристик, поскольку вертикальное распределение показателя ослабления, как правило, хорошо отображает вертикальные распределения других оптических характеристик, а также концентрации взвеси и фитопланктона (в эвфотическом слое). Измерение вертикальных профилей показателя ослабления необходимо для получения информации о трехмерной пространственной структуре океанских вод, поскольку спутниковые данные ограничены лишь подповерхностным слоем.

Прибор предусматривает два режима работы: автономный (информация записывается на внутреннюю память и считывается в компьютер на борту судна по окончании зондирования) и режим измерения в реальном масштабе времени (информация в процессе зондирования передается на бортовой компьютер по кабелю или кабель-тросу). Питание прибора универсальное: от внутреннего источника или, при работе с кабелем, с пульта управления. Прибор обеспечивает регистрацию нескольких оптических сигналов, позволяющих определять показатель ослабления с заданной точностью, долговременной температурной и временной стабильностью. Для корректного определения абсолютных значений показателя ослабления в водах различной прозрачности предусмотрена возможность изменения оптической базы путем установки возвращающей триппель-призмы на расстоянии от 1 до 30 сантиметров.

Принцип работы прибора

В результате анализа различных вариантов конструкции прибора, выбор был сделан в пользу двухканальной оптической схемы с одним источником света и одним фотоприемником. Световой поток от источника света механическим модулятором поочередно направляется в опорный и измерительный каналы. На выходе фотоприемника формируется последовательность электрических импульсов, пропорциональных световым потокам в каналах. Основным преимуществом двухканальной оптической схемы является то, что при нормировке уровня сигнала измерительного канала на опорный, при расчете показателя ослабления, исключаются аппаратные функции источника света и фотоприемника. На практике это приводит к снижению требований к временной и температурной стабильности светового потока источника, и коэффициента преобразования светового потока в уровни выходных напряжений для фотоприемника. Основными факторами нестабильности работы остаются влияние температурного дрейфа темнового тока фотоприемника и влияние внешней засветки, вызванной попаданием, рассеянного морской водой света в измерительный канал.

Конструкция прибора

Прибор состоит из двух частей: погружаемого измерительного модуля (ИМ) и бортового - пульта управления (Рис.14.12). Информация с пульта управления через параллельный порт поступает в персональный компьютер, где производится ее окончательная обработка. Основным и наиболее сложным узлом измерительного модуля является оптико – электронный блок (ОЭБ).

В результате анализа различных вариантов конструкции ОЭБ, выбор был сделан в пользу двухканальной оптической схемы с одним источником света и одним фотоприемником. Световой поток от источника света механическим модулятором поочередно направляется в опорный и измерительный каналы. На выходе фотоприемника формируется последовательность электрических импульсов, пропорциональных световым потокам в каналах. Основным преимуществом двухканальной оптической схемы является то, что при нормировке уровня сигнала измерительного канала на опорный, при расчете показателя ослабления, исключаются аппаратные функции источника света и фотоприемника. На практике это приводит к снижению требований к временной и температурной стабильности светового потока источника, и коэффициента преобразования светового потока в уровни выходных напряжений для фотоприемника. Основными факторами нестабильности работы остаются влияние температурного дрейфа темнового тока фотоприемника и влияние внешней засветки, вызванной попаданием, рассеянного морской водой света в измерительный канал. Исследование их влияния на результаты измерений были проведены теоретически и промакетированы на оптическом стенде. В результате была разработана конструкция механического модулятора, позволяющая учитывать эти нестабильности при окончательной обработке сигналов оптических каналов. Таким образом, на выходе блока аналоговой обработки, вырабатываются четыре квазипостоянных сигнала с оптических каналов (опорного, измерительного, засветки и темнового). Кроме того, формируются аналоговые сигналы с датчиков температуры воды, глубины погружения, датчика разрежения (вакуума внутри прибора) и уровня заряда батарей автономного питания. Вышеперечисленные восемь аналоговых сигналов поступают на вход аналого-цифрового преобразователя и далее, после предварительной цифровой обработки, по кабелю на пульт управления или, при автономной работе, запоминаются на энергонезависимой памяти.

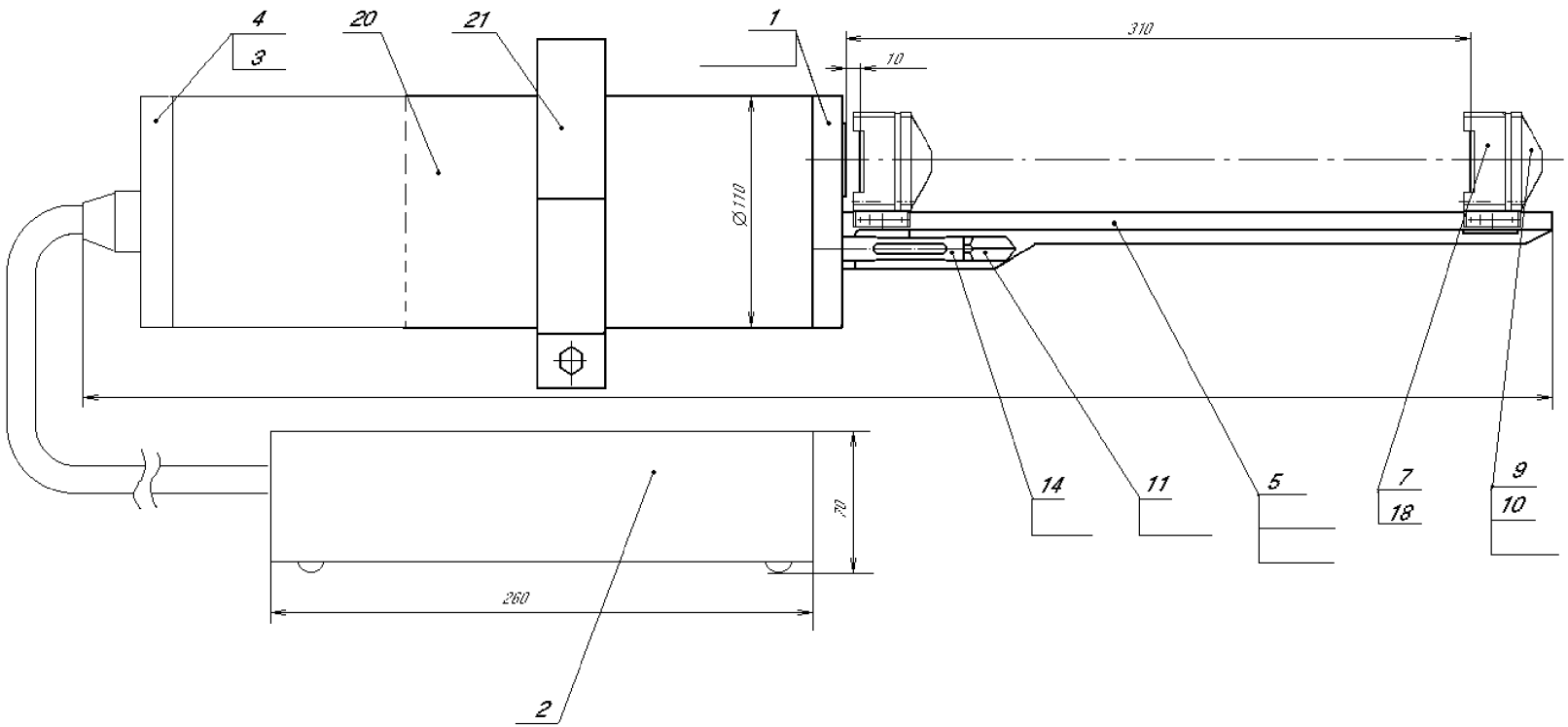
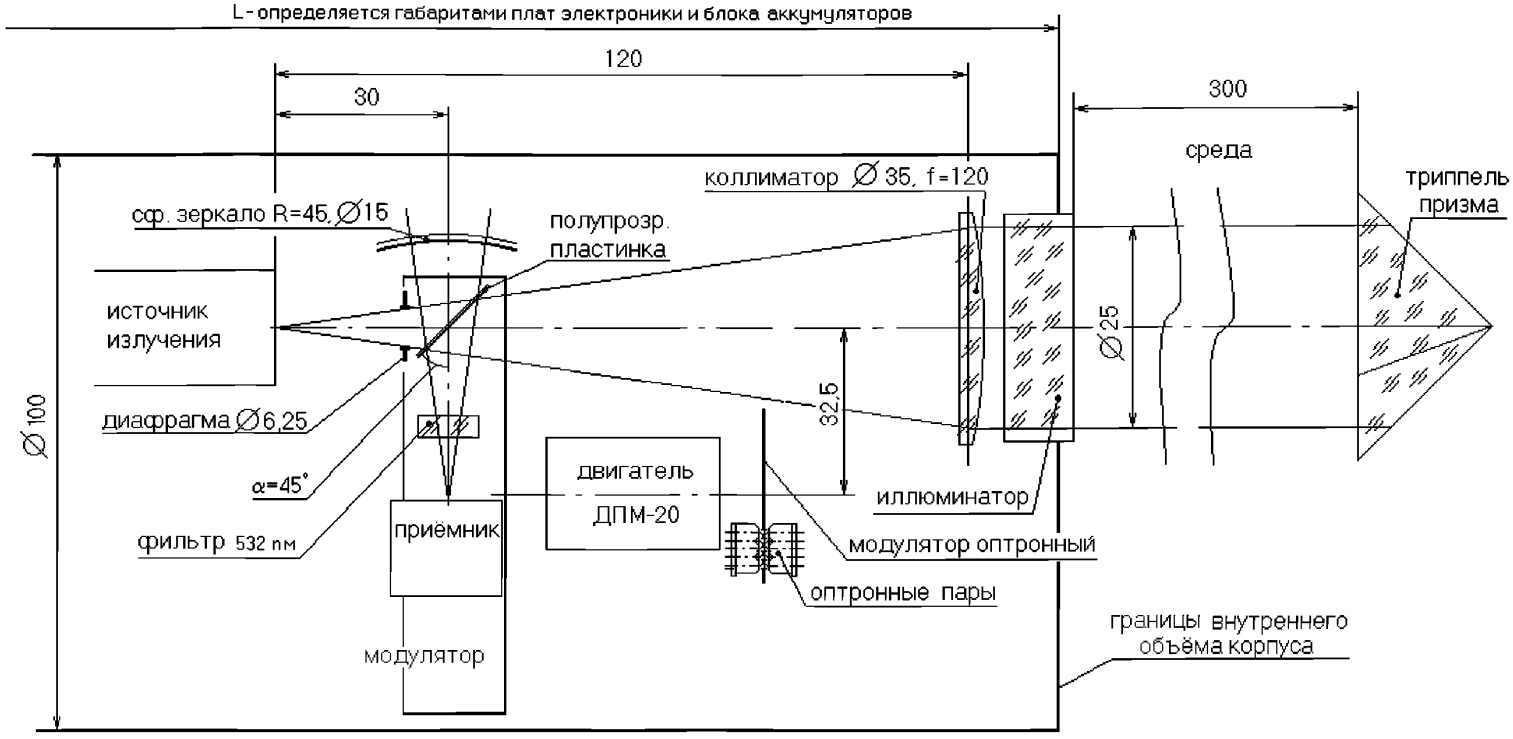


Рис.14.12 Сборочный чертеж измерителя вертикального распределения показателя ослабления света (зонда-прозрачномера).

20 – погружаемый измерительный модуль, 2 – пульт управления, 5 – штанга, 18 – триппель-призма.



1. Диаметры диафрагм на источнике излучения и на приёмнике - 0,6 и 1,2 мм, соответственно
2. Угол расходимости коллимированного пучка - 17,2'

Рис.14.13 Оптическая схема измерителя вертикального распределения показателя ослабления света (зонда-прозрачномера).

Оптическая схема

Оптическая схема приведена на Рис.14.13. В качестве источника света используется гиперяркий светодиод фирмы «Корветт-Лайтс» с линзой Френеля, создающей на длине волны 520 нм пучок, яркостью 240 кандел и расходимостью 3°. Размер светящегося тела 10х10мм. Оптическая схема источника излучения приведена на Рис.14.14

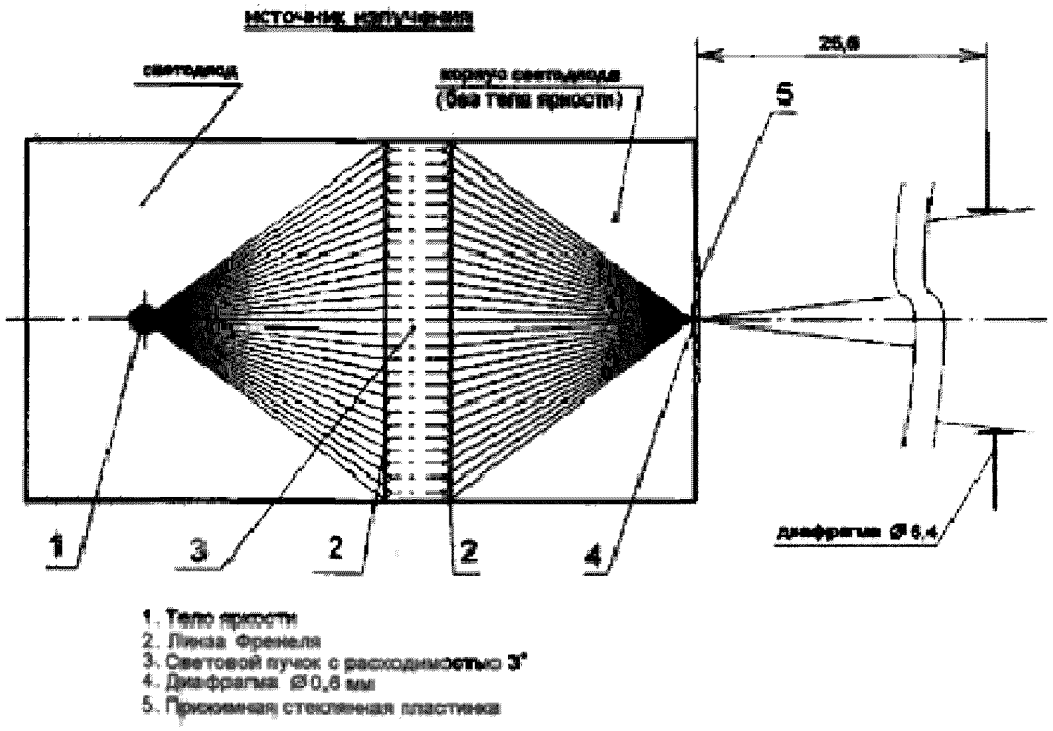
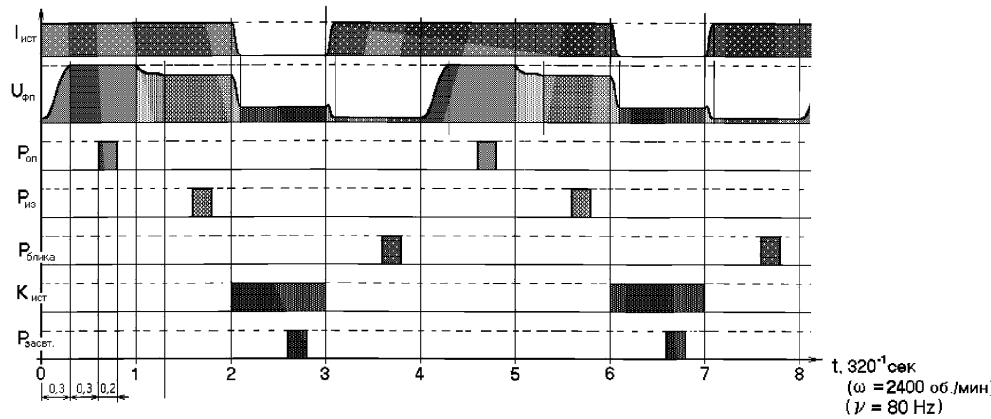


Рис.14.14 Оптическая схема источника излучения (пояснения в тексте)

Еще одна линза Френеля (корпус аналогичного светодиода без светящегося тела) фокусирует пучок на выходную диафрагму источника излучения диаметром 0.6мм. Полевая диафрагма (Рис.14.13) ограничивает размер пучка. Полупрозрачная пластинка разделяет исходный пучок на опорный и измерительный. Отраженный от пластинки опорный световой пучок поступает на сферическое зеркало, которое фокусирует его на диафрагму приемника излучения диаметром 1.2мм. Прошедший через полупрозрачную пластинку измерительный пучок поступает на коллиматор, создающий пучок расходимостью 17,2', который через иллюминатор поступает в воду. Триппель-призма возвращает измерительный световой пучок назад и он через коллиматор попадает на полупрозрачную пластинку, а затем фокусируется на диафрагму приемника излучения. В качестве приемника излучения используется интегральный фотоприемник (фотодиод на одном кристалле с усилителем) OPT-101 фирмы BURR-BROWN. Расположенный перед приемной диафрагмой интерференционный светофильтр формирует квазимонохроматическое излучение с длиной волны 520нм и полушириной 20нм. Для обеспечения регистрации сигналов опорного и измерительного каналов, внешней засветки и темнового тока используется модулятор, приводимый в действие двигателем ДПМ-20-Н1-04. Оптронные пары формируют синхроимпульсы, необходимые для выделения соответствующих сигналов и выключения источника света. На Рис.14.15 приведены временные диаграммы работы ОЭБ: Iист – диаграмма включения светодиода, Uфп – сигнал на выходе фотоприемника, Роп –

синхроимпульс опорного канала, Риз – измерительного, Ртем – темнового, Рист – выключения светодиода и Рзасв – засветки.



Фаза	Источник	Опорный	Измерит.	Засветка	Блик	Приёмник
1	+	Отк	Зак	-	+	Опорный + блик +темновой
2	+	Зак	Отк	+	+	Измерительный +засветка + блик +темновой
4	-	Зак	Отк	+	-	засветка +темновой
3	+	Зак	Зак	-	+	блик +темновой

Рис.14.15 Временные диаграммы работы оптико-электронного блока

(Uфп – сигнал на выходе фотоприемника, Роп – синхроимпульс опорного канала, Риз – измерительного, Ртем – темнового, Рист – выключения светодиода и Рзасв – засветки).

14.8 Спектрофотометр Cary 100

Спектрофотометр Cary 100 и характеризуется высоким качеством измерений, надежностью, полной автоматизацией, простотой и удобством в работе. В спектрофотометрах серии Cary оригинальный принцип сканирования Stop-and-Go сочетается с центральным компьютерным контролем.

Традиционный принцип, применяемый в спектрофотометрах UV-Vis-NIR, основан на непрерывном одновременном вращении прерывателя и дифракционной решетки. Это приводит к отрицательным эффектам: появлению волнового сдвига, подавлению интенсивности сигнала, нестабильности работы. Принцип сканирования "Stop-and-Go" (остановка дифракционной решетки на время цикла вращения прерывателя), реализованный на приборах Cary, позволяет получать адекватные результаты и не перекалибровывать спектрофотометр при любых скоростях сканирования, вплоть до 3000 нм/мин в УФ-видимой и до 8000 нм/мин в ближней ИК части спектра. Корректные условия снятия спектра гарантируют правильность получаемого аналитического результата.



Рис.14.16 Спектрофотометр Cary 100 в лаборатории НИС «Академик Сергей Вавилов»

Спектрофотометр Cary 100 – двухлучевой прибор, позволяющий регистрировать отношение двух оптических потоков и/или каждый из этих потоков отдельно. Используется монохроматор Черни-Турнера, оптический диапазон 190 - 900 нм, высокоточный фотоумножитель R928, дейтериевый и галогенный (вольфрам) источники света. Программируемая щель от 0.2 до 4 нм, время интегрирования от 0.033 до 999 сек, максимальная скорость сканирования 3000 нм/мин, шаг от 0.02 до 1.67 нм, частота сбора кинетических данных 1800 точек/мин.

Приборные параметры и режимы работы контролируются системой обработки данных на базе персонального компьютера. Программное обеспечение CaryWin обеспечивает исследователя всеми необходимыми возможностями в привычной операционной среде. Программный "спектральный" язык ADL (Application Development Language) помогает пользователю легко настроить прибор для решения специфических аналитических задач и дает возможность контролировать все стадии работы прибора от способа сбора данных до финальных расчетов и формы распечатки результатов.

Другие технические характеристики даны в Таблице 14.1.

Таблица 14.1

Фотометрические характеристики (гарантированные)	
Рассеивание света, %	0.02 (220 нм), < 0.005 (370 нм)
Абсолютная погрешность установки длин волн, нм	± 0.2 (486.0 нм)
Воспроизводимость установки длин волн, нм	< 0.02
Фотометрический диапазон, А	3.7
Фотометрическая точность, А	± 0.003 (ASTM фильтр 930D), ± 0.0006 (метод двойной апертуры)
Фотометрическая воспроизводимость	< 0.0008 (1 А, фильтр 930D, 465 нм / 590 нм, время усреднения 2с)
Фотометрический шум, А	< 0.000085 (0А), < 0.0002 (1А) , < 0.0003 (2А)
Дрейф нуля, А/час	< 0.0003 (500 нм, время интегрирования 1с, прогрев 2 часа)

Глава 15. Судовые метеорологические станции

15.1 Перечень измеряемых параметров

С целью выявления аномальных явлений погоды, способных оказать влияние на безопасность работы в море, необходимо контролировать ряд метеорологических характеристик. Перечень этих характеристик, диапазоны измерений, а также единицы измерений представлены в Таблице 15.1.

Таблица 15.1

Основные метеорологические характеристики, регистрируемые на судах

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Единицы измерения
1	Температура воздуха	-40 ÷ +50	C^0
2	Относительная влажность воздуха	0 ÷ 100	%
3	Атмосферное давление	900 ÷ 1060	гПа.
4	Скорость кажущегося ветра	0,5 ÷ 50	м/с
5	Направление кажущегося ветра	0 ÷ 360	град
6	Скорость истинного ветра	0,5 ÷ 50	м/с
7	Направление истинного ветра	0 ÷ 360	град
8	Метеорологическая дальность видимости	0-20000	м
9	Высота нижней границы облачности	0-15000	м

15.2. Перечень средств, применяемых на судах для регистрации метеорологических характеристик

Для организации метеорологических наблюдений в море необходимо оснащение судов приборами и устройствами, позволяющими достигать поставленные цели.

Этот вопрос частично уже рассматривался в разделе 6.8.7 («стационарное метеорологическое оборудование»).

Здесь остановимся на метеорологическом оснащении судов более подробно. Отличительной особенностью сейчас является разработка новых методов и средств измерений, с применением последних достижений в области цифровой техники и новых технологий.

Технические характеристики современного метеорологического оборудования представлены в Таблице 15.2, а на Рис. 15.1 образец судовой метеостанции.

Таблица 15.2

Характеристики современного метеорологического оборудования

Составляющие метеокомплекса и характеристики датчиков	Aanderaa	Axys	Metocean	Vaisala
Центральный процессор	3010	WATCHV AN100	Digital Controller	MILOS500
Датчики / погрешность				
Атмосферное давление, гПа	±0,2	± 0,5	±0,5	±0,5
Температура воздуха, °С	±0,1	± 0,3	±0,1	±0,1
Влажность воздуха, % RH	±3	±2>90>±3	±0,2	±2>90>±3

Скорость ветра, м/сек W	±0,2	±0,3	±0,3	±0,17
Направление ветра, град.	±5	± 5	±3	±3
Нижняя граница высоты облаков, мН	10% от Н	10% от Н	10% от Н	10% от Н
Измеритель метеорологической дальности видимости, мL	10% от L	10% от L	10% от L	10% от L
Модель станции	AWS2700	WSt	AutomWest St	MILOS500



Рис.15.1 Судовая автоматическая метеостанция AWS (фирма Vaisala, Финляндия)

В настоящее время также существуют разработки интеллектуальных датчиков, таких как:

- лазерный измеритель высоты облаков для измерения высоты нижней границы облачности. В устройстве используется технология импульсного диодного лазера LIDAR для обнаружения источника отражения света и определения расстояния до этого источника (нижней границы облачного покрова).
- датчик фактической погоды. Он сочетает в себе измерители метеорологической дальности видимости, интенсивности и объема осадков.

15.3 Особенности судовых метеорологических наблюдений

Рассмотрим более подробно особенности измерения основных метеорологических характеристик в судовых условиях.

Измерение скорости и направления ветра в судовых условиях имеет непосредственное отношение к прогнозированию погодных явлений. Для осуществления репрезентативного измерения характеристик ветра на судне существует ряд условий. Эти условия перечислены ниже.

1. Необходимо обеспечить непрерывную оценку ветровых характеристик в течение всего периода регистрации аномальных атмосферных явлений.

2. Необходимо обеспечить вычисление истинного ветра, с учетом скорости и направления движения судна.

3. Необходимо уделять внимание ориентированию датчиков скорости и направления ветра с учетом геометрических характеристик корпуса и надстроек судна, способных привести к искажению истинных показаний датчиков.

4. Необходимо учитывать некоторые специфические особенности обработки измеренных величин (например, интервала осреднения).

В отличие от стационарного берегового объекта (например, аэродрома), где датчики ветра ориентируются строго на север, на судне необходимо устанавливать датчики с их привязкой строго к диаметральной плоскости сечения судна. Причем, чем точнее будет установлен датчик, тем соответственно погрешность измерения и вычисления ветра будет меньше, однако в силу конструктивных и методических причин точность установки датчиков направления ветра на практике приближенно равна ±3°. Для расчета направления истинного ветра представим движение судна в векторной форме (Рис.15.2).

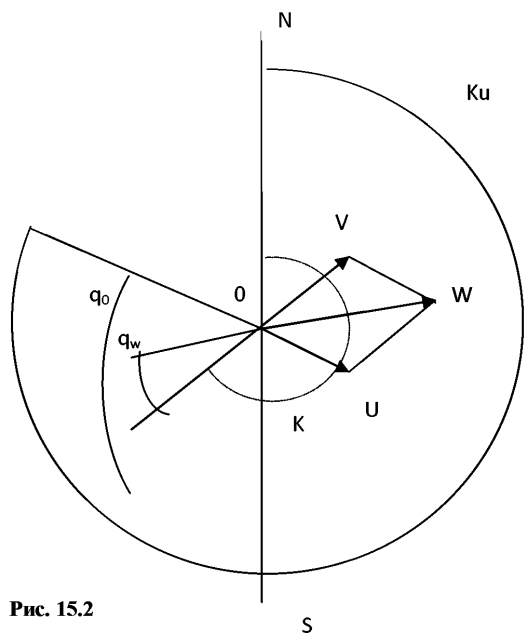


Рис. 15.2

Определение вектора истинного ветра $\bar{U}$ сводится к решению векторного уравнения вида:

$$\bar{U} = \bar{W} - \bar{V},$$

где $\bar{W}$ – вектор скорости кажущегося ветра; $\bar{V}$ – вектор скорости судна;

Математическая зависимость между параметрами векторов $\bar{U}$, $\bar{W}$, $\bar{V}$ может быть получена, если спроецировать стороны векторного треугольника OVW (Рис. 15.2) на оси прямоугольной

системы координат. В том случае, когда одна из осей координат совмещена с вектором $\bar{U}$, эта зависимость выражается системой уравнений:

$$\left.\begin{aligned} q_u &= arcctg\frac{W\cos q_w - V}{W\sin q_w} \\ U &= \sqrt{W^2 + V^2 - 2VW\cos q_u} \\ K_u &= K + q_u - 180^0, \end{aligned}\right\} \qquad (15.1)$$

где U-скорость истинного ветра, м/с
V-скорость судна, м/с
W-скорость кажущегося ветра, град
q_u– курсовой угол истинного ветра, град
K_u– направление истинного ветра, град
q_w– курсовой угол кажущегося ветра, град
К – курс корабля, град

Из системы уравнений (15.1) и из (Рис. 15.2) следует, что для расчета величин скорости и направления истинного ветра должны быть учтены данные о скорости и направлении движения судна. В настоящее время эта задача решается путем учета данных от навигационных спутниковых систем GPS, GLONAS при определении истинного ветра.

При определении истинного ветра возникает необходимость сопоставления прогностической и фактической составляющих проводимых метеорологических измерений. Выбор интервала осреднения параметров ветра зависит от масштаба временной изменчивости его характеристик и определяется степенью воздействия аномального явления погоды на эксплуатацию подвижного подводного объекта. В зависимости от заблаговременности инерционного прогноза необходимо использовать следующие временные интервалы осреднения:

- 2- 4 минуты при заблаговременности 1- 4 минуты;
- 5-10 минут при заблаговременности свыше 4 минут.

При таких интервалах осреднения наблюдается минимум среднеквадратической разности между прогнозируемой на заданный интервал и действительной скоростью ветра.

Помимо средних характеристик, большое значение для обеспечения безопасности имеют экстремальные характеристики (порывы) ветра. Известно, что наиболее опасны воздействия порывов ветра на объект в момент, когда вихрь порыва охватывает его полностью. При геометрических размерах объекта 12 - 17м, вихрь успеет охватить его за 1- 4с при скорости ветра 5 - 20м/с. Исходя из этого, при измерении максимальных значений мгновенной скорости ветра необходимо проводить осреднение за последние 2 - 4с. При увеличении геометрических размеров объекта интервал осреднения соответственно увеличивается.

Таким образом, осреднение мгновенной скорости ветра за 3 - 5с следует считать обоснованным для учета разночастотных пульсаций (порывов) скорости ветра для решения задач обеспечения морских операций.

Размещение датчиков на судне представляет собой сложную методическую задачу. Как показывает практика, некорректное размещение метеорологических датчиков приводит к заметному искажению измерений. На протяжении нескольких лет проводились многочисленные исследования по изучению взаимодействия ветрового потока с корпусом судна. В результате этих исследований была разработана методика, позволяющая снижать эффект затенения датчиков скорости и направления ветра корпусом и надстройками судна.

Суть этой методики заключается в следующем:

1. Датчики ветра должны располагаться побортно.
2. Полученные данные должны поступать на обрабатывающий процессор только с датчика наветренного борта.

Заметим, что при реализации предлагаемой методики установки отслеживание наветренного борта происходит только по показаниям датчика правого борта, а при малых скоростях

кажущегося ветра, датчики направления способны давать большой разброс показаний. Переключение с одного датчика на другой происходит очень быстро, поэтому этот алгоритм становится максимально эффективным при движении судна со скоростью больше 6 узлов.

В настоящее время разработаны и испытаны датчики скорости и направления ветра, основанные на иных (не механических) методах измерения. Так, например, фирмы разработчики метеорологического оборудования предлагают использовать акустические средства для измерения скорости и направления ветра.

Для измерения профиля ветра на различных высотах существуют три различных способа, а именно:

1. Способ радиозондирования.
2. Размещение датчиков ветра на различных высотах при помощи привязного аэростата.
3. Определение профиля ветра с помощью акустических методов.

Самый доступный и наиболее надежный способ – это радиозондирование.

Второй способ – это размещение датчиков на кабель–тросе, закрепленном на борту судна и связанным с аэростатом. Датчики размещаются на кабель-тросе на фиксированных высотах, определение отклонения датчика проводится с помощью электромеханического компаса, инструментальная погрешность составляет менее чем 3°. Измеренное значение при помощи радиопередатчика поступает на блок обработки. При необходимости блок датчиков характеристик ветра может быть дополнен датчиками температуры и влажности воздуха, а также атмосферного давления. Все полученные данные обрабатываются специально разработанным программным обеспечением (DigiCORA Tethersonde System) и представляются в удобном для восприятия виде, например, в формате графиков и таблиц.

Требования к измерению атмосферного давления в зоне контроля гидрометеорологических параметров, в основном, связаны с необходимостью расчета барической тенденции, позволяющей судить о резком изменении фактической погоды. При этом необходимо принимать во внимание высоту расположения датчиков атмосферного давления над уровнем моря.

Зависимость атмосферного давления от высоты наблюдения может быть выражена следующим образом:

$$P_Z = P_0 (1 - \frac{\gamma \cdot z}{T_0})^{\frac{1}{\gamma \cdot R}}, \qquad (15.2)$$

где P_0, T_0- давление и температура на уровне начала отсчета;

γ - градиент температуры по высоте;

R - универсальная газовая постоянная.

Из выражения (15.2) следует, что изменение высоты наблюдения на 10 м, при прочих равных условиях влечет за собой противоположное по знаку изменение давления на 0,1 мм.рт. столба или 0,13 Гпа.

Таким образом, в настоящий момент структура судовой метеорологической станции представляет собой совокупность измерительных устройств, линий коммуникации, систем обработки, представления и записи метеорологической информации, организованных в единый информационно-измерительный комплекс. При монтаже подобного комплекса метеорологические датчики устанавливаются на верхних палубах, с целью уменьшения влияния корпуса и надстроек судна на получаемую метеорологическую информацию. Посредством линий связи данные от этих датчиков поступают в главное процессорное устройство, предназначенное для обработки информации и представления ее в удобном для восприятия виде. Затем обработанная информация может выдаваться либо на специальные индикаторные табло, либо на экраны мониторов компьютеров для различных служб судна.

15.4 Солнечная и лазерная спектрофотометрия атмосферы

В международных программах подспутниковых измерений используются три вида аппаратуры для оптического зондирования атмосферы:

- Фотометры, измеряющие солнечную облученность и яркость неба;
- Радиометры, измеряющие диффузную и суммарную облученности;

- Короткоимпульсный лидар.

Ниже будут рассмотрены некоторые приборы, включая солнечный фотометр SP-6 разработки ИОА СО РАН.

Портативные солнечные фотометры и радиометры

На Рис.15.3 а,б показаны портативные измерители SIMBAD (а) и Microtops (б). Преимущество этих приборов в их компактности, простоте использования и низкой стоимости.

Прибор SIMBAD (Рис.15.3а) разработан для измерения яркости восходящего излучения над поверхностью моря и яркости прямых солнечных лучей в пяти спектральных интервалах: 443, 490. 560, 670 и 865 нм. В приборе установлены пять фотодиодов с интерференционными фильтрами, угол зрения равен 3^{o}. При измерении яркости излучения, восходящего от морской поверхности, измеряемое излучение проходит через поляризатор, чтобы уменьшить вклад излучения, зеркально отраженного от морской поверхности. В приборе также регистрируются атмосферное давление и температура, а также координаты и время с помощью датчика GPS. По данным измерений рассчитываются спектральные значения аэрозольной оптической толщины и нормализованной яркости излучения, вышедшего из водной толщи.

Прибор Microtops (Рис.15.3б) разработан для измерения общего содержания озона, водяного пара и аэрозольной оптической толщины при 1020 нм. Прибор имеет пять спектральных каналов: 305, 312.5 и 320.5 нм для определения содержания озона и 936 и 1020 нм для оценки содержания водяного пара и аэрозольной оптической толщины. В качестве фотоприемников используются фотодиоды с интерференционными фильтрами; угол зрения 2.5^{o}. В приборе также регистрируются атмосферное давление и температура, имеется возможность подключения GPS приемника. Встроенный микропроцессор выполняет расчет содержания озона, водяного пара и аэрозольной оптической толщины; измеренные значения отображаются на дисплее прибора и могут быть введены в компьютер. Точность измерений составляет 1-2%, нелинейность не превышает 0.002%. Вес прибора всего 600 г; максимальный линейный размер – 20 см. Прибор питается от четырех AA батареек, время непрерывной работы составляет 50 ч.

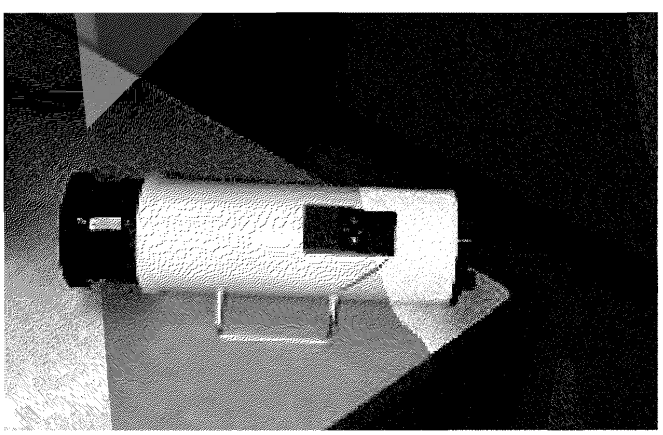


Рис.15.3а) Портативный радиометр SIMBAD



Рис.15.3 б) Портативный солнечный фотометр Microtops



Рис.15.4 Проведение измерений посредством радиометра SIMBAD. Верхняя фотография – измерения пропускания атмосферой прямых солнечных лучей, нижняя – измерения яркости моря.

Автоматизированные солнечные фотометры и сканирующие системы для измерения яркости неба

На Рис.15.5 а,б показаны приборы CIMEL и PREDE. Эти приборы более сложные, чем описанные выше портативные. Данные их измерений дают возможность рассчитывать содержание водяного пара и характеристики аэрозоля.

CIMEL имеет 8 спектральных каналов: 340, 380, 440, 500, 675, 870, 940 и 1020 нм; его угол зрения 1.2^{o}. В качестве фотоприемников используются кремниевые фотодиоды; они не термостабилизированы, поэтому термистор измеряет их температуру, и вводится поправка на зависимость их чувствительности от температуры. PREDE имеет 7 спектральных каналов: 315, 400, 500, 675, 870, 940 и 1020 нм; его угол зрения 1.5^{o}. В качестве фотоприемников здесь также используются кремниевые фотодиоды, но они термостабилизированы. И у того, и у другого прибора светоприемники установлены на вращающемся устройстве, которое по заданной программе поворачивается в зенитной и азимутальной плоскостях, обеспечивая измерения углового распределения яркости неба вплоть до угла 3^{o} от направления прямых солнечных лучей. Измерения проводятся при безоблачном небе; у неработающих приборов измерительная головка с объективов опущена вниз, чтобы избежать попадания капель дождя или частиц. У прибора PREDE в верхней части вращающегося устройства имеется камера с широким углом зрения, предназначенная для контроля за облачностью. Этот прибор лучше приспособлен для измерений на судне или других движущихся платформах, поскольку оборудован усложненной системой для контроля за сканированием.

Радиометры, измеряющие диффузную и суммарную облученности

Такой радиометр показан на Рис. 15.6 – это Fast Rotating Shadow-band Radiometer (FRSR). Принцип измерений основан на том, что полусферическая металлическая полоска вращается вокруг фотоприемника и при каждом цикле блокирует попадание на фотоприемник прямых солнечных лучей, так что в этот момент измеряется лишь облученность, создаваемая диффузным излучением неба. В другие моменты измеряется суммарная облученность, разность двух сигналов соответствует облученности, создаваемой прямыми солнечными лучами. Прибор имеет 6 спектральных каналов: 415, 500, 610, 660, 870 и 940 нм и один широкий. Точность измерений сопоставима с точностью приборов с узким углом зрения. Преимущество этого типа измерителя в том, что он обеспечивает измерения суммарной и диффузной облученностей в условиях разорванной облачности.

Короткоимпульсный лидар MPL (Micro-Pulse Lidar)

Аппаратура MPL (Рис. 15.7) – это компактная и безопасная для глаза лидарная система для измерения вертикального распределения аэрозоля и облаков. Короткий лазерный импульс на длине волны 523 нм направляется в атмосферу и измеряется временная зависимость импульса обратного рассеяния, который возвращается назад в результате рассеяния аэрозолем и облаками. Измеряемая временная зависимость содержит информацию о вертикальном распределении рассеивающих характеристик атмосферы. Основные характеристики MPL даны в Таблице 15.3.

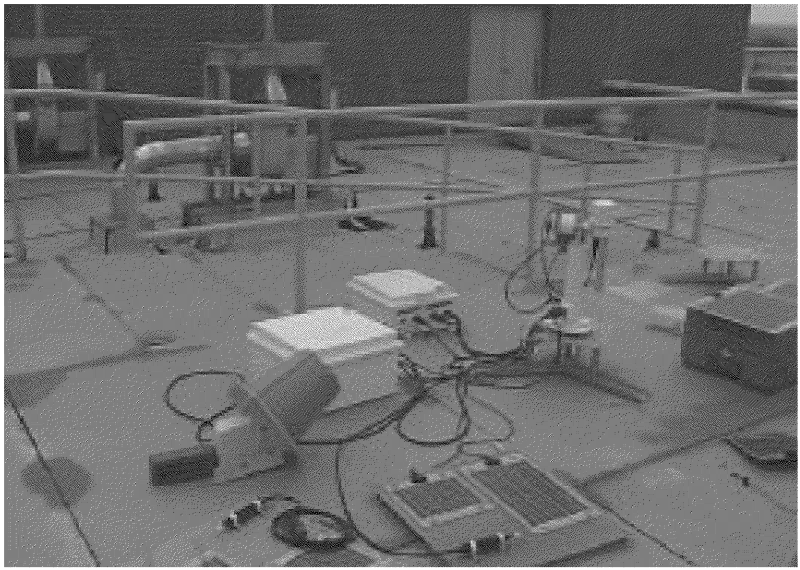


Рис.15.5 а) Прибор CIMEL

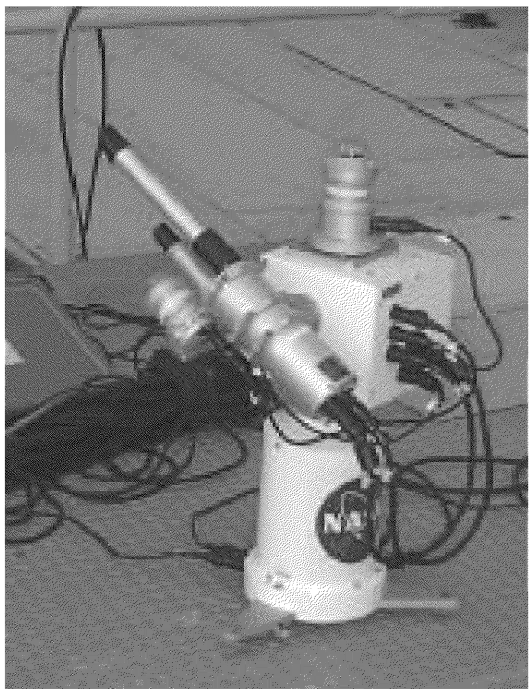


Рис.15.5 б) Прибор PREDE (пояснения в тексте)



Рис.15.6 Прибор FRSR на борту НИС «Академик Иоффе»

Таблица 15.3

Характеристики лидарной системы MPL

Параметр	Значение
Длина волны	523 ± 0.12 нм
Энергия импульса	< 10 мкДж
Длительность импульса	10 нс
Частота повторения	2500 Гц
Поле зрения	100 мкрад (0.00573°)
Вертикальное разрешение	75 м
Временное азрешение	1 мин

Приемно-передающее устройство состоит из телескопа Кассегрейна диаметром 20.32 см с оптикой и электроникой, установленной сразу за телескопом. В качестве источника используется лазер Nd:YLF с диодной накачкой и удвоением частоты. Сигнал обратного рассеяния принимается тем же телескопом и регистрируется лавинным фотодиодом типа счетчика Гейгера. Высокая частота повторения импульсов позволяет проводить усреднение по множеству импульсов, что дает возможность обеспечить высокое отношение сигнал/шум. Система MPL способна работать непрерывно в течение длительного времени, позволяя обнаруживать и анализировать облачные и аэрозольные слои, включая тонкие Cirrus и аэрозольные слои с низкой концентрацией аэрозольных частиц. В результате обработки данных MPL рассчитываются высота аэрозольных и облачных слоев для каждого обнаруженного слоя; оптическая толщина; профиль показателя ослабления; отношение показателей ослабления и обратного рассеяния. Для успешного анализа данных MPL желательно проводить одновременные измерения аэрозольной оптической толщины посредством солнечного фотометра.

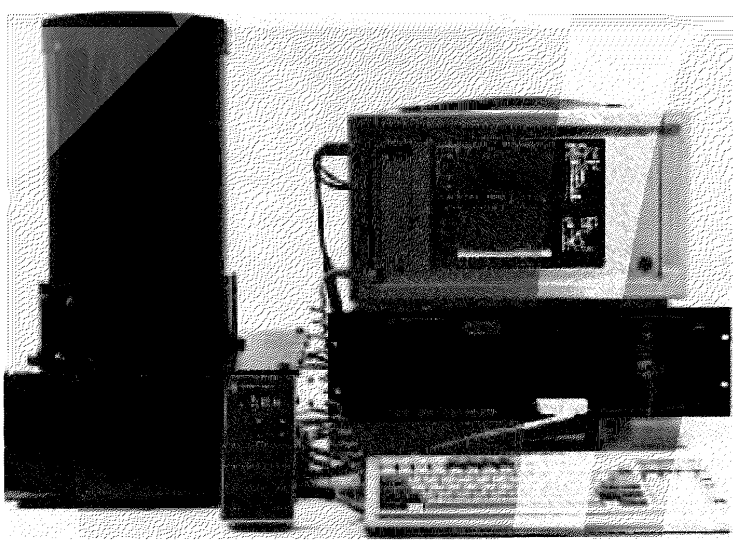


Рис.15.7 Лидарная система MPL

Солнечный фотометр SP-6 разработки ИОА СО РАН

Солнечный фотометр SP-6 предназначен для работы в составе информационно-измерительной сети с базой данных и может работать в автономном режиме. Автономный режим включает:

а) определение ситуаций “безоблачного Солнца” и наведение фотометра на Солнце;

b) измерение - накопление сигналов спектральной прозрачности атмосферы;

c) в ночное время и в ситуациях облачности - перевод фотометра в дежурное положение - “парковка”, в котором обеспечена защита входной оптики от осадков и пыли;

d) самодиагностику фотометра - периодическое измерение шумов измерительных каналов, температуры термостата, основных напряжений питания и др.;

e) использование встроенного микроконтроллера с АЦП и передача сигналов (“фотометр-компьютер”) в цифровом виде для сокращения числа линий связи и улучшения помехозащищенности.

Параллельно измеряются метеорологические элементы (температура, влажность, давление), необходимые для повышения точности восстановления оптических характеристик и последующего анализа результатов наблюдений.

Ежегодные калибровки фотометров проводятся в горных условиях (обсерватория Монды, ИСЗФ СО РАН).

В состав солнечного фотометра SP-6 входят следующие основные узлы и блоки:

1) многоволновой солнечный фотометр со встроенным микроконтроллером;

2) система наведения и слежения за Солнцем;

3) блок датчиков Солнца и метеорологических элементов;

4) блок питания-управления и персональный компьютер.

Внешний вид и устройство оптической части фотометра на поворотном столе показаны на Рис.15.8 и Рис.15.9. Для измерений прозрачности атмосферы в широком спектральном диапазоне ~0.3-4 мкм используются три измерительных канала - ультрафиолетовый (УФ), коротковолновый (КВ) и длинноволновый (ДВ), которые при работе ориентируются в направлении на Солнце. Особенности фотоприемных трактов поясняются в Таблице 15.4. Выделение отдельных спектральных участков приходящего излучения осуществляется с помощью интерференционных фильтров, расположенными в барабане: на внешнем диаметре барабана - 12 фильтров УФ и КВ каналов, на внутреннем диаметре - 6 фильтров ДВ канала. Установка фильтров перед фотоприемниками (поворот барабана) производится шаговым двигателем по команде контроллера.

Датчики метеоэлементов, располагаются в отдельном вентилируемом контейнере, предохраняющем чувствительные элементы от попадания прямого солнечного излучения.

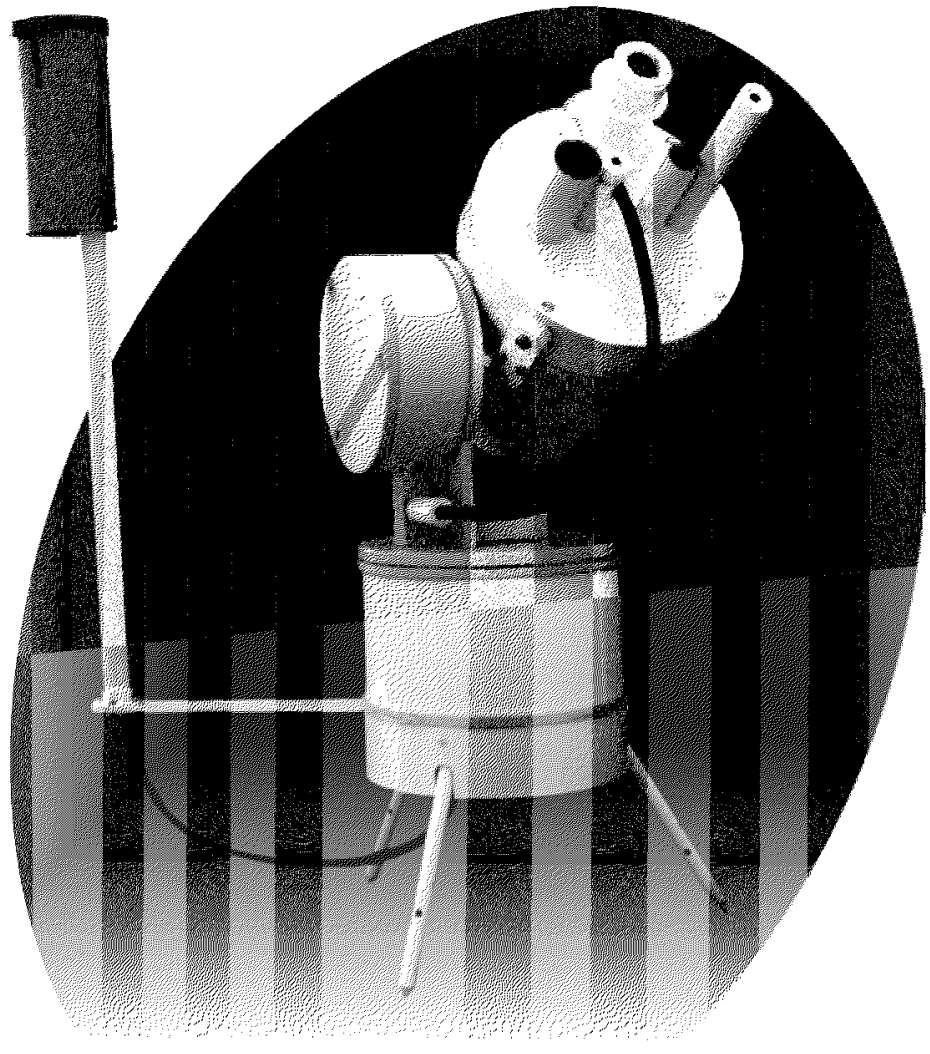


Рис.15.8 Внешний вид солнечного фотометра SP-6

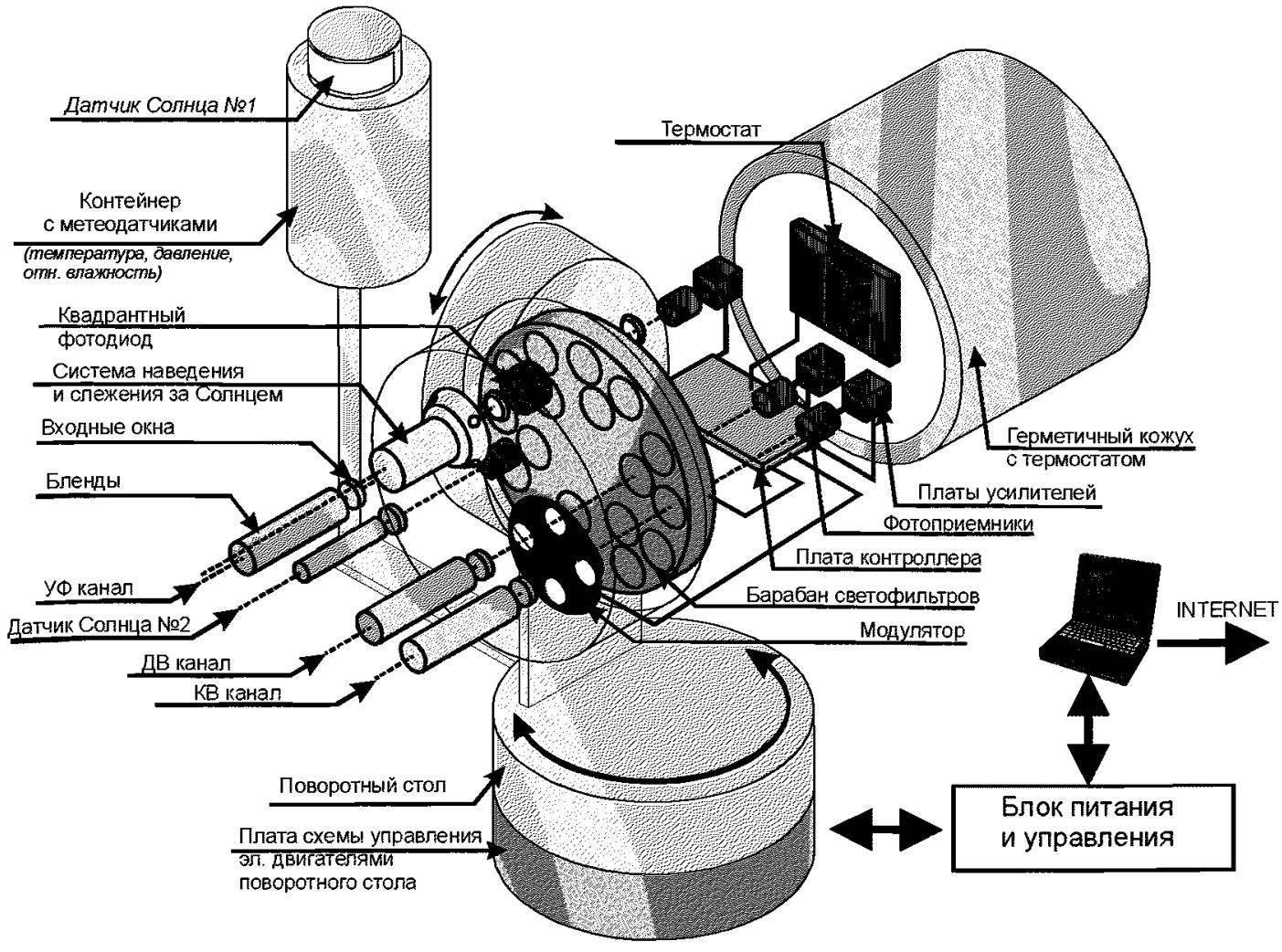


Рис.15.9 Устройство солнечного фотометра SP-6

Таблица 15.4

Характеристика оптико-электронных каналов

Канал	Входное окно	Оптическая схема; спектральный диапазон	Фотоприемное устройство (ФПУ)
УФ	Кварц	Кварцевая линза $f = 81$ мм; 0.3 ÷ 0.4 мкм	"солнечнослепой" фотодиод из карбида кремния и усилитель постоянного тока
КВ	Стекло ПС-5	Поле зрения формируется входной диафрагмой; 0.4 ÷ 1.1 мкм	кремневый фотодиод ФД-24к и усилитель постоянного тока
ДВ	Кремний	Поле зрения формируется входной диафрагмой; 1.1 ÷4.6 мкм	модуляция оптического сигнала - пироэлектрический приемник МГ-32 - синхронное детектирование

Для измерения давления и температуры используется кварцевый преобразователь ПДТК-0.1-1Р ("СКТБ ЭлПА"), относительной влажности - сенсор HIH 3602 (фирма Honeywell). Датчик Солнца, представляющий собой кремниевый фотодиод с рассеивающей насадкой, установлен в верхней части контейнера и используется для определения факта "безоблачного Солнца". Принятие решения проводится путем сравнения сигнала датчика с заранее подобранным пороговым значением для каждого зенитного угла Солнца.

Фотометр установлен на двухкоординатном (зенит/азимут) поворотном столе, разработанном на основе устройства наведения УН-79 (НИИ ПТ "Растр"). В систему наведения-слежения входит также блок координатных фотодатчиков (БКФ), расположенный на передней панели фотометра. В состав БКФ входят четыре фотодиода схемы грубого наведения и четырехсекторный фотодиод ФД-142 (в фокусе линзы) системы точного слежения, которые осуществляют управление электроприводами поворотного стола с помощью электронных схем разностных сигналов.

Основной частью электронной схемы фотометра (Рис.15.10) является плата контроллера, которая включает: 4-канальный 12-разрядный АЦП типа ADS7824P компании Texas Instruments; драйвер управления шаговым двигателем барабана с фильтрами; 8-канальный 10-разрядный АЦП, встроенный в RISC AVR-микроконтроллер ATMEGA163 (www.atmel.com) компании ATMEL, который имеет все атрибуты, присущие нормальному компьютеру.

Двенадцатиразрядный АЦП преобразует в цифровую форму сигналы ФПУ, а сигналы "диагностики", характеризующие состояние прибора и внешние условия, подаются на 10-разрядный АЦП.

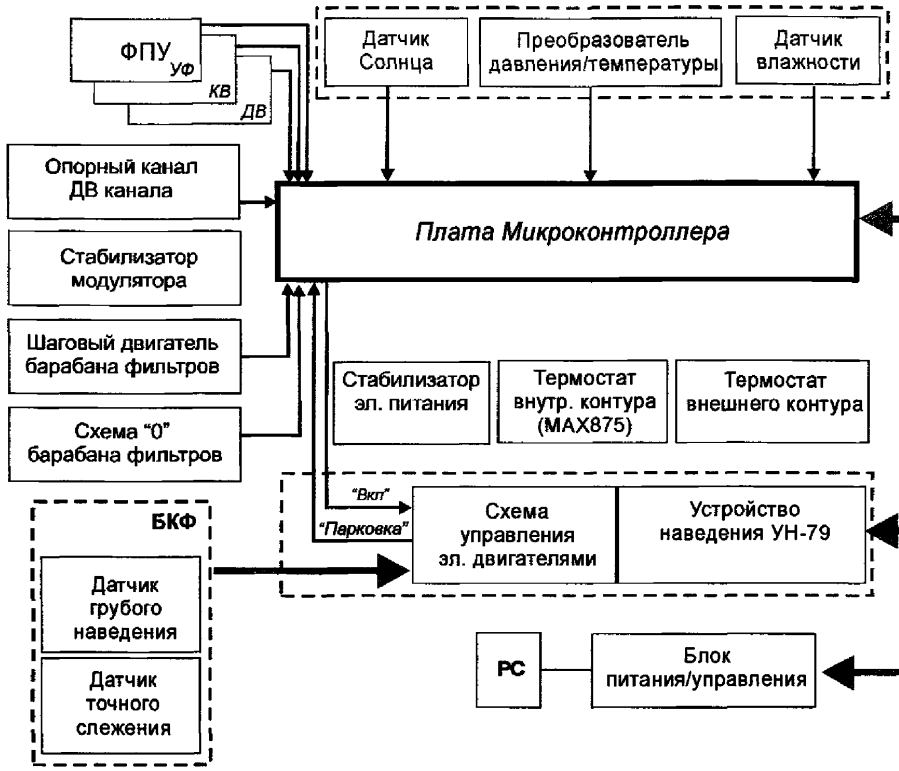


Рис.15.10 Электронная блок-схема солнечного фотометра SP-6

Микроконтроллер прибора выполняет следующие процедуры: (a) синхронное детектирование модулированного сигнала ДВ канала с накоплением; (b) подача команд на включение системы наведения и "парковку" фотометра; (c) диагностика пространственного положения фотометра "работа - парковка" и установки барабана фильтров в положение "0".

Для управления контроллером используется последовательный интерфейс RS-232, который подключен к последовательному асинхронному приемопередатчику микроконтроллера. Скорость обмена составляет 56 Кбит в секунду.

Для удовлетворения требования круглогодичной эксплуатации фотометра на открытом воздухе в его герметизированном корпусе установлен контейнер с осушителем (силикагель) и применена схема двухконтурного термостата. Основные технические характеристики разработанного прибора приведены в Таблице 15.5.

Таблица 15.5

Характеристики солнечного фотометра SP-6

Характеристики	УФ канал	КВ канал	ДВ канал
Угол поля зрения, градусов	0,9	1,4	2
Количество длин волн	5	7(8)	6
Максимумы полос пропускания фильтров, мкм	0,31; 0,32; 0,34; 0,37; 0,41	(0,41); 0,44; 0,5; 0,55; 0,67; 0,87; 0,94; 1,05	1,25; 1,55; 2,06; 2,2; 3,3; 4,0
Полуширина пропускания светофильтров, нм	5-8	5-10	15-30
Погрешность слежения за Солнцем, градус	0,2		
Время измерения единичного "спектра", сек	40		
Диапазон углов наведения (зенит×азимут),°	90×300		
Температура термостата, °С	(32÷35) ± 0,3		
Диапазон окружающих температур, °С	–50 ÷ +35		
Электропитание (50 Гц), В× А	220 × 1		
Общий вес (оценка), кГ	30		

Работа фотометра предусмотрена в круглосуточном и круглогодичном режиме. Основная часть операций выполняется по программе компьютера, управляющего работой встроенного в фотометр контроллера. Его системное программное обеспечение содержит комплект процедур, необходимых для процесса измерения и предварительной обработки сигналов от ФПУ, датчиков давления, температуры, а также для управления механизмами фотометра. Для повышения надёжности работы прибора в микроконтроллере установлен режим работы со «сторожевым таймером», который в случае «зависания» любой процедуры перезапускает контроллер с переводом его в терминальный режим, позволяющий управляющей программе не потерять управление контроллером. Имеется также набор сервисных процедур для самопроверки. Все программное обеспечение написано на языке Ассемблера AVR-контроллеров компании ATMEL. Общий объем программы составляет 877 строк.

Программное обеспечение для компьютера разработано в среде Builder C++ и включает две программы: *"измерение"* и *"тестирование"*.

Программа *"измерение"* предназначена для управления фотометром в автоматическом режиме работы, записи результатов измерений в файлы и отображения данных о ходе эксперимента на экране монитора для визуального контроля. Работу программы в течение суток можно разделить на два режима:

"дежурный" *–(a)* круглосуточно, каждый час проводится диагностика характеристик прибора и метеопараметров, состоящая в управлении опросами АЦП и занесение в файл данных - F_1; *(b)* в дневное время ($Z<80°$), непрерывный опрос датчика Солнца, расчет его зенитного угла и принятие решения ($U_{S1}>\Delta_1$) на переход в следующий режим;

"основной" *–(c)* по команде контроллера (при $U_{S1}>\Delta_1$), автоматическое наведение фотометра на Солнце и перевод барабана фильтров в положение ***"0"***; *(d)* сравнение сигналов фотодиода ФД-142 со вторым порогом ($U_{S2}>\Delta_2$) и принятие решения на начало измерений; *(e)* программное управление шаговым двигателем, вращающего барабан с фильтрами, и измерение сигналов УФ, КВ, ДВ каналов; *(f)* занесение результатов в файл данных F_2 с привязкой к точному времени; *(g)* по факту "закрытого облаками Солнца" ($U_{S2}<\Delta_2$) возврат фотометра в положение "парковка".

Примечания:

1) при наступлении времени диагностики, режим ***"основной"*** прерывается на время опроса метеодатчиков (~30 сек);

2) при невыполнении п. *(d)* в течение заданного времени (1 мин), фотометр переводится в "парковку", а порог Δ_1 увеличивается на 5% во избежании последующих ложных включений

системы наведения;

3) для повышения эффективности работы фотометра в условиях разорванной облачности, возврат в "парковку" по п. *(g)* производится с задержкой на 1-2 мин.

4) вывод данных эксперимента на экран монитора осуществляется в реальном масштабе времени и включает как результаты измерений (в графическом и цифровом виде), так и дополнительную информацию (текущая операция, выполняемая фотометром, количество и характер сбоев в работе фотометра в течение дня).

Тестовая программа, предназначенная для настроек и тестирования работы отдельных блоков фотометра, позволяет смоделировать процесс измерений в пошаговом режиме.

Вся информация о фотометре (географические координаты его расположения, коэффициенты формул расчета порогов и метеохарактеристик, последовательность расположения светофильтров в барабане и др.) заносится в ini-файл, считываемый в начале работы обеих программ. Это позволяет достаточно быстро адаптировать программы для работы с разными фотометрами.

Судовые автоматические гидрометеорологические станции С5-SAM

Судовая автоматическая гидрометеорологическая станция ***С5-SAM*** предназначена для получения в судовых условиях первичной информации об основных гидрометеорологических параметрах: атмосферном давлении, температуре и влажности воздуха, скорости и направлении ветра, метеорологической дальности видимости, осадках, температуре и солености в поверхностном слое.

Станции автоматические метеорологические судовые С5-SAM, мод. С5-SAM-01, С5-SAM-02, С5-SAM-03

Изделие зарегистрировано в Госреестре под номером 34985-07

Назначение и область применения

Станции автоматические метеорологические судовые С5-SAM (далее станции С5-SAM) предназначены для автоматических измерений метеорологических параметров температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости и направления воздушного потока, атмосферного давления, их обработки, отображения на дисплее, формирования метеорологических сообщений, регистрации и архивации.

Область применения станций С5-SAM - обеспечение метеорологической информацией морских и речных судов.

Описание

Принцип действия станций С5-SAM основан на дистанционном измерении первичными измерительными преобразователями метеорологических параметров. После преобразования метеорологических параметров в цифровой код преобразователями измерительными они передаются по кабельной линии связи в центральную систему. В центральной системе метеорологические параметры обрабатываются, отображаются на дисплее оператора, регистрируются и архивируются, одновременно идет формирование метеорологических сообщений, для передачи их в линию связи.

Конструктивно станции С5-SAM выполнены по модульному принципу.

Модуль измерительный состоит из первичных измерительных преобразователей метеорологических параметров, предназначенных для измерений: температуры воздуха S1074C, температуры и относительной влажности воздуха S1276C, скорости и направления воздушного потока S1104C, атмосферного давления S1079C. Преобразователи размещены на специальной мачте, закрепленной на палубе судна.

Модуль преобразователей измерительных состоит из преобразователей измерительных и каналов связи, размещенных совместно с первичными измерительными преобразователями метеорологических параметров.

Модуль центральной системы сбора и обработки информации состоит из основной и резервной ПЭВМ (или терминала), источника бесперебойного питания, линий связи, базового и специального программного обеспечения, размещенных на борту судна.

Станции С5-SAM выпускаются в 3 модификациях: С5-SAM-01, С5-SAM-02, С5-SAM-03. В разных модификациях станции использованы преобразователи с разными техническими характеристиками, что позволяет расширить сферу применения станции.

Станции С5-SAM работают круглосуточно, сообщения о метеорологических параметрах передаются непрерывно или по запросу, имеют последовательный интерфейс RS-232, RS-485. Дистанция передачи информации станций С5-SAM: при использовании интерфейса RS-232 до 15м, RS-485 до 1200 м.

Состав измерительных каналов и преобразователей в станциях С5-SAM различных модификаций, приведен в Таблице 15.6.

Таблица 15.6

№ п/ п	Каналы	Модификации станций С5-SAM		
		С5-SAM-01	С5-SAM-02	С5-SAM-03
		Преобразователи		
1	2	3	4	5
1	Измерений температуры воздуха	Температуры воздуха S1074C	—	
	Измерений температуры и относительной влажности воздуха		Температуры и влажности воздуха S1276C	Температуры и влажности воздуха S1276C
2	Измерений скорости и направления воздушного потока	Скорости и направления воздушного потока S1104C	Скорости и направления воздушного потока S1104C	Скорости и направления воздушного потока S1104C
3	Измерений атмосферного давления	—		Атмосферного давления S1079C

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные технические характеристики станций С5-SAM и их модификаций, включая нормируемые метрологические характеристики их модификаций, приведены в Таблице 15.7.

Таблица 15.7

№п/п	Наименование характеристики	С5-SAM-01	С5-SAM-02	С5-SAM-03
1	2	3	4	5
1	Количество измерительных каналов, шт.	До 5	До 5	До 5
Канал измерений температуры и относительной влажности воздуха				
2	Диапазон измерений температуры воздуха,°С	Минус 50-50	Минус 30-60	Минус 30-60
3	Предел допускаемой абсо-шотной погрешности измерений температуры воздуха,°С	±0,1	±0,1	±0,1
4	Диапазон измерений относительной влажности возду-ха,%		0 - 100	0 - 100
5	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений		±3	±3

	относительной влажности воздуха,%			
Канал измерений скорости и направления воздушного потока				
6	Диапазон измерений скорости воздушного потока, м/с	0,3 - 60	0,3 - 60	0,3 - 60
7	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока, м/с	±0,3	±0,3	±0,3
8	Диапазон измерений направления воздушного потока, градус	0 - 360	0 - 360	0 - 360
9	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений направления воздушного потока, градус	±3	±3	±3
Канал измерений атмосферного давления				
10	Диапазон измерений атмосферного давления, гПа			800 - 1100

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления, гПа ±0,3
Средняя наработка на отказ, ч 10000
Срок службы, год 10

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносят на специальную табличку на корпусах станций С5-SAM, путем гравировки, на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность

Комплект поставки станций С5-SAM и их модификаций состоит из изделий, перечисленных в Таблице 15.8.

Таблица 15.8

№ п/ п	Наименование	Условное обозначение	Кол-во	С5-SAM-01	С5-SAM-02	С5-SAM-03
1	Центральная система	цс	1	1	1	1
2	Персональная ЭВМ типа IBM PC/AT;		2	2	2	2
3	Программное обеспечение (специальное)	по	1	1	1	1
4	Измеритель температуры воздуха	S1074C	1	1	-	-
5	Измеритель температуры и влажности воздуха	S1276C	1	—	1	1
6	Преобразователь параметров воздушного потока	S1104C	1	1	1	1
7	Барометр	S1079C	1	-	-	1
8	Преобразователи измерительные	motorola	1	1	1	1
9	Комплект ЗИП	ЗИП	1	1	1	1
10	Паспорт	РЭ	1	1	1	1
11	Методика поверки	МП	1	1	1	1

Поверка

Поверка осуществляется в соответствие с методикой «Станции автоматические метеорологические С5-SAM. Методика поверки № 2551-0011-2007», утвержденной ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» 12.04.2007 года.

При поверке используются средства поверки, указанные в Таблице 15.9.

Таблица 15.9

№ п/ п	Наименование средства измерений	Метрологические характеристики	
		Диапазон измерений	Погрешность, класс
1	Мегаомметр М6-1	По сопротивлению (10 -200 10) Ом По напряжению (0 - 1000) В	±5,0 %
2	Универсальная пробойная установка УПУ-ЮМ	(0 - 8) кВ	±5,0 %
3	Калибратор постоянного напряжения и тока, программируемый П320	10 ОмБ; 1,0В; 10 В;10 мА; 10 ОмА	±0,01%
4	Мультиметр цифровой HP3458A	100 мВ 1,0В 10В (по напр. пост, тока), 10 мА 100 мА (по пост, току)	±0,01%
5	Термометр эталонный ЭТС-100	(минус 200 - 660)°С	±0,02°С
6	Анализатор влажности НМР	(0-100) %	±1% (0-90)% ±2%(91-100)%
7	Барометр эталонный БОП-1	(5-1100) гПа	±0,1 гПа
8	Климатическая термобарокамера	Объем - 0,8м по температуре (минус 60-150)°С, по влажности (0 - 100)% , по давлению (2 - 1100) гПа	
9	Эталонная аэродинамическая установка с диаметром зоны равных скоростей не менее 400 мм (АДС 700/100)	(0-100) м/с	±0,5%

Межповерочный интервал - 1 год.

Нормативные и технические документы

1. ГОСТ 8.596-2002 ГСИ. «Метрологическое обеспечение измерительных систем».
2. ГОСТ 8.542-86 ГСИ. «Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости воздушного потока».
3. ГОСТ 8.558-93 ГСИ. «Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».
4. ГОСТ 8.547-86 ГСИ. «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений относительной влажности газов».
5. ГОСТ 8.223-76 ГСИ. «Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне 2,7 ♦ 10 - 4000 ♦ 10 Па».
6. ГОСТ 12997-84 «Изделия ГСП. Общие технические требования».
7. ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия».
8. Техническая документация фирмы «Coastal Environmental Systems, Inc», США.

Заключение

Тип станций автоматических метеорологических судовых С5-SAM и их модификаций С5-SAM-01, С5-SAM-02, С5-SAM-03 утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при ввозе в Россию и в эксплуатации согласно государственным поверочным схемам.

Заслуживают внимания автоматические метеорологические станции WEATHERPAK-2000, внесенные в Государтсвенный реестр средств измерений. Регистрационный №35032-07.

Станции автоматические метеорологические судовые WEATHERPAK-2000 (далее станции WEATHERPAK-2000) предназначены для автоматических измерений метеорологических параметров температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости и направления воздушного потока, атмосферного давления, количества осадков, энергетической освещенности; их обработки, отображения на дисплее,формирования метеорологических сообщений, регистрации и архивации.

Область применения станций WEATHERPAK-2000-обеспечение метеорологической информацией морских и речных судов.

Описание

Принцип действия станций WEATHERPAK-2000 основан на дистанционном измерении первичными измерительными преобразователями метеорологических параметров. После преобразования метеорологических параметров в цифровой код преобразователями измерительными они передаются по кабельной линии связи в центральную систему. В центральной системе метеорологические параметры обрабатываются, отображаются на дисплее оператора, регистрируются и архивируются, одновременно идет формирование метеорологических сообщений, для передачи их в линию связи.

Конструктивно станции WEATHERPAK-2000 построены по модульному принципу. В корпусе модуля размещены преобразователь атмосферного давления и центральная система сбора и обработки информации.

В верхней части модуля, представляющего собой цилиндр, размещены преобразователь температуры и влажности воздуха, над модулем размещены преобразователь скорости и направления воздушного потока.

При комплектовании станций WEATHERPAK-2000 измерителями количества осадков и энергетической освещенности - эти измерители монтируются отдельными модулями. Встроенный в модуль компас позволяет быстро и точно сориентировать станцию на север.

Модуль измерительный состоит из первичных измерительных преобразователей метеорологических параметров, предназначенных для измерений: температуры и относительной влажности воздуха S1276W, относительной влажности воздуха S1057W, скорости и направлении воздушного потока S1104W, атмосферного давления S1081W или S1079W или S1233W, количества осадков S1069W, энергетической освещенности S1115 W.

Модуль преобразователей измерительных состоит из 32 битного микроконтроллера Motorola 68332 и линий связи, размещенных совместно с метеорологическими датчиками.

Модуль центральной системы сбора и обработки информации состоит из основной и резервной ПЭВМ (или терминала), источника бесперебойного питания, линий связи, базового и специального программного обеспечения, размещенных на борту судна.

Станции WEATHERPAK-2000 выпускаются в 3 модификациях: WEATHERPAK-2000-01, WEATHERPAK-2000-02, WEATHERPAK-2000-03. В разных модификациях станции использованы преобразователи с разными техническими характеристиками, что позволяет расширить сферу применения станции.

Станции WEATHERPAK-2000 работают круглосуточно, сообщения о метеорологических параметрах передаются непрерывно или по запросу, имеют последовательный интерфейс RS-232, RS-485. Дистанция передачи информации станций WEATHERPAK-2000: при использовании интерфейса RS-232 до 15м, RS-485 до 1200 м.

Состав измерительных каналов и преобразователей в станциях WEATHERPAK-2000 различных модификаций, приведен в Таблице 15.10.

Таблица 15.10

№ п/п	Каналы	Модификации станций WEATHERPAK-2000		
		WEATHERPAK-2000-01	WEATHERPAK-2000-02	WEATHERPAK-2000-03
		Преобразователи		
1	2	3	4	5
1	Измерений температуры и относительной влажности воздуха	Температуры и влажности воздуха S1276W	–	Температуры и влажности воздуха S1276W
	Измерений относительной влажности воздуха	–	Относительной влажности воздуха S1057W	–
2	Измерений скорости и направления воздушного потока	Скорости и направления воздушного потока S1104W	Скорости и направления воздушного потока S1510W	Скорости и направления воздушного потока S1104W
3	Измерений атмосферного давления	Атмосферного давления S1081W	Атмосферного давления S1079W	Атмосферного давления S1233W
4	Измерений количества осадков	–	Количество осадков S1069W	Количество осадков S1069W
5	Измерений энергетической освещенности	–	Энергетической освещенности S1115W	Энергетической освещенности S1115W

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные технические характеристики станций WEATHERPAK-2000 и их модификаций, включая нормируемые метрологические характеристики их модификаций, приведены в Таблице 15.11.

Таблица 15.11

№ п/п	Наименование характеристики	WEATHERPAK-2000-01	WEATHERPAK-2000-02	WEATHERPAK-2000-03
1	2	3	4	5
1	Количество измерительных каналов, шт.	До 10	До 10	До 10
Канал измерений температуры и относительной влажности воздуха				
2	Диапазон измерений температуры воздуха,°С	Минус 30-60	–	Минус 30-60
3	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха,°С	±0,1	–	±0,1
4	Диапазон измерений относительной влажности воздуха,%	0 - 100	0 - 100	0 - 100
5	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха,%	±3	±2 (0-90) ±3 (свыше 90-100)	±3
Канал измерений скорости и направления воздушного потока				
6	Диапазон измерений скорости воздушного потока, м/с	0,3 - 60	0 - 60	0,3 - 60
7	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока, м/с	±0,3	–	±0,3

	Предел допускаемой относительной погрешности измерений скорости воздушного потока,%	—	±2	—
8	Диапазон измерений направления воздушного потока, градус	0 - 360	0 - 360	0 - 360
9	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений направления воздушного потока, градус	±3	±3	±3
	Канал измерений атмосферного давления			
10	Диапазон измерений атмосферного давления, гПа	500 - 1200	800 - 1100	5 - 1100
11	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления, гПа	±1	±0,3	±0,2
	Канал измерений количества осадков			
12	Диапазон измерений количества осадков, мм	—	0 - 9999	0 - 9999
13	Предел допускаемой относительной погрешности измерений количества осадков,%	—	±1	±1
	Канал измерений энергетической освещенности			
14	Диапазон измерений энергетической освещенности, кВт/м^2	—	0,01- 1,4	0,01- 1,4
15	Предел допускаемой относительной погрешности измерений, энергетической освещенности,%	—	±5	±5
16	Максимальная потребляемая мощность, Вт	800	900	1000
17	Выходной интерфейс	RS-232, RS-485	RS-232, RS-485	RS-232, RS-485

Общие технические характеристики

18		Габаритные размеры, мм				Масса, кг
		длина	ширина	высота	диаметр	
18/1	Измеритель температуры и влажности воздуха S1276W	—	—	65	45	0,22
18/2	Преобразователь влажности воздуха S1057W	—	—	55	42	0,18
18/3	Преобразователь параметров воздушного потока S1104W	550	—	370	180	1,00
18/4	Преобразователь параметров воздушного потока S1510W	—	—	142	160	0,50
18/5	Барометр S1081W	47	32	20	—	0,17
18/6	Барометр S1079W	33	31	26	—	0,25
18/7	Барометр S1233W	25	18	10	—	0,25
18/8	Осадкомер S1069W	—	—	2560	154	1,13
18/9	Пиранометр S1115W	—	—	76	146	0,90
18/10	Преобразователи измерительные: motorola 68332	207	138	62	—	1,2
18/11	Общая масса системы:					
	♦ WEATHERPAK-2000-01					5,5
	♦ WEATHERPAK-2000-02					5,7
	♦ WEATHERPAK-2000-03					5,6

19	Условия эксплуатации:			
	♦ температура окружающего воздуха,°С;	минус 40 - 65	минус 40 - 65	минус 40 - 65
	♦ относительная влажность воздуха,%;	0 - 100	0 - 100	0 - 100
	♦ атмосферное давление, гПа;	500 - 1200	600 - 1100	5 - 1100
	♦ скорость воздушного потока, м/с	0 - 60	0 - 60	0 - 60
20	Средняя наработка на отказ, ч	10000		
21	Срок службы, год	10		

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносят на специальную табличку на корпус станций WEATHERPAK-2000, путем гравировки, на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность

Комплект поставки станций WEATHERPAK-2000 и их модификаций состоит из изделий, перечисленных в Таблице 15.13.

№ п/п	Наименование	Условное обозначение	Кол-во	WEATHERPAK-2000-01	WEATHERPAK-2000-02	WEATHERPAK-2000-03
1	2	3	4	5	6	7
1	Центральная система персональная ЭВМ типа IBM PC/AT;	ЦС	1 2	1 2	1 2	1 2
2	Программное обеспечение (специальное)	ПО	1	1	1	1
3	Измеритель температуры и влажности воздуха	S1276W	1	1	–	1
4	Преобразователь влажности воздуха	S1057W	1	–	1	–
5	Преобразователь параметров воздушного потока	S1104W	1	1	–	1
6	Преобразователь параметров воздушного потока	S1510W	1	–	1	–
7	Барометр	S1081W	1	1	–	–
8	Барометр	S1079W	1	–	1	–
9	Барометр	S1233W	1	–	–	1
10	Осадкомер	S1069W	1	–	–	–
11	Пиранометр	S1115W	1	–	1	–
12	Преобразователи измерительные	motorola 68332	1	1	1	1
14	Комплект ЗИП	ЗИП	1	1	1	1
15	Паспорт	РЭ	1	1	1	1
16	Методика поверки	МП	1	1	1	1

Поверка

Поверка осуществляется в соответствие с методикой «Станции автоматические метеорологические судовые WEATHERPAK-2000. Методика поверки № 2551-0010-2007», утвержденной ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» 12.03.2007 года.

При поверке используются средства поверки, указанные в Таблице 15.13.

Таблица 15.13

№ п/п	Наименование средства измерений	Метрологические характеристики	
		Диапазон измерений	Погрешность, класс
1	2	3	4
1	Мегаомметр М6-1	По сопротивлению (10^4–200 10^6) Ом По напряжению (0 - 1000) В	±5,0 %
2	Универсальная пробойная установка УПУ-10М	(0 - 8) кВ	±5,0 %
3	Калибратор постоянного напряжения и тока программируемый П320	100мВ; 1,0В; 10В; 10мА; 100мА	±0,01%
4	Мультиметр цифровой HP3458A	100мВ 1,0В 10В (по напр. пост. тока), 10мА 100мА (по пост. току)	±0,01%
5	Термометр эталонный ЭТС-100	(минус 200 – 660)°С	±0,02°С
6	Анализатор влажности НМР	(0 – 100)%	±1% (0-90)% ±2%(91-100)%
7	Барометр эталонный БОП-1	(5 - 1100) гПа	±0,1 гПа
8	Климатическая термобарокамера	Объем – 0,8м^3 по температуре (минус 60–150)°С по влажности (0 - 100)% по давлению (2 – 1100) гПа	
9	Эталонная аэродинамическая установка с диаметром зоны равных скоростей не менее 400 мм (АДС 700/100)	(0 – 100) м/с	±0,5%
10	Цилиндр мерный по ГОСТ 1770-74	(0-10) мкм^3	±2 мкм^3
11	Актинометр (эталонный) М-3	(0,01 – 1,6) кВт/м^2	±1,6·10^{-2} кВт/м^2

Межповерочный интервал - 1 год.

Нормативные и технические документы

1. ГОСТ 8.596-2002 ГСИ. «Метрологическое обеспечение измерительных систем».

2. ГОСТ 8.542-86 ГСИ. «Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений скорости воздушного потока».

3.ГОСТ 8.558-93 ГСИ. «Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».

4. ГОСТ 8.547-86 ГСИ. «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений относительной влажности газов».

5. ГОСТ 8.223-76 ГСИ. «Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне 2,7 • 102 - 4000 • 102 Па».

6. ГОСТ 8.195-89 ГСИ. «Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,25 25,00 мкм; силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,2 25,0 мкм.

7. ГОСТ 8.470-82 ГСИ. «Государственная поверочная схема для средств измерений объема жидкости».

8. ГОСТ 12997-84 «Изделия ГСП. Общие технические требования».

9. ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия».

10. Техническая документация фирмы «Coastal Environmental Systems, Inc», США.

Заключение

Тип Станций автоматических метеорологических судовых WEATHERPAK-2000 утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при ввозе в Россию и в эксплуатации согласно государственным поверочным схемам.

Изготовитель:

Фирма «Coastal Environmental Systems, Inc», США.

Адрес: 820 First Avenue South Seattle Washington 98134, тел. 206-682-6048.

Заявитель: ООО «ЮНИКОМ трейдинг» г.Москва.

Адрес: 109147, г. Москва, ул. Марксистская 34, корп. 8.

В Государственный реестр средств измерений включена **автоматическая гидрометеорологическая станция AWS** (регистрационный номер 25734-09), выпускаемая по технической документации компании AANDERAA Data Instruments AS, Норвегия. Приведем ее краткое описание.

Назначение и область применения

Станция гидрометеорологическая автоматическая AWS (далее- AWS) предназначена для измерения физических параметров состояния воздушной и водной среды, а также дорожного покрытия, с регистрацией, отображением на жидкокристаллическом дисплее и архивацией результатов измерений.

Станция может использоваться для решения задач мониторинга окружающей среды, как в автономном режиме, так и в составе комплексных информационных систем. Области использования AWS: гидрометеорология, дорожное и коммунальное хозяйство, водный транспорт и рыболовство, энергетика и добыча полезных ископаемых, другие отрасли, где необходимо определять и учитывать гидрометеорологическую обстановку.

Описание

Станция гидрометеорологическая автоматическая AWS состоит из блока управления, к которому с помощью кабелей присоединяются датчики для измерения параметров окружающей среды. Блок управления может размещаться в помещении или в специальном боксе-контейнере; питание осуществляется либо от сети, либо от собственного блока питания. При автономном варианте AWS на боксе-контейнере станции, который крепится к бетонному основанию, устанавливается мачта и секция блока питания с фотоэлектрическими элементами солнечной

батареи и встроенными аккумуляторами. В состав станции может быть включен дополнительный блок памяти для записи и хранения результатов измерений.

В зависимости от комплектации станции и её модели блок управления может опрашивать до 17 каналов (параметров). Станция представляет собой модульную конструкцию, в которую можно устанавливать необходимый набор гидрометеорологических датчиков и один из блоков управления.

Обычно блок управления находится в дежурном режиме (режиме ожидания) с потреблением малой мощности. Запускают блок управления в заданное время встроенные часы. Блок включается и считывает показания подключенных каналов.

Временной интервал запуска сканирования задается из ряда: непрерывно, 30с,1, 2, 5, 10, 20, 30, 60, 120 и 180 мин. Длительность считывания и отображения каждого канала составляет 4с. Результаты отображаются на жидкокристаллическом дисплее в значениях физических или логических величин, запоминаются во встроенной буферной памяти и выдаются в канал связи в форме 10 битов двоичного кода PDC-4 и сигналов интерфейса RS 232. По завершении цикла блок снова переходит в дежурный режим ожидания.

Существует также режим дистанционного запуска блока управления станции, который вызывается положительным импульсом 5В, подаваемым к гнезду розетки PDC-4 блока управления. Если требуется резервная копия данных, сигнал PDC-4 может подаваться в блок информационной памяти (если он включен в комплектацию). По каналу связи результаты наблюдений могут передаваться в персональный компьютер и отображаться на его экране при помощи поставляемого программного обеспечения.

Основные технические характеристики станции

Диапазон рабочих температур окружающего воздуха:

- для станции: от минус 40°С до + 60°С;
- для жидкокристаллического экрана блока управления: от минус 15°С до + 60°С.

Питание:

- автономное - блок питания с фотоэлектрическими элементами 8,4 В, 7Ач,
- от сети (100 ... 260)В - через блок питания с напряжением постоянного тока на выходе от 7 до 10,2В.

Диапазон напряжения питания: 7 ... 10,2В постоянного тока;

Потребляемый ток:

- в режиме ожидания 50мкА,
- в рабочем режиме в среднем 15мА.

Габаритные размеры:

- блока управления 271х178х39мм;
- бокса-контейнера станции 1000х400х300мм.

Масса: блока управления 1,9кг.

Электромагнитная совместимость: EN 50082-2, EN 50081-1 (EMC Directive 89/336/EEC).

Основные технические характеристики измерительных каналов

Измеряемые параметры	Модель датчика	Диапазон измерения	Кол-во каналов	Предел допускаемой погрешности Δ-абсолютной; γ - приведенной; δ - относительной
1	2	3	4	5
Скорость ветра (усредненная) Скорость ветра (в порывах)	2740	от 0,3 до 30 м/с до 79 м/с	2	Δ=±0,2м/с δ = ±2%
Направление ветра	3590	от 0 до 360°	1	Δ=±5°
Температура воздуха	3455	от минус 43 до +48°С; от минус 30 до +60°С; от минус 60 до +30°С;	1	Δ=±0,2°С

1	2	3	4	5
Температура воды и почвы	3444	от минус 7,5 до +41°С; от минус 30 до +60°С; от минус 60 до +30°С,	1	Δ=+0,2°С
Атмосферное давление	2810	от 920 до 1080гПа	1	Δ=±0,4гПа
Относительная влажность воздуха	3445	от 0 до 100%	1	Δ=±3%
Количество осадков	3864Н, 3864	от 0 до 200мм	1	δ=±2%
Дальность видимости (длина волны 0,88 мкм)	3544	от 20 до 3000м	1	δ=±10%
Радиационный баланс (длина волны 0,3-60 мкм)	2811	±2000Вт/м^2	1	Δ=±40Вт/м^2
Плотность потока прямой солнечной радиации (длина волны 0,3-2,5 мкм)	2770	от 0 до 2000Вт/м^2	1	Δ=±40Вт/м^2
Продолжительность солнечного излучения (длина волны 0,4-1,1 мкм)	3160	от 0 до 24ч.	1	Δ=±1мин
Температура поверхности дороги	3565	от минус 44 до +49°С;	4	Δ=±0,2°С
Температура замерзания минерализованной влаги на дороге		от минус 26 до 0°С;		Δ=±3°С
Наличие или отсутствие влаги на дороге		Да/Нет		—
Наличие или отсутствие снега на дороге (при толщине более 2 мм)		Да/Нет		—
Скорость течения	3900	от 0 до 300см/с от 0 до 500см/с	3	Δ=±(0,01*V+0,5 см/с) V- скорость в см/с
Направление течения		от 0 до 360°		Δ=±5°
Температура воды		от минус10 до +43°С;		Δ=±0,2°С
Уровень моря	3791-3798	от 0 до 10м, от 0 до 20м, от 0 до 30м, от 0 до 40м, от 0 до 50м, от 0 до 5м, от 0 до 2м, от 0 до 1м	2	γ=±0,2%
Температура воды		от минус 2 до +40°С;		Δ=±0,2°С

Масса и габаритные размеры датчиков:

Название датчика (модель)	Масса, не более г	Габаритные размеры, мм
1	2	3
Датчик скорости ветра (2740)	500	193 x ⌀166
Датчик направления ветра (3590)	620	300 x ⌀200
Датчик температуры воздуха (3455)	135	122,5 x ⌀60
Датчик атмосферного давления (2810)	200	99 x ⌀50
Датчик относительной влажности воздуха (3445)	140	122 x ⌀60
Датчик количества осадков (3864Н, 3864)	1300	420 x ⌀182
Датчик дальности видимости (3544)	1100	235x130x40
Датчик радиационного баланса (2811)	400	125 x ⌀50
Датчик прямого солнечного излучения (2770)	400	138 x ⌀50
Датчик продолжительности солнечного периода (3160)	247	131 x ⌀50
Датчик дорожных условий (3565)	600	35 x ⌀100
Доплеровский датчик течений (3900)	800	103 x ⌀113
Датчик уровня моря (3791-3798)	2600	193 x ⌀29
Датчик температуры воды и почвы (3444)	25	62 x ⌀25

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится методом наклейки на титульный лист руководства по эксплуатации.

Комплектность

В комплект поставки входят:

• блок управления (моделей 3634 или 3660 в зависимости от числа и типа присоединяемых датчиков);

• датчики в соответствии с заказом; сигнально-силовые кабели к ним;

• руководство по эксплуатации;

• монтажный комплект (инструменты и крепеж) - в соответствии с заказом;

• по отдельному заказу: бокс-контейнер, секции мачт, траверса, блок питания с фотоэлектрическими элементами; запасные части к вращающимся частям датчиков скорости и направления ветра.

Поверка

Поверка станции гидрометеорологической автоматической AWS проводится по методике, приведенной в разделе 10. " Поверка станции AWS" руководства по эксплуатации, согласованной с ГЦИ СИ ФГУ "Ростест - Москва" в августе 2003 г.

Основные средства поверки:

-термометр цифровой прецизионный DTI-1000;
-барометр образцовый БОП -1;
-манометры грузопоршневые МП-2,5 и МП-6;
-труба аэродинамическая (скорость до 50 м/с), анемометр образцовый;
-генератор влажного газа «Родник»;
-весы АТ-250;
-бассейн - гидроканал (скорость тележки от 0,2 до 10м/с) ;
-радиометр абсолютный MAR-1;
-секундомер механический;
-кальций хлористый (СаСЬ), ч.д.а.;
-термостаты жидкостные от минус 60°С до 60°С.

Межповерочный интервал: 2 года.

Нормативные и технические документы

1. ГОСТ 12997 Изделия ГСП. Общие технические условия.
2. Техническая документация изготовителя - компании AANDERAA Instruments.

Заключение

Тип станций гидрометеорологических автоматических AWS утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при выпуске из производства и в эксплуатации согласно государственной поверочной схеме.

Выдан сертификат соответствия I РОСС N0.MI63.H0I48?

Изготовитель

AANDERAA Instruments, Берген, Норвегия.

Глава 16. Система измерения гидрохимических параметров океанов и морей

16.1 Общие замечания

Стационарное гидрохимическое оборудование было рассмотрено в разделе 6.8.8. Здесь мы рассмотрим концептуально систему гидрохимических измерений в океане. В настоящее время ухудшение экологической обстановки приобретает действительно общепланетарный характер и несет реальную угрозу нарушения практически всех естественных оболочек планеты и многих функциональных равновесий в биосфере. Наиболее опасными из всех нарушений, вызванных антропогенной деятельностью, могут оказаться те, что затрагивают Мировой океан. Изучение биогеохимических циклов загрязняющих веществ в Мировом океане имеет самостоятельное значение, поскольку исследуемые явления затрагивают разные среды биосферы, охватывают ведущие процессы функционирования живого вещества и многие свойства неживой материи. В последние годы интенсивно исследуются циклы азота, серы, фосфора, углерода с целью установления баланса этих веществ в биосфере, а также выявления ведущих биологических и химических процессов в этих циклах.

Наибольшую актуальность приобрели две глобальные экологические проблемы – устойчивость климата Земли и нарастающее антропогенное загрязнение окружающей среды.

Проблема изменения климата, в частности короткопериодных изменений климата, является одной из важнейших среди задач, стоящих перед науками о Земле. Она имеет большое прикладное значение, поскольку знание природы климата и способность прогнозировать его вариации дают человечеству возможность принимать осознанные и обоснованные решения в выборе перспективных путей развития, находящихся в гармонии с окружающей средой.

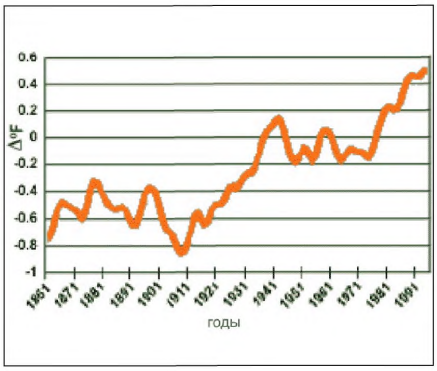


Рис. 16.1 Глобальные изменения температуры (1861-1996 г.)

Повышение средней температуры атмосферы Земли (Рис.16.1) происходит во многом благодаря накоплению в ней газов, удерживающих тепло, отраженное от поверхности Земли. Пропуская через себя солнечные лучи, «парниковые газы» становятся преградой на пути инфракрасного (теплового) излучения нагретой земной поверхности, сохраняя тепло для биосферы. В соответствии с докладом, обнародованном Международной группой ООН по изменению климата (IPCC), к концу нынешнего столетия среднемировая температура повысится на 5,8 градуса – почти вдвое больше, чем предполагалось еще пять лет назад. Даже в тех масштабах, о которых говорили раньше, последствия такого потепления могут оказаться катастрофическими как для экологии планеты, так и для человека.

Считается, что углекислый газ вносит самый крупный вклад в усиление парникового эффекта. За последние 200 лет содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось, по разным оценкам, от 30% до 50%. Несмотря на то, что половина выбросов окиси углерода, обусловленных деятельностью человека (главным образом, при сжигании угля, нефти и природного газа), поглощается океанами и земной растительностью, уровень ее концентрации в атмосфере продолжает подниматься более чем на 10% каждые 20 лет. Поэтому основное внимание при изучении устойчивости климата должно быть уделено биогеохимическому циклу углерода.

Для предсказания изменений климата регулярные наблюдения за состоянием и изменчивостью океанской среды имеют несомненную важность ввиду колоссальной теплоемкости океана. По историческим данным, полученным после Международного геофизического года (1957 г.), отмечались заметные флуктуации меридионального потока тепла. Особенно ярко это проявилось по высокоточным данным крупнейшего международного эксперимента по циркуляции Мирового океана (WOCE). Океан был покрыт плотной сетью трансокеанских разрезов с измерениями от поверхности до дна. Сопоставление данных WOCE с историческими наблюдениями убедительно продемонстрировало существование изменчивости термохалинной структуры вод океана. Было показано, что изменения свойств морской воды охватывают всю толщу и отмечаются даже на абиссальных глубинах. Совместный анализ зарегистрированных изменений термохалинной структуры и расчетов меридиональных потоков массы и тепла позволил построить концептуальную схему глобальной конвективной меридиональной циркуляции (ГКМЦ) (Рис.16.2). В литературе эта схема носит название Meridional Overturning Circulation или Глобальный конвейер.

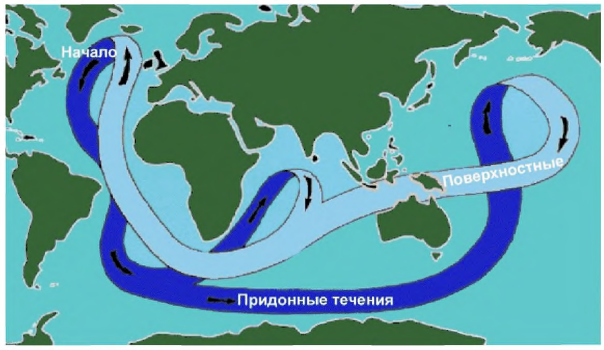


Рис. 16.2 Схема глобальной конвективной меридиональной циркуляции

16.2 Судовая гидрохимическая лаборатория, включающая систему приборов для осуществления отбора проб морской воды и их гидрохимического анализа

Современные условия экспедиционных исследований океана требуют значительного повышение их эффективности, а именно: сокращения забортного времени измерений, увеличения количества измеряемых параметров и объема получаемой и обрабатываемой информации. Вместе с тем, реальным фактором, понижающим эффективность научных экспедиций, является устаревшее научное и судовое оборудование. Создание современных комплексных гидрохимических лабораторий на судах имеет целью расширение возможностей и оптимизацию судовых наблюдений, направленных на решение экологических проблем океана и окружающей среды в целом.

Концепция судовой гидрохимической лаборатории ориентирована на условия и возможности НИС и должна соответствовать современным представлениям о тенденциях изменения океанской среды и состоять из совокупности взаимосвязанных и взаимодополняющих современных приборов, пригодных к использованию в морских экспедиционных условиях.



Рис. 16.3 НИС «Академик Сергей Вавилов»

Ссоздание судовой гидрохимической лаборатории опирается на следующие принципы: а) соответствие научного оборудования современному мировому уровню проведения комплексных океанографических наблюдений; б) максимальная экономическая эффективность при определении соотношения уже имеющейся, модернизированной и приобретенной аппаратуры.

Комплекс приборных средств для научно-исследовательского судна, проводящего такие исследования, обеспечивает: а) измерение на ходу судна в автономном режиме ряда важных параметров океанской среды (температуры, солености, плотности морской воды, растворенного

кислорода, прозрачности, pH, скорости течений спектров флуоресценции растворенного органического вещества, хлорофилла, пигментов фитопланктона, окрашенного органического вещества и нефтепродуктов, акустических свойств океанского дна); б) отбор на станциях проб морской воды и донных осадков и их комплексный химический и гидробиологический анализ.

Средства пробоотбора для гидрохимических исследований в значительной степени являются общесудовыми, а система лабораторных аналитических приборов обеспечивает возможность определения всех наиболее важных гидрохимических параметров, отражающих экологическое состояние океанской среды.

16.3 Измеряемые гидрохимические параметры: их значение для экологии океана и методы определения

Карбонатная система

В рамках различных программ наблюдений за климатом большое внимание должно уделяться изучению доминирующего воздействия свойств и динамики океана на глобальный круговорот углерода (Рис.16.4).

В океане углерод (помимо его содержания в живых организмах) присутствует в двух главных формах: в составе органического вещества и в составе взаимосвязанных ионов HCO_3^-, CO_3^{2-} и CO_2.Один из наиболее крупных циклов глобального круговорота углерода связан с взаимодействием углекислого газа атмосферы и природных вод. Между газами тропосферы и поверхностным слоем океана существует равновесие. В пресной воде газы растворяются интенсивнее, чем в соленой, но количество пресной воды на Земле несоизмеримо меньше, чем соленой. Поэтому именно океан играет основную роль в глобальном балансе CO_2. В отличие от других газов, CO_2 вступает в химическое взаимодействие с водой. При этом образуется угольная кислота: $CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$. Эта кислота двухосновная и диссоциирует ступенчато, образуя карбонат-гидрокарбонатную систему:

$$H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + [HCO_3]^-$$
$$[HCO_3]^- \leftrightarrow H^+ + CO_3^{2-}$$

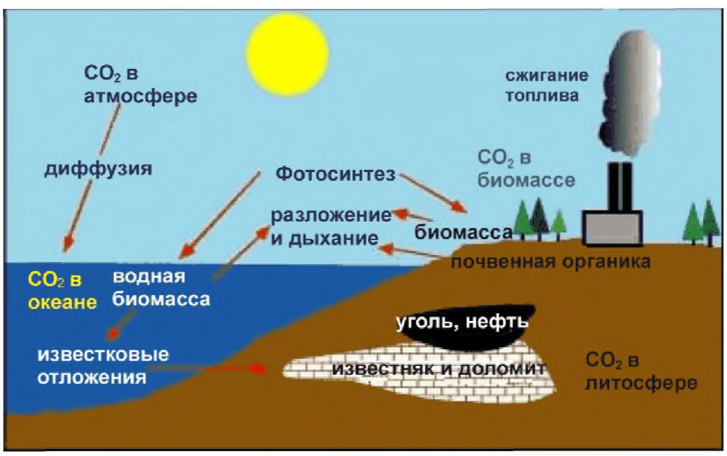


Рис. 16.4 Биогеохимический цикл углерода

В результате химического взаимодействия углекислого газа и воды масса CO_2 в Мировом океане почти в 60 раз превышает его массу в атмосфере. Таким образом, океан является основным резервуаром CO_2 на поверхности Земли. Благодаря процессу поглощения-выделения углекислого газа с поверхности океана в карбонат-гидрокарбонатной системе происходит массообмен CO_2. Океан действует как грандиозный насос, забирая CO_2 из атмосферы в холодных приполярных областях и отдавая ее в тропических областях. На массообмен углекислого газа между поверхностным слоем океана и атмосферой весьма активно влияют живое вещество планктона, освещенность, сезонно-термические условия. Часть поступающего в океан углекислого газа

выводится из системы в результате образования карбонатных отложений (происходящего в результате биохимических процессов и обусловленного, в первую очередь, наличием в морской воде ионов кальция, поступающих с речным стоком). Непрерывный вывод углерода и захоронение его в осадках морей имеет кардинальное значение для развития биосферы. Если бы живые организмы суши и океана и карбонатная система океана не обеспечивали глобальный цикл углерода, поддерживающий невысокую концентрацию CO_2 в атмосфере, то количество углекислого газа в атмосфере было бы в десятки тысяч раз больше, чем сейчас. Это имело бы самые серьезные последствия так называемого «парникового эффекта», т.е. очень сильное повышение температуры и разогревание поверхности Земли, т.е. глобальное потепление климата. Потепление климата даже на десятые доли градуса ведет за собой повышение уровня Мирового океана и, как следствие, затопление прибрежных территорий. При изучении экологических аспектов цикла углерода необходимо учитывать, что концентрация углерода в атмосфере в геологическом масштабе времени изменяется в соответствии с чередованием ледниковых и межледниковых эпох (Рис.16.5).

Наиболее важными характеристиками состояния карбонатной системы морских вод являются водородный показатель pH, щелочность, парциальное давление углекислоты (CO_2), суммарная CO_2.

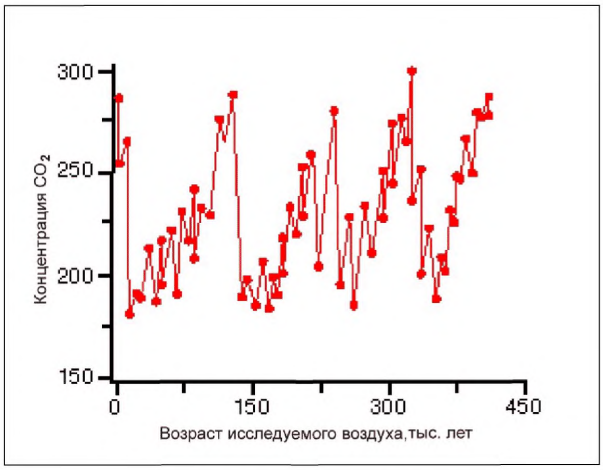


Рис. 16.5 Концентрация CO_2 в атмосфере по данным изучения ледового керна (Антарктида, станция «Восток»)

Величина pH (водородный показатель) является одной из главнейших гидрохимических характеристик. Водородным показателем pH называют отрицательный логарифм концентрации ионов водорода [H+], содержащихся в водном растворе. Значение pH морской воды зависит от ее солевого состава, содержания растворенных газов и органических соединений. Оно регулируется углекислотно-карбонатной системой, которая является наиболее сильным буфером морских вод и изменяется в открытом море в сравнительно узком диапазоне. Потребление углекислого газа в процессе фотосинтеза (и его образование в результате окисления органических остатков и дыхании организмов) и извлечение карбоната кальция, служащего для построения скелетов морских организмов, благодаря буферному эффекту могут идти без резких изменений pH. Величина pH воздействует и реагирует на протекание разнообразных химических и биохимических процессов в океане, служит хорошей характеристикой происхождения и трансформации водных масс, является показателем концентрации и состояния углекислоты в морской воде. Даже небольшие изменения pH имеют громадное значение для процессов, происходящих в толще морской воды.

В настоящее время измерение величины pH в морской воде проводится потенциометрическим методом.

Щелочность обычно определяется как свойство морской воды, заключающееся в преобладании «основной эффективности» над «кислотной эффективностью». Общая щелочность морской воды определяется содержанием в ней анионов слабых кислот – карбонатов, бикарбонатов, боратов, силикатов и фосфатов. Ввиду незначительного содержания трех последних анионов общая щелочность обычно определяется содержанием только солей угольной кислоты. Следовательно, под общей щелочностью морской воды понимается содержание перечисленных выше анионов слабых кислот, выраженное в эквиваленте угольной кислоты. Основное значение определения общей щелочности заключается в том, что с ее помощью можно отличить опреснение моря, вызванное стоком материковых вод, от опреснения, вызванного атмосферными осадками и таянием льдов; последние понижают соленость, но не изменяют общую щелочность. Кроме того, щелочность наряду с pH служит для расчета форм карбонатов и баланса углекислоты в море.

Метод определения щелочности основан на прямом титровании пробы морской воды сильной кислотой с одновременным пропусканием через титруемую пробу потока свободного от CO_2 воздуха для удаления выделяющейся углекислоты.

Двуокись углерода – один из самых распространенных газов, содержащихся в природных водах. Зная значения pH и щелочности можно рассчитать парциальное давление углекислоты (CO_2) и суммарную CO_2. Помимо расчетного, двуокись углерода определяют объемным, газометрическим и весовым (при очень высоких содержаниях CO_2) методами. Наиболее распространенным в анализе морских вод является объемное определение, основанное на титровании растворенной двуокиси углерода раствором щелочи в присутствии фенолфталеина. Также для определения концентрации растворенного неорганического углерода (или суммарной CO_2) используется газохроматографический метод.

Кислород

Растворенный кислород является одним из важнейших биогидрохимических показателей состояния морской среды. Он обеспечивает существование водных организмов и интенсивность окислительных процессов в морях и океанах. Кислород поступает в океан непосредственно из атмосферы и образуется в результате процессов фотосинтеза органического вещества. Процесс фотосинтеза обеспечивается в морской воде фитопланктоном, при этом используется углекислый газ и многие другие элементы (например, биогенные). И наоборот, при окислении органических остатков и при дыхании как растений, так и животных и бактерий потребляется кислород и образуется углекислый газ. Положение т.н. компенсационного горизонта, на котором происходит уравновешивание процессов образования и потребления кислорода, дает представление об исключительно важном для жизни моря цикле углерод-кислород (Рис. 16.6).

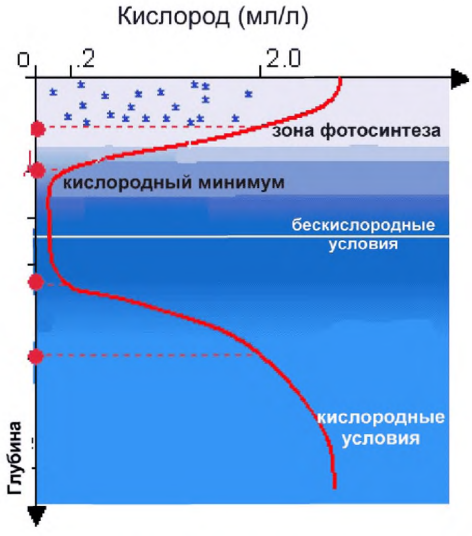


Рис. 16.6 Схематическое распределение растворенного кислорода по глубине

Содержание растворенного кислорода важно для понимания глубинной циркуляции вод. В первую очередь, по этому параметру можно косвенно судить о возрасте глубинных вод (если понимать под этим возрастом время с момента погружения рассматриваемой водной массы до отбора и анализа пробы). Растворенный кислород проникает в глубинные слои исключительно за счет вертикальной циркуляции и течений. В некоторых случаях, например при нарушении циркуляции или наличии большого количества легко окисляющихся органических веществ, концентрации растворенного кислорода могут снизиться до нуля. В таких условиях начинают протекать восстановительные процессы с образованием сероводорода, как это, например, имеет место в Черном море на глубинах ниже 200м. Одновременно изменяется и содержание углекислоты: в ходе восстановительных процессов и в результате анаэробного разложения органического вещества она выделяется в огромных количествах и достигает давления, во много раз превосходящего нормальное парциальное давление CO_2 в океане. В прибрежных водах значительный дефицит кислорода часто связан с их загрязнением органическими веществами (азотом, фосфором, нефтепродуктами, детергентами и т.п.). Таким образом, определение концентрации кислорода в морской воде имеет громадное значение при изучении гидрологического и гидрохимического режимов морей и океанов.

В океанографии растворенный в морской воде кислород определяют обычно по одной из модификаций метода Винклера. Этот метод основан на окислении кислородом двухвалентного марганца до нерастворимого в воде бурого гидрата четырехвалентного марганца, который, взаимодействуя в кислой среде с ионами йода, окисляет их до свободного йода, количественно определяемым титрованным раствором гипосульфита натрия.

Биогенные элементы и органическое вещество

Одной из важнейших составляющих исследования химического состава морской воды, закономерностей его пространственного и временного изменения, взаимосвязи с биологическими и биохимическими процессами, является изучение так называемых биогенных элементов (т.е. элементов, необходимых для построения и жизнедеятельности различных клеток и организмов). Соединения ***азота, фосфора и кремния*** относятся к числу важнейших биогенных веществ, в значительной степени определяющих продуктивность морей и океанов. Неорганические формы азота и фосфора потребляются высшими растениями, водорослями и фитопланктоном и таким образом переводятся в органические формы, которые служат пищей зоопланктону и рыбам. Изменения в составе форм этих элементов указывают на направление основных биохимических и гидробиологических процессов в морской среде. Растворенные в морской воде соли кремниевой кислоты используются многими водорослями, в частности, диатомовыми, для построения клетки. У некоторых планктонных водорослей до трех четвертей общего количества минеральных веществ приходится на кремний. Содержание биогенных элементов в морской воде определяется равновесием между потреблением их в процессе фотосинтеза и минерализацией синтезированного органического вещества. Имеется большое количество циклов органического вещества с участием флоры и фауны в поверхностных водах. Кроме этих циклов существует и направленный поток вещества особого рода – мертвых организмов, пеллет и т.д., погружающихся в более глубокие слои. Общий эффект разложения органического вещества состоит в обогащении глубинных вод биогенными элементами, углекислотой и в обеднении их кислородом по сравнению с поверхностными водами. В результате, наибольшая биологическая продуктивность наблюдается там, где глубинные воды поднимаются в освещенную зону, принося вещества, необходимые для фотосинтеза, т. н. зоны апвеллинга (Рис.16.7).

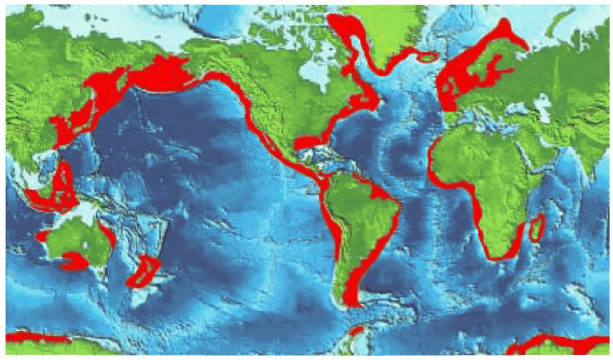


Рис. 16.7 Зоны апвеллинга Мирового океана

Исследование фактического распределения основных биогенных элементов в толще вод Мирового океана и действующих причин такого распределения являются неотъемлемой частью комплекса химико-гидрологических работ, включающего в себя изучение процессов формирования и смешения водных масс и их динамики, изучение процессов переноса кислорода и органических остатков в глубинные горизонты, подачу биогенных элементов в продуктивную зону, скоростей движения глубинных вод океана и др. Например, данные о содержании и распределении кремния в морской воде позволяют судить о границах и перемещениях различных водных масс и особенно вод, обогащенных речным стоком, так как в речных водах концентрация кремния выше, чем в морских. Изменения в содержании кремния позволяют судить об изменениях в режиме морских вод некоторых районов морей и океанов. Комбинация физических и химических процессов создает сложную, но закономерную картину изменения содержания биогенных элементов в Мировом океане. При этом изменяется не только общая концентрация биогенных элементов, но и соотношение между ними (O_2/Si, N_{NH4}/N_{NO2}, Si/P, C/N/P и т.д.). Так, пространственная изменчивость отношения кремния к азоту и фосфору служит хорошим индикатором для распознания природы водных масс в промежуточных и глубинных водах.

Изучение биогенных элементов, несомненно, является одной из наиболее важных практических задач, так как наиболее ярко связано с вопросами биологической продуктивности морей и океанов. В тоже время, растущая антропогенная активность существенно влияет на поступление в морскую среду многих химических соединений. В последнее время вызывает особое опасение чрезмерная концентрация соединений азота и фосфора в ряде районов, главным образом, за счет коммунально-бытовых и сельскохозяйственных стоков, вызывает эвтрофикацию – бурный рост морских растений, разложение остатков которых приводит к повышенному потреблению и дефициту кислорода, накоплению сероводорода.

Неотъемлемой частью исследований биогеохимических процессов, происходящих в океане, является изучение всех основных форм ***органического вещества*** в морях и океанах и на их границах. Органическое вещество оказывает всестороннее и глубокое влияние на химические, биологические и биогеохимические свойства океана, на его газовый режим, обмен с атмосферой и сушей. Морская вода, взвесь и донные осадки содержат множество органических соединений различной степени устойчивости: от соединений, входящих в живые клетки и быстро распадающихся вне их, до стойких органно-минеральных комплексов типа гуминовых, амикагиновых кислот и гуминов. Измерение суммарных концентраций и состава различных форм органического вещества позволяет ставить и решать задачи определения скорости трансформации природных и антропогенных веществ в морях и океанах.

Главным продуцентом органического вещества в океане является фитопланктон, и основное значение в создании первичной продукции в океане принадлежит диатомовым водорослям, которые синтезируют более 50% всего органического вещества. Другим первичным источником органического вещества является фитобентос.

Хемолитотрофные (хемосинтезирующие) бактерии распространены в океане значительно шире, чем фотосинтезирующие, но по массе значительно им уступают. Они осуществляют ту же

самую реакцию синтеза, что и зеленые растения, но энергию для синтеза органического вещества из CO_2 и воды получают за счет сопряженного окисления H_2, H_2S, S, $S_2O^{2-}_3$, SO^{2-}_3, NH^{7}_4, NO^{-}_2, Fe^{2}, Mn^{2}, CO и др.

Аллохтонное органическое вещество поступает в океан с речным и подземным стоком, с эоловым материалом, а также абразии берегов, вулканической деятельности и, наконец, с космогенным материалом и антропогенными загрязнениями. Наибольшее значение среди этих внешних источников имеют реки и эоловый транспорт. Хемосинтез, идущий за счет энергии окисления аллохтонных минеральных веществ, в том числе веществ речного, подземного стока, гидротерм, вулканических газов также следует учитывать в балансе органического вещества в океане. То же относится к хемосинтезу на основе энергии метана и его гомологов, поступающих в океан из недр Земли. Общая сумма этих поступлений и тем более та часть, которая используется хемолитотрофами, неизвестна.

Для определения биогенных веществ в морских водах применяют фотометрические методы. Одним из наиболее простых и доступных методов определения органического углерода в экспедиционных условиях является метод серно-хромового мокрого окисления $C_{орг}$ с последующим фотометрированием пробы.

Тяжелые металлы

В морской воде, помимо главных составляющих, присутствуют так называемые микроэлементы, количества которых не превышают 1 мг/л. В принципе это определение охватывает, за исключением некоторых элементов, практически всю периодическую систему. Среди них большое геохимическое значение имеют металлы и металлоиды (железо, марганец, медь, никель, цинк, мышьяк и др.). Исследование поведения этих микроэлементов в океане позволяет предсказывать последствия такой деятельности человека, как захоронение промышленных отходов или разработка полезных ископаемых. Многие элементы (например, медь, железо, цинк, селен) в небольших количествах необходимы практически для всех живых организмов. Понимание обстоятельств, которые делают эти элементы недоступными для биологических организмов, часто являются такой же важной проблемой, как и изучение случаев их токсичных концентраций. Знание распределения и факторов, контролирующих растворение, перенос и осаждение конкретных микроэлементов представляет значительный интерес с точки зрения поиска и прогнозирования рудных месторождений. Например, в местах, где высокие концентрации имеют многие микроэлементы (следовательно, во многих рудных месторождениях), металлы находятся в виде сульфидных минералов (сульфиды меди, цинка, серебра, ртути и т.д.), которые содержат селен, мышьяк, кадмий. В связи с тем, что сульфиды быстро выветриваются, такие рудные месторождения могут давать начало локальному обогащению глубинных вод растворенными микроэлементами. Именно этот фактор является одним из наиболее показательных аспектов геохимических поисков месторождений.

Определение многих микроэлементов, в первую очередь, тяжелых металлов, является одной из приоритетных составляющих экологического мониторинга. ***Кадмий, свинец, медь, никель, хром, мышьяк, ртуть*** являются наиболее токсичными металлами, поступающими в морскую среду, как при естественных процессах, так и в результате антропогенного воздействия. К примеру, около половины годового промышленного производства такого металла как ртуть (9-10 тыс. т. в год) различными путями попадает в океан. Ее содержание в каменном угле и нефти составляет в среднем 1 мг/кг, поэтому при сжигании ископаемого топлива Мировой океан получает еще более 2 тыс. тонн ртути в год. ***Железо*** и ***марганец***, хотя и менее токсичны, играют важную роль в геохимическом поведении других токсичных металлов, что необходимо учитывать при проведении мониторинга загрязнения морской среды.

Независимо от метода определения растворенных форм микроэлементов в морской воде необходима предварительная обработка проб, заключающаяся в их фильтрации через ядерные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм для выделения растворенной фазы металлов. Для определения растворенных форм металлов в настоящее время широкое распространение получил метод атомно-абсорбционной спектрометрии. Из-за мешающего влияния основного солевого состава морской воды этот метод позволяет прямое определение лишь некоторых металлов – железа,

марганца, хрома. Для определения растворенных форм других металлов необходимо произвести их концентрирование из морской воды методом сорбции.

В большей мере требованиям проведения современного мониторинга микроэлементов по пределам обнаружения и диапазону определяемых концентраций отвечает инверсионная вольтамперометрия (ИВА), которая позволяет регистрировать аналитический сигнал при концентрациях ионов токсичных металлов (Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} и др.) на уровне 10 нг/л. Преимуществом вольтамперометрии применительно к анализу природных вод является то, что она позволяет наряду с определением концентрации идентифицировать и физико-химическую форму нахождения (лабильную, инертную) элемента в воде. Это позволяет определить и оценить качество вод, происходящие процессы. Например, наибольшую токсичность обычно имеют гидратированные ионы и их лабильные комплексы, диссоциация которых протекает относительно легко; наименее токсичными являются устойчивые комплексы металлов и ионы, адсорбированные на коллоидных частицах. Общее содержание металлов в воде определяют после разрушения инертных форм с помощью УФ-облучения в кислой среде. Еще одним неоспоримым преимуществом ИВА является возможность проведения анализа непосредственно на борту судна и быстрое получение результатов, что особенно актуально при проведении комплексных геоэкологических исследований.

Для экспрессного определения тяжелых металлов в воде в последнее время стал использоваться метод рентгенофлуоресцентной спектрометрии.

Радиоактивные элементы

Радиоактивные элементы, как естественные, так и искусственные, присутствуют в морской воде в следовых количествах. Для океанологических исследований, ориентированных на экологию, наиболее интересны ^{3}H, ^{222}Rn и ^{14}C. Изучение распределения этих изотопов в океане дает ценные сведения о процессах перемешивания и возрасте глубинных водных масс.

Радиоактивные вещества техногенного происхождения, главным образом, продукты деления урана и плутония, стали в больших количествах поступать в океан после 1945 г., т. е. с начала испытаний ядерного оружия.

Для быстрого измерения образцов, содержащих альфа, бета, гамма метки используются сцинтилляционные счетчики.

Метан

Газогидраты – твердые соединения углеводородных газов и воды, стабильные при высоком давлении, низкой температуре и высокой концентрации газа, широко распространенные в осадочной толще океанских бассейнов, могут существенно повлиять на глобальный газообмен, цикл углерода и вызвать усиление «парникового эффекта». Масса углерода в океанских газогидратах оценивается в 7-15 (10^{12} т), что в 15-20 раз больше его массы в сухопутной биосфере. Нарушение устойчивости в таком гигантском резервуаре углерода, например за счет повышения температуры промежуточных и глубинных вод, омывающих континентальные склоны, может привести к катастрофическому увеличению потока углерода к поверхности дна и в водную толщу. Считается, что на границе палеоцена и эоцена (55 млн.л.н.) именно экстраординарно большое поступление углерода из газогидратов в океан и атмосферу вызвало резкое потепление глобального климата на 2-3°С.

В большинстве случаев доминирующим газом газогидратов является метан. Просачивание газов из донных осадков в водную толщу (сипинг) создает в океанской воде положительные аномалии CH_4, обнаружение которых чрезвычайно важно для уточнения глобального цикла углерода. Эти аномалии могут быть также одним из поисково-разведочных признаков нефти и газа.

Метан – один из наиболее важных газов в окружающей среде. Метановый датчик METS, устанавливаемый на CTD-зондах, является уникальным датчиком для решения проблем прямого измерения CH_4 в глубинных водах. Широкий спектр применения этого прибора позволяет проводить измерения содержания метана при мониторинге природных вод и процессов изменения

климата, а также дает возможность изучения многих аспектов исследования, мониторинга и поиска морских месторождений нефти и газа.

Для определения растворенного метана в пробах воды применяются методы газовой хроматографии.

Взвешенное вещество

Помимо растворенного вещества, морская вода содержит взвешенные частицы различных размеров и форм: минеральные и органические, как живые, так и детрит биогенной (бактерии, фито- и зоопланктон, рыбы) или терригенной (речной сток, продукты береговой эрозии, промышленные и бытовые отходы и т.д.) и эоловой (атмосферный перенос) природы, и, наконец, метеоритные частицы. В целом под взвесью понимаются частицы, имеющие размер 0,1мкм – 0,1мм. Взвеси представляют интерес для многих разделов океанографии, не говоря о той важной роли, которую они играют в жизни многочисленных морских организмов, которые питаются, фильтруя воду и удерживая все, что они способны усвоить, особенно органические остатки. Взвешенное вещество сильно раздроблено, вследствие чего его площадь поверхности в морской воде чрезвычайно велика. В результате существенно увеличивается его химическая и физико-химическая активность; это способствует также развитию бактерий. Процессы осадкообразования также зависят от размеров взвешенных частиц. Поскольку донные осадки образуются из взвешенных частиц в самом конце их опускания на дно, для исследования их состава необходимо знать весь комплекс химических, физико-химических и биохимических процессов, которые воздействуют на частицы по мере их медленного оседания. В известном смысле, с ограничениями в пространственно-временном отношении, взвесь может быть трассером некоторых гидродинамических процессов. Зоны мутности могут возникать в придонном слое океана в результате взмучивания осадков при сочетании струйных (контурных) течений и сложного рельефа дна, а также в случае турбидитных (мутьевых) потоков, развивающихся в подводных каньонах и выносящие на глубину лавины осадочных частиц. Наконец, взвешенные частицы сильно рассеивают акустические волны и оптическое излучение, таким образом воздействуя на распространение звука и света в толще воды.

Для гидрохимических исследований первоочередное значение имеет определение концентрации и дисперсности взвеси. Для изучения гидродинамических условий перехода во взвесь ранее осевших на дно твердых частиц (ресуспензия, обусловливающая вторичное загрязнение морской среды) необходимо определение дисперсности поверхностного слоя донных осадков.

В океанологической практике существует несколько способов выделения и изучения взвешенных частиц в морской воде. Прежде всего, это принудительная фильтрация и ультрафильтрация проб. Этот метод позволяет собрать взвешенное вещество для определения в береговых лабораториях концентрации взвеси, ее химического, минерального и гранулометрического состава. Преимуществом этого метода является то, что он позволяет одновременно получить пробы взвешенного и растворенного вещества и, таким образом, обеспечивает возможность исследования взвешенных и растворенных форм нахождения различных элементов (углерода, тяжелых металлов, азота и т.д.). Как известно, именно формы нахождения химического элемента отражают процессы, в которых последний участвовал на разных стадиях своей миграции.

Для сбора взвешенного вещества применяют также динамические методы, к числу которых принадлежит центрифугирование с использованием многокамерных и барабанных сепараторов непрерывного действия. При этом получают пробы сепарационной взвеси. Данный метод позволяет собирать пробы взвеси из поверхностного (5-7 м) слоя воды на ходу судна. Обычно сепарируется большой объем воды, что позволяет отобрать значительные количества взвешенного материала. Последнее существенно упрощает химический и минеральный анализ отобранных проб, поскольку к ним применимы методы анализа, аналогичные методам анализа донных осадков.

Применение электрических методов анализа гранулометрического состава взвеси позволяет быстро и эффективно определить число частиц независимо от их формы и состава. Преимущество

этого метода состоит в том, что его можно использовать непосредственно на борту судна, а это позволят избежать хранения проб и, следовательно, их возможных изменений. Кроме того, получение надежных результатов в реальном времени дает возможность своевременной оценки условий водной среды и максимально полного их исследования. Для определения дисперсности донных осадков и высококонцентрированных взвесей наряду с «классическими» методами измерений, такими как просеивание, отстаивание или микроскопия, используется метод лазерной дифрактометрии, который имеет ценные преимущества, такие как короткое время анализа, высокая точность, простая калибровка, широкая область измерений. В настоящее время этот прибор широко используется во всем мире и вытесняет традиционные методы.

Нефтепродукты

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Основная часть загрязнения океана нефтепродуктами связана с морским транспортом (Рис.16.8). Нефть и продукты ее переработки представляют собой чрезвычайно сложную, непостоянную и разнообразную смесь веществ. Она состоит преимущественно из насыщенных углеводородов и содержит 80-85 % С, 10-14% Н, 0,01- 7% S, 0,01% N, и 0-7% О. Понятие "нефтепродукты" в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды).

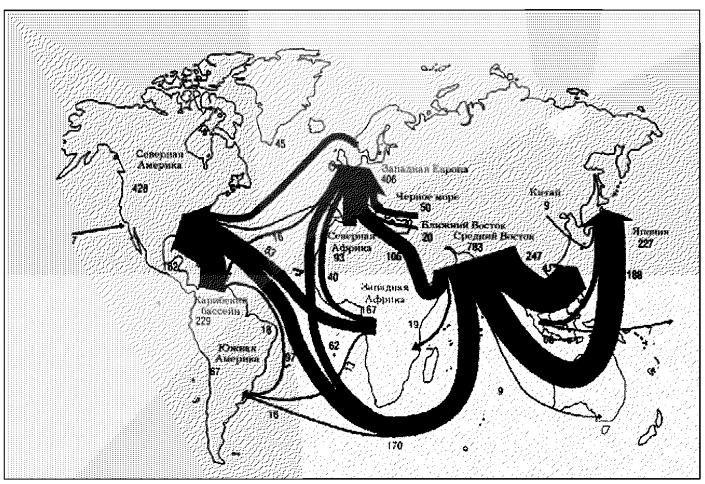


Рис. 16.8 Основные трассы и объемы (млн. т) транспортировки сырой нефти (1997 г.)

Попадая в морскую среду, нефть сначала растекается в виде поверхностной пленки, образуя слики различной мощности. Нефтяная пленка изменяет интенсивность и спектральный состав проникающего в водную массу света. В первое время существования нефтяных сликов большое значение имеет процесс испарения углеводородов. Нефтепродукты в океане находятся в различных миграционных формах: растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности воды. Обычно в момент поступления масса нефтепродуктов сосредоточена в пленке. По мере удаления от источника загрязнения происходит перераспределение между основными формами миграции, направленное в сторону повышения доли растворенных, эмульгированных, сорбированных нефтепродуктов. Количественное соотношение этих форм определяется комплексом факторов, важнейшими из которых являются условия поступления нефтепродуктов в водный объект, расстояние от места сброса, скорость течения и перемешивания водных масс, характер и степень загрязненности природных вод, а также состав нефтепродуктов, их вязкость, растворимость, плотность, температура кипения компонентов.

Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организме человека, животном мире, водной растительности, физическом, химическом и

биологическом состоянии водоема. Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные алифатические, нафтеновые и особенно ароматические углеводороды оказывают токсическое и, в некоторой степени, наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов, вызывая заболевания и гибель. Отрицательное влияние нефтепродуктов, особенно в концентрациях 0,001-10 мг/дм^3, и присутствие их в виде пленки сказывается и на развитии высшей водной растительности и микрофитов. В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, pH, ухудшается газообмен с атмосферой. Наибольшую опасность представляют полициклические конденсированные углеводороды типа 3,4-бенз(а)пирена, обладающие канцерогенными свойствами.

Концентрация нефтепродуктов в морской воде определяется флуориметрическим методом. Селекция световых потоков осуществляется специально подобранными светофильтрами.

Для определения высокотоксичных органических соединений применимы методы ИВА. Разработаны соответствующие методики для определения содержания полиароматических углеводородов (в частности, бенз(а)пирена).

Фенолы

Фенолы относятся к высокотоксичным соединениям, оказывающим крайне неблагоприятный эффект на живые организмы. В приоритетных списках загрязняющих природные воды веществ фенолы стоят на одном из первых мест, что объясняется высокой токсичностью и большим объемом их мирового стока (отходы целлюлозно-бумажного производства, хлорирование сточных и питьевых вод, деградация пестицидов, бытовые сточные воды и т.д.).

Очень малые значения предельно допустимых концентраций фенолов в воде диктуют необходимость применения высокочувствительных и специфичных методов их определения. Применяющаяся в практике химического мониторинга морской среды фотометрическая методика определения суммы фенолов и фенолоподобных веществ недостаточно чувствительна, не позволяет количественно анализировать индивидуальные фенолы. Преимуществом фотометрической методики является относительная простота ее исполнения и быстрое получение результатов, которые обычно используются для приближенных оценок фенольного загрязнения морской воды.

Для более полного и детального анализа используют газохроматографический метод. Пробы морской воды не подлежат консервации и хранению требуют экстрагирования.

Хлорированные углеводороды

Хлорированные углеводороды (хлорорганические пестициды и полихлорбифенилы) относятся к разряду наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Они попадают в морскую среду с промышленными и сельскохозяйственными стоками. Значительное количество этих соединений попадает в море из атмосферы. Хлорированные бифенилы - высокотоксичные соединения, поражающие печень и почки. Их хроническое действие сходно с действием хлорпроизводных нафталина. Они вызывают порфирию: активируют микросомные ферменты печени. Хлорбифенилы обладают эмбриотоксическим действием и оказывают выраженное влияние на репродуктивную функцию. Хлорорганические инсектициды обладают значительно большей токсичностью для рыб. Важнейшей отличительной чертой большинства хлорорганических соединений является стойкость к воздействию различных факторов окружающей среды (температура, солнечная радиация, влага и др.) и значительную способность накапливаться в объектах морской среды (вода – донные отложения – планктон – рыбы – птицы). Учитывая вышесказанное, особую важность приобретает осуществление контроля за фоновыми концентрациями этих соединений в морской воде.

Хроматографический метод также является предпочтительным для определения хлорированных углеводородов. Консервация и хранение проб недопустимы. В течение 2-х часов после отбора пробы необходимо проэкстрагировать гексаном с целью перевода ХОП и ПХБ в органическую фазу.

Разработаны соответствующие методики для определения содержания некоторых хлорсодержащих пестицидов методом ИВА.

Синтетические поверхностно-активные вещества

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), или детергенты, представляют собой органические соединения ионного или молекулярного строения, обладающие поверхностно-активными свойствами и моющей способностью. Эти вещества способны адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать вследствие этого поверхностную энергию (поверхностное натяжение). В водные объекты СПАВ поступают в значительных количествах с хозяйственно-бытовыми (использование синтетических моющих средств в быту) и промышленными сточными водами (текстильная, нефтяная, химическая промышленность, производство синтетических каучуков), а также со стоком с сельскохозяйственных угодий (в качестве эмульгаторов входят в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов). Попадая в водоемы и водотоки, СПАВ оказывают значительное влияние на их физико-биологическое состояние, ухудшая кислородный режим и органолептические свойства, и сохраняются там долгое время, так как разлагаются очень медленно. Отрицательным, с гигиенической точки зрения, свойством СПАВ является их высокая пенообразующая способность. Постоянно увеличивающийся уровень производства и потребления СПАВ, а также невозможность полной очистки от них сточных вод делают задачу контроля за содержанием детергентов в природных, в частности, морских, водах весьма актуальной.

Одним из наиболее чувствительных и относительно простых методов для определения СПАВ является метод атомно-абсорбционной спектрометрии. Обычно анализ (измерение абсорбции) проводят в береговой лаборатории, а отобранную пробу подвергают лишь первичной обработке (до стадии экстракции включительно). Экстракты устойчивы в течение 2-3 месяцев. В судовых условиях наиболее приемлемым методом определения СПАВ является газохроматографический.

Судовая гидрохимическая лаборатория. Приборы для осуществления отбора проб морской воды и их гидрохимический анализ

Приборное оснащение судовой гидрохимической лаборатории должно: а)состоять из совокупности взаимосвязанных и взаимодополняющих приборов, пригодных к использованию в морских экспедиционных условиях; б) соответствовать современному мировому уровню проведения комплексных океанографических наблюдений, отражающих экологическое состояние океанской среды и обеспечивать возможность определения всех наиболее важных гидрохимических параметров; в) учитывать принцип максимальной экономической эффективности при определении соотношения уже имеющейся, модернизированной и приобретенной аппаратуры; г) позволять проведение модернизации лабораторного оборудования в сжатые сроки.

Комплекс приборных средств должен обеспечивать: а) измерение гидрохимических параметров на ходу судна в автономном режиме; б) отбор на станциях проб морской воды и их комплексный анализ.

16.4 Судовая приборная база для проведения гидрохимических исследований

Средства пробоотбора

Для отбора проб воды на станциях служит судовой ***кассетный пробоотборник*** («розетта»), укомплектованный двадцатью четырьмя 5-литровыми батометрами (Рис.16.9). Пробоотборник сопряжен с зондирующим CTD-комплексом, который помимо датчиков температуры и электропроводности снабжен также датчиками растворенного кислорода, метана, pH и прозрачности, и обеспечивает прицельный пробоотбор воды с учетом вертикального распределения гидролого-гидрохимических параметров до глубины 6000м. В необходимых

случаях зондирующий комплекс оснащается высокочувствительным многоканальным глубоководным автономным прозрачномером (ГАП-3).



Рис. 16.9 Судовой кассетный пробоотборник воды («розетта»)

Измерение на ходу судна в автономном режиме ряда гидролого-гидрохимических параметров океанской среды (температуры, солености, растворенного кислорода, прозрачности, pH, спектров флуоресценции растворенного органического вещества, хлорофилла, пигментов фитопланктона, окрашенного органического вещества и нефтепродуктов) обеспечивает измерительная система, включающая полностью автоматизированный отбор проб забортной воды и набор соответствующих регистраторов. Водозабор проводится из кингстона (Рис.16.12), пробы отбираются с помощью ***судового автоматического пробоотборника*** Colora FR 3700 (Рис.16.13), оборудованного сотрудниками ЦНИИ им. ак. А.Н. Крылова на пароме «Инженер» (1998 г., Санкт-Петербург – Стокгольм).

Общая схема системы водозабора, установленная на судне “Инженер”, представлена на Рис 16.10.

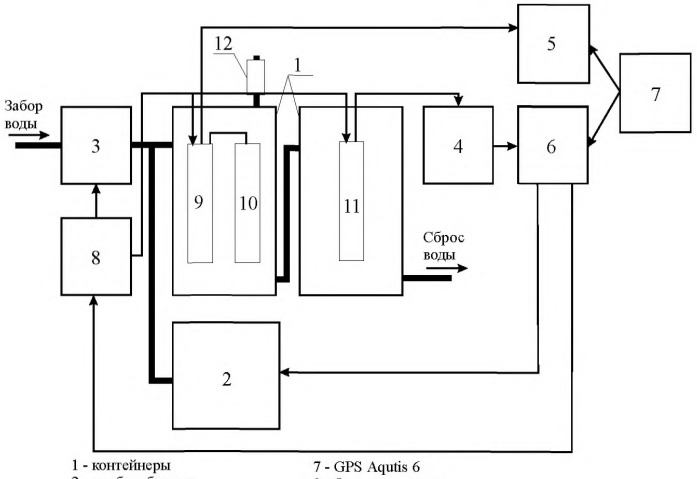
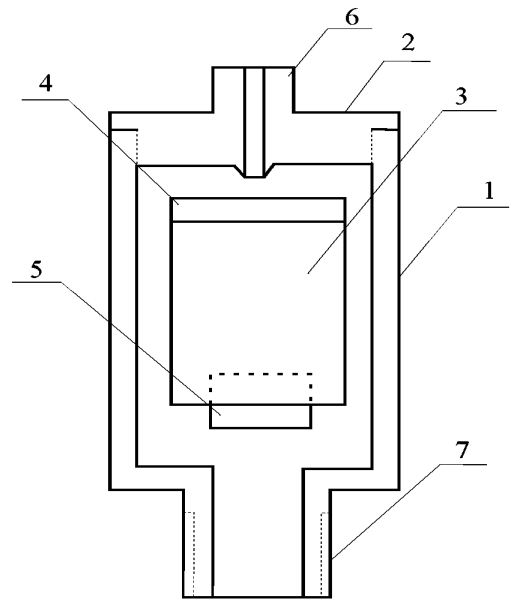


Рис. 16.10 Схема измерительной установки

Опыт применения систем водозабора в машинном отделении судов из системы охлаждения двигателя и из кингстона показал, что в последнем случае удается получить данные с меньшей погрешностью, так как температура воды соответствует забортной и, в целом, испытывает меньшее изменение на пути от точки водозабора до измерительного контейнера вследствие прямой подачи воды и более короткого трубопровода. В то же время в этом случае существует проблема возникновения воздушной прослойки в кингстонном ящике, нарушающей работу водозаборной системы. Для решения этой проблемы применен специальный воздушный клапан, обеспечивающий автоматический выпуск воздуха из кингстонного ящика. Схема клапана представлена на Рис.16.11.



1 - корпус
2 - крышка
3 - поплавок
4 - резиновая шайба
5 - груз
6 - штуцер для выхода воздуха
7 - резьбовая часть для подсоединения к контейнеру

Рис.16.11 Автоматический воздушный клапан

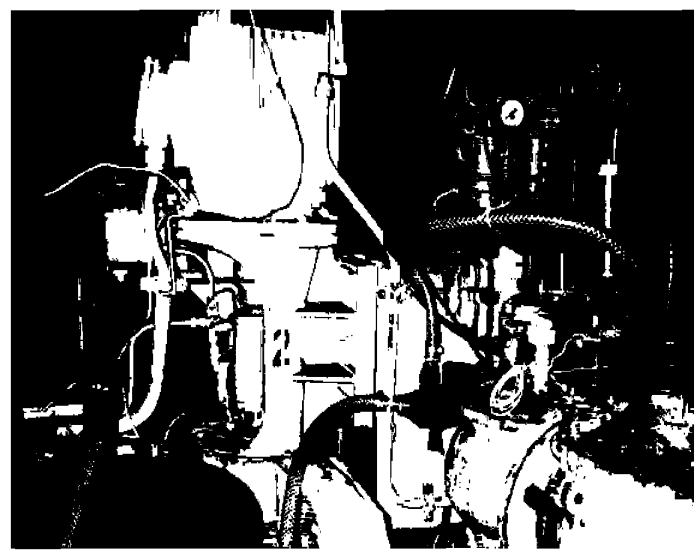


Рис. 16.12 Элемент системы водозабора из кингстона на пароме «Инженер» (1998 г., Санкт-Петербург – Стокгольм)



Рис. 16.13 Автоматический пробоотборник ColoraFR 3700 на пароме «Инженер» (1998 г., Санкт-Петербург – Стокгольм).

С системой попутного пробоотбора воды сопряжен сепаратор, позволяющий получать пробы сепарационной взвеси из поверхностного (5-7 м) слоя воды на ходу судна. При этом сепарируется большой объем воды, что позволяет собирать значительные количества взвешенного материала. Последнее существенно упрощает химический и минеральный анализ отобранных проб, поскольку к ним применимы методы анализа, аналогичные методам анализа донных осадков.

В пробоотборнике используется усовершенствованная система определения гидрофизических параметров. Измерительная система включает два традиционных для рассматриваемой методики элемента: СТД зонд DRP производства фирмы ADM, ФРГ и флюориметр Mini Backscat этой же фирмы для определения концентрации хлорофилла-А. Принципиально новым элементом измерительной системы является регистрация уровня содержания в забортной воде растворенных нефтепродуктов с помощью флюориметра Backscat UV-2, с фильтром ультрафиолетового оптического диапазона.

Важным достоинством системы DRP является встроенный блок аналого-цифрового преобразования, обеспечивающий передачу данных от отдельных элементов системы по единственному кабелю непосредственно на интерфейс RS-232 управляющего компьютера. Такая конфигурация измерительной системы существенно упрощает размещение ее в машинном отделении судна и повышает надежность ее работы.

Таблица 16.1

Параметры датчиков системы ADM-DRP

Параметр	Точность	Чувствительность	Постоянная времени
Температура	0.025 °C	0.001 °C	300 ms
Электропроводность	0.03 mS/cm	0.001 mS/cm	70 ms
Растворённый кислород	1.5%	0.1%	1000 ms

Параметры измерителей представлены в Таблице 16.1. Отличительной особенностью является малая инерционность преобразователя концентрации растворенного кислорода: 1с в отличие от стандартных значений 120÷150с. Это позволяет получить пространственные распределения гидрофизических параметров с сопоставимым пространственным разрешением.

16.5 Основные технические требования к гидрохимическому комплексу

Основные технические требования к гидрохимическому комплексу

Сравнительный анализ различных отечественных и зарубежных систем для измерения гидрохимических характеристик морской воды в судовых условиях позволил определить основной состав требований, предъявляемых к современной аппаратуре получения информации об этих характеристиках морской воды. Концептуально эта аппаратура должна включать в свой состав CTD-зонд высокой степени пространственно-временного разрешения, батометрическую секцию, бортовой комплекс обработки проб воды. Современные конструкции CTD-зондов, как правило, наряду с традиционными ST-параметрами выдают в реальном масштабе времени дополнительно следующие данные:

- Три компоненты скорости течений
- Кислород
- Флуоресценция
- Прозрачность
- Хлорофилл
- Активная фотосинтетическая радиация
- pH
- Мутность

Бортовой комплекс после спектральной обработки взятых проб воды выдает данные о следующих параметрах:

- Кислород
- Кремний
- Фосфор
- Нитраты
- Нитриты
- Щелочность
- pH
- Нефтепродукты
- CO_2.

При этом подобного рода комплексы снабжены интерфейсной картой RS-232, что позволяет их интегрировать в судовую локальную вычислительную компьютерную сеть. Такое технологическое решение позволяет осуществлять анализ поступающей информации в реальном масштабе времени, что крайне важно при проведении комплексных океанологических исследований различными группами специалистов, находящихся на борту судна и в береговых центрах. Одновременно с анализом существует реальная возможность формировать геоинформационный банк данных. В нем вместе с данными о гидрохимических характеристиках поступает информация о состоянии атмосферы, навигации и других параметрах водной среды.

Лабораторное гидрохимическое оборудование

Соотношение измеряемых параметров и соответствующих лабораторных приборов схематично представлено на Рис. 16.14. Атомно-абсорбционный спектрометр не входит в состав судового комплекса. В рейсах проводится только предварительная обработка проб для этого вида анализа.

В состав оборудования гидрохимической лаборатории также входят дистиллятор, центрифуга, электроплитки, водяная баня, сушильный шкаф, холодильник, пипетки и дозаторы (автоматические пипетки), стеклянная и полиэтиленовая химическая посуда, магнитная мешалка, разделительные воронки и другое стандартное химическое оборудование.

Все аналитические приборы включены в локальную компьютерную сеть, обеспечивающую их связь с навигационной и другой судовой информацией в реальном масштабе времени.

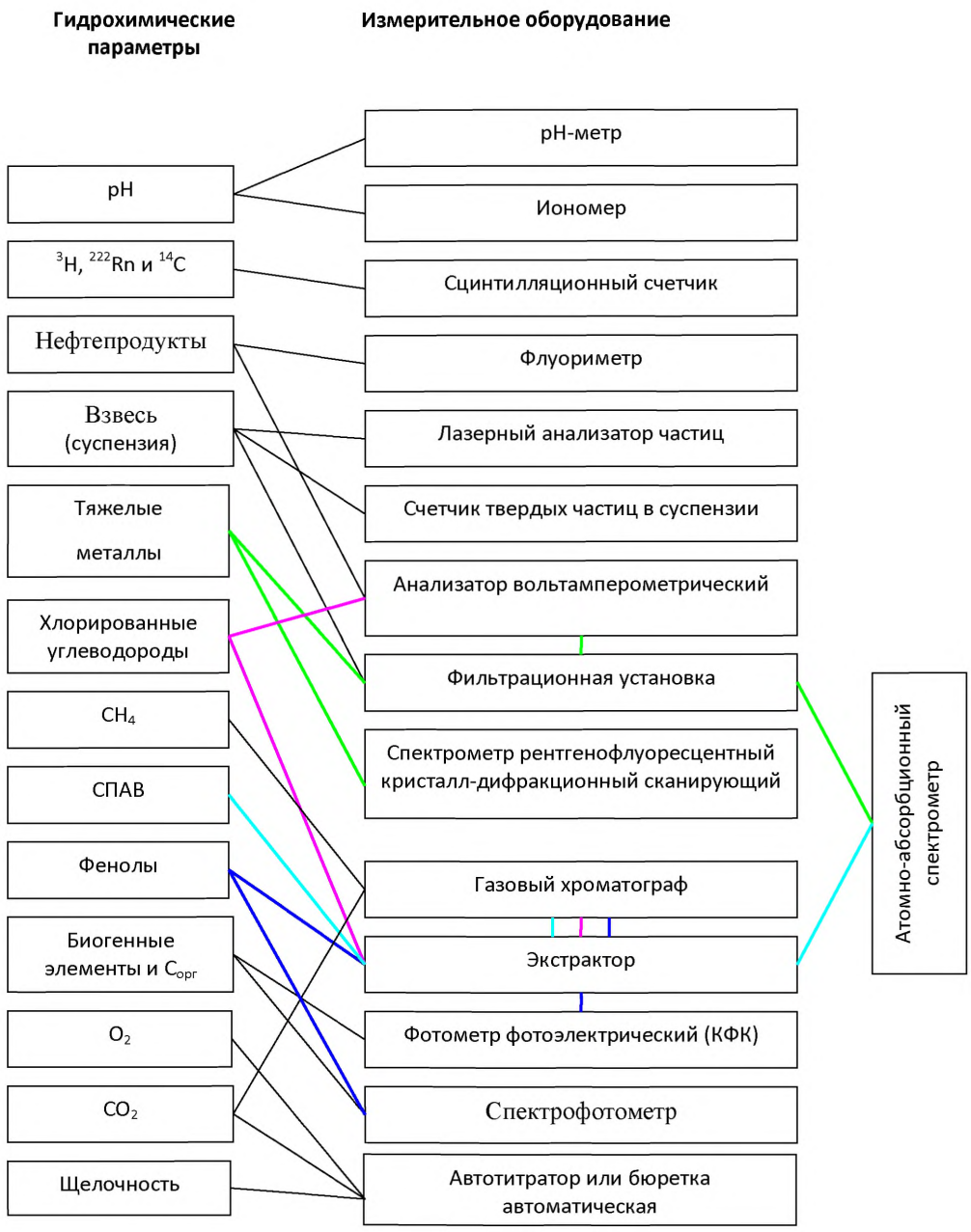


Рис. 16.14 Система приборов судовой гидрохимической лаборатории

Приведем основные сведения о некоторых видах современной судовой гидрохимической аппаратуры и ее характеристиках.

В частности, Росстатом утверждены семь типов средств измерений размеров частиц в морской воде (Таблица 16.2)

Таблица 16.2

Сведения об утвержденных типах средств измерений

Номер в госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер
56406-14	Анализаторы размера частиц	Analysette 22 NanoTec plus	Фирма "Fritsch GmbH", Германия	05.02.2019
56405-14	Анализаторы размера частиц	Analysette 22 MicroTec plus	Фирма "Fritsch GmbH", Германия	05.02.2019
45118-10	Анализаторы размеров частиц лазерные	Analysette 22	Фирма "Fritsch GmbH", Германия	01.08.2015
30865-05	Анализаторы размера частиц лазерные	Analysette 22	Фирма "Fritsch GmbH", Германия	на 4 шт. с зав.№ 22.9050/699 … 22.9050/702
27562-04	Анализаторы частиц	Analysette 22 мод. NanoTec, MicroTec	Фирма "Fritsch", Германия	01.09.2009
27561-04	Анализаторы частиц	Analysette 22 COMPACT	Фирма "Fritsch", Германия	01.09.2009
19257-00	Микроанализатор размеров частиц лазерный дифракционный	Analysette 22	Фирма "Fritsch GmbH", Германия	зав.№ 101

К числу наиболее часто используемых относится лазерный анализатор частиц «Analysette 22» Compact (номер в госреестре 27561-04). Ниже приводится краткое описание его работы.

Лазерный анализатор частиц “Analysette 22” COMPACT

Лазерный анализатор частиц “Analysette 22” COMPACT (Рис.16.15) представляет собой многофункциональный инструмент для определения размеров частиц в суспензиях, эмульсиях и порошках посредством дифракции лазерного луча. В сравнении с «классическими» методами измерений, такими как просеивание, отстаивание или анализ изображений, метод лазерной дифракции имеет ценные преимущества, такие как короткое время анализа, высокая точность, простая калибровка, широкая область измерений.

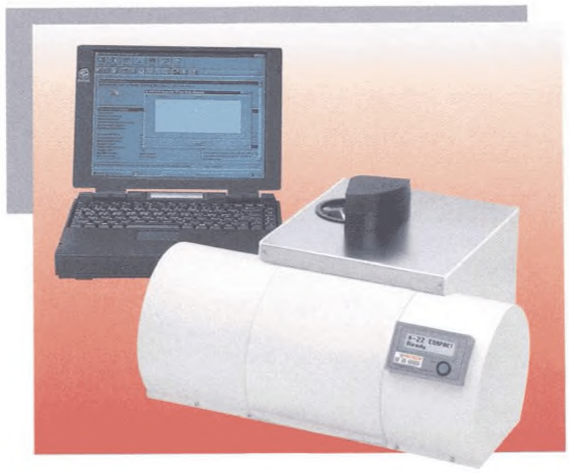


Рис. 16.15 Лазерный анализатор частиц "Analysette 22" COMPACT

Принцип работы инструмента основан на методе лазерной дифракции, который заключается в физическом принципе рассеивания электромагнитных волн.

Частицы в параллельных испускаемых лазерных лучах преломляют свет на точно зафиксированный угол, который зависит от диаметра частиц. Конечные значения получаются в результате сравнения дифракции от исследуемых частиц с дифракцией от сфер известного диаметра. Измеряется среднее значение диаметров и размеров частиц.

"Analysette 22" поддерживается программной оболочкой WINDOWS, программное обеспечение прибора сходно с оформлением программ Microsoft и поддерживает все опции новой 32-Bit операционной системы. Стандартные функции очень обширны и позволяют пользователю во многом самому модифицировать программу.

Модель "Analysette 22" COMPACT имеет область измерений от 0,3 до 300 мкм. Прибор особенно интересен для пользователей, которые нуждаются в настольном инструменте для регулярного анализа размеров частиц. Прибор прост в обращении, как в лаборатории, так и в мастерской.

Стандартные программы позволяют адаптировать результаты, полученные методом лазерной дифракции, к результатам, полученным классическими способами.

Размер частиц может определяться в суспензии или в сухом веществе.

Электросолемеры

К числу важнейших гидрохимических приборов относятся солемеры. В Таблице 16.3 приведены солемеры, вошедшие в государственный реестр Росстандарта, которые имеют отношение к измерению солености в морях и океанах.

Таблица 16.3

Электросолемеры

Сведения об утвержденных типах средств измерений

Номер в госреестре	Наименование СИ	Обозначение типа СИ	Изготовитель	Срок свидетельства или заводской номер
42444-09	Электросолемеры	ГМ-2007	ОАО "Сафоновский завод "Гидрометприбор", г.Сафоново	01.01.2015

11268-88	Установки автоматизированные для поверки общепромышленных кондуктометров и солемеров	УПКС-1	Завод "Агат" НПО "Исари", Грузия, г.Тбилиси	*)
10215-06	Электросолемеры	ГМ-65М	ОАО "Сафоновский завод "Гидрометприбор", г.Сафоново	01.10.2011
10215-85	Электросолемеры	ГМ-65М	Завод "Гидрометприбор", г.Сафоново	*)

Приведем здесь описание отечественного солемера ГМ-2007, выпускаемого Сафоновским заводом гидромеприборов, включенного в Госреестр под номером 42444-09.
Элекросолемер ГМ-2007.

Назначение и область применения

Электросолемер ГМ-2007 предназначен для измерения солености проб морской воды в лабораторных условиях кондуктометрическим методом в соответствии с ГСССД 77-84 по измеренным величинам относительной электропроводимости и температуры воды, передачи данных в персональный компьютер и вычисления солености воды в компьютере согласно формулам Международной практической шкалы солености (МПШС-78).

Электросолемер является лабораторным прибором. Вид климатического исполне-ния электросолемера УХЛ4 по ГОСТ 15150, но при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35 °С.

Область применения эдектросолемеров – производство гидрологических, экологических и рыбопоисковых исследований в морях и океанах.

Питание от сети однофазного переменного тока с частотой 50 Гц, напряжением 220 В.

Описание

Электросолемер ГМ-2007 по принципу действия и конструктивному исполнению относится к анализаторам жидкости кондуктометрического типа.

В состав схемы входят следующие основные сборочные единицы:

- наливная ячейка индуктивного типа, состоящая из двух тороидальных трансформаторов, связанных “витком воды”;
- питающий генератор синусоидального напряжения с частотой 8,2 кГц;
- эталонный трансформаторный делитель напряжения с бесконтактными ключами;
- микроконтроллер, управляющий трансформаторным делителем напряжения;
- базовый микропроцессор;
- цифровой микропроцессорный сумматор.

Принцип действия электросолемера основан на зависимости солености морской воды от электрической проводимости и температуры. Эта зависимость установлена ГСССД 77-84 (Международная шкала практической солености (МПШС-78). Измеряя электрическую про-водимость и температуру пробы морской воды, по установленным соотношениям вычисляют соленость.

Относительная электропроводимость пробы воды (ОЭП) измеряется индуктивной ячейкой относительно электропроводимости нормальной морской воды при температуре плюс 15 °С, которая принимается за единицу. Измеряемая электропроводимость создается “витком” воды, связывающим между собой два трансформатора, намотанных на ферритовых сердечниках. Первый трансформатор ТР1 получает питание от питающего генератора и создает замкнутый ток в витке воды. Величина этого тока пропорциональна измеряемой электропроводимости и поперечному сечению токопроводящего витка воды. Ток в витке воды измеряется с помощью второго трансформатора ТР2 нулевым компенсационным методом. Для этого во вторичную обмотку этого трансформатора подается встречный компенсационный ток такой величины, при

котором напряжение на вторичной обмотке стремится к нулю. Нулевой метод измерения тока позволяет исключить влияние магнитной проницаемости сердечника на результат измерения.

Помимо электропроводимости также с высокой точностью на уровне тысячных долей градуса измеряется температура пробы воды. Кроме того, в приборе предусмотрены

вспомогательные измерительные каналы, предназначенные для автоматического учета и введения поправок на влияющие факторы внешней среды. В число вспомогательных параметров входят температура окружающего воздуха, питающее напряжение индуктивной ячейки, опорное напряжение постоянного тока аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Для повышения точности измерений измерительный блок прибора термостатирован при температуре (32±0,3) °С.

Повышенная точность электросолемера достигается за счет использования нового в кондуктометрии способа измерений, при котором каждое измерение электропроводимости пробы воды выполняется в два приема. В первом цикле выполняется компенсация основной части выходного сигнала ячейки путем ступенчатого уравновешивания противофазным сигналом от эталонного трансформаторного делителя напряжения. При этом остается некоторый остаток недокомпенсации, не превышающий единицы дискретности, составляющей 1/256 часть от полного диапазона измерения. Во втором цикле измерения остаток недокомпенсации измеряется с помощью аналогового компенсатора и последующего за ним АЦП. Окончательный результат измерения получается суммированием цифровых отсчетов первого и второго циклов с соответствующими весовыми коэффициентами. В первом цикле измерения получается 8 старших бит измерения, а во втором – 16 младших бит. В итоге получается отсчет из 24 бит и соответствующее разрешение по каналу электропроводимости. За счет влияния различных дестабилизирующих факторов погрешность измерения значительно превышает указанную дискретность измерения и соответствует примерно 18 двоичным разрядам, или 0,001 % от диапазона измерения.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Диапазон измерения относительной электропроводимостиморской воды, безразмерных единиц - от 0 до 1,50000
- Дискретность измерения относительной электропроводимости, безразмерных единиц, не более - $4 \cdot 10^{-6}$
- Нестабильность характеристики канала измерения относительной электропроводимости за время между калибровками по нормальной воде, % от предела измерения, не более - 0,01
- Диапазон измерения солености морской воды, практических единиц солености (пес) - 0,02 до 42,000
- Дискретность измерения солености, пес, не более - 0,001
- Предел допускаемой погрешности измерения солености в нормальных условиях и в диапазоне рабочих температур от 16 до 30 °С, пес, не более - 0,005
- Объем пробы морской воды в ячейке, $см^3$ - 30
- Цикличность измерения солености воды, с - 15
- Напряжение питающей сети переменного тока частотой 50 Гц, В - 220±20%
- Мощность, потребляемая от электросети, Вт, не более - 15
- Скорость передачи данных в компьютер через последовательный COM-порт или адаптер USB в интерфейсе RS-232C-8 бит, 1 стоповый, без паритета, бит/с - 9600
- Операционная система, в которой работает Программа компьютера - Windows XP и Windows Vista
- Габаритные размеры прибора, мм, не более - 550x375x220
- Масса прибора, кг, не более – 3

Комплектность электросолемера ГМ-2007

Обозначение изделия	Наименование изделия	Кол.	Примечание
ЯИКТ.414311.001	Электросолемер ГМ-2007	1	
ЯИКТ.685631.021	Соединительный кабель для последовательного COM-порта	1	Длина 2 м
	Адаптер USB с драйвером на CD – диске	1	
	Компьютер "ноутбук" с установленной программой <ELEKTROSOLEMER>	1	Поставляется по отдельному заказу
	Одиночный комплект ЗИП	1	Согласно ЯИКТ.414311.0013И
ЯИКТ.416939.001	Программное обеспечение ГМ-2007	1 экз.	Поставляется на CD-диске
ЯИКТ.323361.007	Футляр	1	
ЯИКТ.414311.001 РЭ	Электросолемер ГМ-2007 Руководство по эксплуатации	1 экз.	
ЯИКТ.414311.001ФО	Электросолемер ГМ-2007 Формуляр	1 экз.	
ЯИКТ.414311.001 ЗИ	Электросолемер ГМ-2007 Ведомость ЗИП	1 экз.	
ЯИКТ.414311.001 Д	Методика поверки МП ЯИКТ.414311.001 Д	1 экз.	

Поверка

Поверка электросолемера ГМ-2007 проводится в соответствии с документом «Электросолемер ГМ-2007.Методика поверки» ЯИКТ.414311.001.Д, утвержденным ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» «18» июня 2009 г.

Основные средства поверки:

-цифровой мультиметр класса точности 0,02;

-калий хлористый по ГОСТ 4234-77 квалификации х.ч.;

-вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Межповерочный интервал 1 год.

Нормативные и технические документы

ГОСТ 8.457-2000 «ГСИ.Государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей».

ГСССД 77-84 Морская вода. Шкала практической солености 1978 г.

ЯИКТ.414311.001 ТУ. Электросолемер ГМ-2007. Технические условия.

Заключение

Тип электросолемеров ГМ-2007 утвержден с тезхническим и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при выпуске из производства, в эксплуатации и после ремонта согласно государственной поверочной схеме.

Изготовитель

215500, Россия, Смоленская обл., г. Сафоново,
АО «Сафоновский завод «Гидрометприбор».
Тел. (48142) 7-50-15, 7-50-28

16.6 Гидрохимические датчики

Датчики растворенного кислорода в морской воде, разработанные фирмой «AANDERAA», Норвегия, модификаций 3830,3835,3930,4130,3975,4175 включены в Государственный реестр Росстандарта (свидетельство №46546).

Назначение средства измерений

Датчики растворенного кислорода в воде модификаций 3830, 3835, 3930, 4130, 3975, 4175 предназначены для автоматического непрерывного измерения массовой концентра- ции кислорода, растворенного в воде, с отображением результатов на дисплее ПК. Описание средства измерений Принцип действия датчиков растворенного кислорода в воде оптический, основан на способности отдельных веществ к динамическому гашению флуоресценции. Флуоресцентным индикатором является специальная платино-порфирированная система, вмонтированная в газопроницаемую мембрану, на которую воздействует вода. Черное оптически изолирующее покрытие защищает систему от солнечного излучения и флуоресцентных частиц в окружающей воде.

Чувствительная мембрана прикреплена к окошку, обеспечивающему оптический доступ извне к измерительному блоку, находящемуся внутри водонепроницаемого титанового корпуса. Регистрируемая в красной области спектра интенсивность излучения мембраны, возбуждаемого под воздействием модулированного синего света, зависит от количества растворенного кислорода. Массовая концентрация растворенного кислорода определяется после линеаризации и термокомпенсации, выполняемых при помощи встроенного датчика температуры воды.

Конструктивно датчики выполнены как полностью автономные сенсоры и могут эксплуатироваться как в мелководных прибрежных районах со значительным наличием водорослей и в закрытых водоемах рыбоводных хозяйств, так и при океанографических исследованиях с подключением к ПК или регистратору. Общий вид датчиков приведен на Рис.16.16.

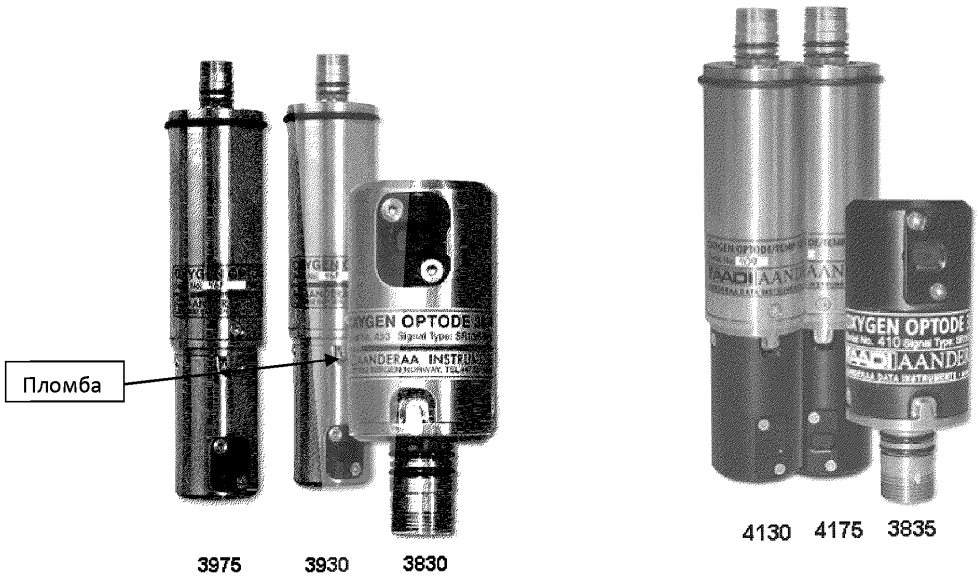


Рис.16.16 Общий вид датчиков

Программное обеспечение Датчик растворенного кислорода в воде модификаций 3830, 3835, 3930, 4130, 3975, 4175 имеют встроенное программное обеспечение (программа "OxyView", записанная в ППЗУ микроконтроллера прибора) и автономное программное ("Optode Oxygen Support Software").

Встроенное программное обеспечение разработано изготовителем прибора для решения задач измерения массовой концентрации растворенного в воде кислорода и температуры воды.

Оно управляет работой микропроцессора, обеспечивающего функционирование всего датчика и выполнение функций сбора, хранения датчиком результатов измерений концентрации растворенного кислорода и температуры, а также их подготовки к считыванию ПК. Программное обеспечение идентифицируется путем вывода на дисплей ПК версии по запросу пользователя через меню автономной программы.

Автономное программное обеспечение (программа Optode Oxygen Support Software, установленная на ПК под управлением операционной системы MS Windows) используется для решения следующих задач:

- просмотра результатов измерений в реальном времени на дисплее ПК;
- сохранения в базе данных результатов измерений;
- установки значений градуировочных коэффициентов.

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в Таблице 16.4. Автономное ПО полностью метрологически значимо.

Таблица 16.4

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения

Наименование встроенного ПО: “OxyView”	MainUnit.hex	1.6	0002B8F6	CRC 32
Наименование автономного ПО: “Optode Oxygen Support Software”	OxyView.exe	1.02	7B91295C	CRC 32

Уровень защиты программного обеспечения от преднамеренных и непреднамеренных изменений соответствует уровню защиты «С» по МИ 3286-2010. Влияние программного обеспечения на метрологические характеристики учтено при нормировании метрологических характеристик.

Метрологические и технические характеристики

1) Диапазон измерений массовой концентрации растворенного кислорода: от 0,2 до 16 мг/дм^3;

2) Пределы допускаемой относительной погрешности датчика в режиме измерения содержания растворенного кислорода: ± 5 %;

3) Диапазон измерений температуры: от минус 5 до 40^{o}C;

4) Пределы допускаемой абсолютной погрешности в режиме измерения температуры:
± 0,1 ^{o}C (для модификаций 3830, 3835, 3975, 4175);
± 0,05 ^{o}C (для модификаций 3930, 4130).

5) Напряжения питания постоянного тока – от минус 6 до плюс 14 В и от плюс 5 до плюс 14 В.

6) Габаритные размеры и масса датчика приведены в Таблице 16.5.

Таблица 16.5

Характеристики	Значение характеристики для модификации					
	3830	3835	3930	4130	3975	4175
Габаритные размеры, мм	Ø36×86		Ø40×168		Ø40×176	
Масса, кг	0,23	0,12	0,495	0,385	0,48	0,37

7) Средний срок службы: 5 лет.

8) Средняя наработка на отказ: 10000 ч.

9) Условия эксплуатации:

- диапазон температуры анализируемой воды, °С (см. Таблицу 16.6):

Таблица 16.6

Модификации					
3830	3835	3930	4130	3975	4175
от 0 до 36		от -7,5 до 41		от 0 до 36	

- диапазон атмосферного давления: 84 – 106 кПа.

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится типографским способом на титульный лист паспорта и на корпус датчика методом сеткографии.

Комплектность средства измерений

- датчик соответствующей модификации – 1 экз.;
- ноутбук – 1 экз.;
- паспорт – 1 экз.;
- методика поверки МП-242-1235-2011 - 1 экз.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП-242-1235-2011 «Датчики растворенного кислорода в воде модификаций 3830, 3835, 3930, 4130, 3975, 4175. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 15.10.2011 г.

Основные средства поверки:

- поверочные газовые смеси: ГСО-ПГС O2/N2 №№ 3723-87, 3729-87 в баллонах под давлением по ТУ 6-16-2956-01;
- аргон, высший сорт по ГОСТ 10157.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методика измерений приведена в документе «Датчики растворенного кислорода в воде модификаций 3830, 3835, 3930, 4130, 3975, 4175. Паспорт».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к Датчикам растворенного кислорода в воде модификаций 3830, 3835, 3930, 4130, 3975, 4175:

1. ГОСТ 22729-84 «ГСП. Анализаторы жидкостей. Общие технические условия»;
2. Техническая документация фирмы «AANDERAA», Норвегия.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды и в гидрометеорологии.

Изготовитель

фирма «AANDERAA», Норвегия
Адрес: Nesttunbrekka 97, P.O. BOX 34 Slåtthaug,
N-5851 Bergen; Tel/ Fax + 47 55604800.

В Таблицах 16.7 и 16.8 приведены основные характеристики модели Oxygen Optode 3930.

Таблица 16.7

Модель *Oxygen Optode 3830*

Параметр	Диапазон	Разрешающая способность	Точность	Постоянная времени
Концентрация O_2	от 0 до 500 μM	1 μM	8 μM	< 14 с (63 %)

Рабочая температура от 0 до 40 ^{0}C. Максимальная глубина погружения: 6000 м. Передача данных через интерфейс RS-232C, скорость передачи 9600 Бод, или AanderaaSR10 (контроль измерений осуществляется с терминала). Интервал измерений: от 2 с до 255 мин. Питание: от -6 до -14 В (при SR10); от +5 до +14 В (при RS-232C). Размеры: 36×86 мм. Вес: 0,23 кг.

Таблица 16.8

Модель *Oxygen Optode 3930*

Параметр	Диапазон	Разрешающая способность	Точность	Постоянная времени
Концентрация O_2	от 0 до 500 μM	1 μM	8 μM	< 20 с (63 %)
Температура	от –7,5 до 41 ^{o}C	0,05 ^{o}C	± 0,1 ^{o}C	30 с (63 %)

Рабочая температура от 0 до 40^{0}C. Максимальная глубина погружения: 2000м. Передача данных через интерфейс RS-232C (скорость передачи 9600 Бод), или Aanderaa SR10 (контроль измерений осуществляется с терминала).

Питание: от -6 до -14В (при SR10); от +5 до +14В (при RS-232C).

Размеры: 40×168 мм. Вес: 0,495 кг.

Также фирма выпускает датчики мутности воды модификаций 3612, 3712 (свидетельсвто о государственной регистрации Росстандарта №46545).

Датчики мутности воды модификаций 3612, 3712

Назначение средства измерений

Датчики мутности воды модификаций 3612, 3712 предназначены для автоматиче- ского непрерывного измерения мутности воды в нефелометрических единицах мутности, с отображением результатов на дисплее ноутбука.

Описание средства измерений

Принцип действия датчиков мутности основан на улавливании рассеянного инфра- красного излучения, интенсивность которого зависит от количества взвесей в воде. Конструктивно датчик выполнен в виде цилиндра залитого смолой (Durotong) и смонтировано на титановом основании. Выход датчика через кабель подключается к ноутбуку (передача данных осуществляется по интерфейсу RS-232). Два светоизлучающих диода и один фотодиод ориентированы под углом 15° в направлении общего центра. Фотодиод оснащен фильтром дневного света. Электронная схема находится в корпусе датчика и герметически изолирована. При выполнении измерений светоизлучающий инфракрасный диод на длине волны 880 нм включается на 0,5 с и посылает в воду пучок света. При наличии в воде загрязняющих частиц рассеянный в воде свет воспринимается фотодиодом. Значение фототока пропорционально интенсивности рассеянного света. Датчики защищены от засорения морским планктоном. Общий вид датчиков приведен на Рис.16.17.

Модели датчиков различаются условиями эксплуатации и предельными глубинами погружений.

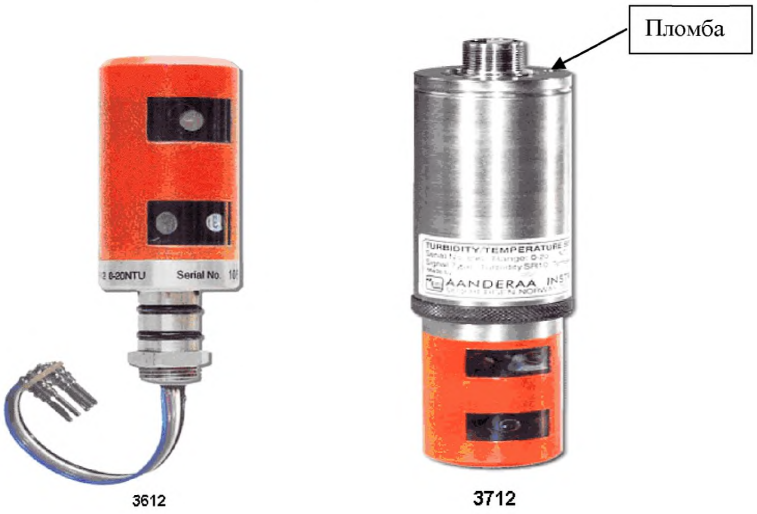


Рис. 16.17 Общий вид датчиков

Таблица 16.9

Характеристики	Значение характеристики для модели	
	3612	3712
Исполнение	погружное	проточное

Программное обеспечение

Датчики мутности воды модификаций 3612, 3712 имеют встроенное программное обеспечение (программа «MainUnit», записанная в ППЗУ микроконтроллера прибора);

Встроенное программное обеспечение разработано изготовителем датчика специально для решения задач измерения мутности воды. Оно управляет работой микропроцессора, обеспечивающего функционирование всего прибора и выполнение функций сбора, хранения и подготовки к считыванию ноутбуком результатов измерений мутности.

Для работы с персональным компьютером используется программное обеспечение "Hyperterminal" под Windows, предназначенное для:

- просмотра результатов измерений в реальном времени на дисплее ноутбука;
- вывода номера версии встроенного программного обеспечения. Идентификационные данные программного обеспечения приведены в Таблице 16.10.

Таблица 16.10

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
«MainUnit»	MainUnit.hex	1.6	48B2DFA1	CRC-32

Уровень защиты программного обеспечения от преднамеренных и непреднамеренных изменений соответствует уровню защиты «С» по МИ 3286-2010. Влияние программного обеспечения на метрологические характеристики учтено при нормировании метрологических характеристик.

Метрологические и технические характеристики

1. Диапазоны измерений, по шкале формазиновой суспензии, ЕМФ: от 0 до 20.
2. Пределы допускаемой приведенной погрешности датчика: ± 4 %.
3. Цена единицы младшего разряда: 0,01 ЕМФ.
4. Напряжения питания постоянного тока: от минус 6 до плюс 14 В и от плюс 5 до плюс 14 В.
5. Габаритные размеры и масса приведены в Таблице 16.11.

Таблица 16.11

Характеристики	Значение характеристики для модели	
	3612	3712
Габаритные размеры, мм	Ø33×80	Ø40×159
Масса (в упаковке), кг	0,425	0,425

6. Средний срок службы: 5 лет.
7. Средняя наработка на отказ: 10000 ч.
8. Условия эксплуатации:

- диапазон температуры анализируемой воды: от 0 до 36 °С:
- диапазон атмосферного давления: от 84 до 106 кПа.

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится типографским способом на титульный лист паспорта и на корпус датчика методом сеткографии.

Комплектность средства измерений

- датчик – 1 шт.;
- ноутбук (поставляется по специальному заказу) – 1 шт.;
- паспорт – 1 экз.;
- методика поверки МП-242-1218-2011 – 1 экз.

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП-242-1218-2011 «Датчики мутности воды модификаций 3612, 3712. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 17.10.2011 г.

Основные средства поверки:

- Государственный стандартный образец мутности (формазиновая суспензия) ГСО 7271-96.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методика измерений приведена в документе «Датчики мутности воды модификаций 3612, 3712. Паспорт».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к Датчикам мутности воды модификаций 3612, 3712.

Техническая документация фирмы «AANDERAA», Норвегия.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды и в гидрометеорологии.

Изготовитель:

фирма «AANDERAA», Норвегия Адрес: Nesttunbrekka 97,
P.O. BOX 34 Slåtthaug, N-5851 Bergen; Tel/ Fax + 47 55604800.

Датчики pH

pH-метры GF с датчиком pH 2724 выпускаются швейцарской фирмой «Georg Fischer Piping Systems Ltd.» свидетельство о государственной регистрации Росстандарта №44352

Назначение средства измерений

pH-метры GF с датчиком pH 2724 предназначены для измерений активности ионов водорода (pH) в водных растворах.

Описание средства измерений

Принцип действия pH-метров основан на зависимости электродвижущей силы (ЭДС) электродной системы, образованной погруженными в исследуемый водный раствор измерительным электродом pH и электродом сравнения, от активности ионов водорода (pH) водного раствора. Значения pH преобразуются в унифицированный выходной сигнал постоянного тока. Конструктивно pH-метры состоят из электродной системы (датчика pH 2724), предусилителя 2760, измерительного преобразователя (ИП). В качестве ИП используются: монитор-преобразователь pH/ОВП 5700 + GF + SIGNET, монитор-преобразователь pH/ОВП 8750 + GF + SIGNET, отличающиеся индикацией, разрядностью, конструктивным исполнением и условиями применения. В приборах предусмотрена температурная компенсация значений pH: значения pH выводятся на дисплей после корректировки по измеряемой температуре образца.



Рис.16.18 Внешний вид pH-метра GF

Таблица 16.12

Метрологические и технические характеристики

Диапазон измерений pH с датчиком pH 2724 + GF + SIGNET	от 0 до 14,00
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений pH	± 0,03
Рабочие условия применения датчика: давление, кПа при температуре, °С давление, кПа при температуре, °С	 от 0 до 690 от 10 до 65 400 от 65 до 85
Температура окружающего воздуха, °С ИП pH/ОВП 5700 + GF + SIGNET ИП pH/ОВП 8750 + GF + SIGNET	 от минус 10 до 55 от минус 10 до 70
Температура анализируемой среды, °С	от 10 до 80
Относительная влажность воздуха, не более, %	95
Напряжение питания, В ИП pH/ОВП 5700 + GF + SIGNET от источника постоянного тока ИП pH/ОВП 8750 + GF + SIGNET от источника постоянного тока	 от 12 до 24 (нерегулируемое) от 12 до 24 (регулируемое)
Масса датчика, не более, кг	0,25
Масса ИП, не более, кг	0,33

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносят на титульный лист Руководства по эксплуатации методом компьютерной графики и на корпус прибора в виде наклейки.

Комплектность средства измерений

pH-метр GF – 1 шт. Руководство по эксплуатации – 1 экз.

Поверка

Поверка осуществляется по документу Р 50.2.036-2004 «ГСИ. pH-метры и иономеры. Методика поверки».

Основные средства поверки:

буферные растворы – рабочие эталоны pH 2-го разряда по ГОСТ 8.120-99 (готовят из стандарт-титров по ТУ 2642-001-42218836-96),

термометр ртутный стеклянный лабораторный типа ТЛ-4, класс 1 по ТУ 25-2021.003- 88, водяной термостат с диапазоном регулирования температуры от 0°С до 100°С, допускаемая погрешность установления температуры контролируемой среды - в пределах ± 0,2°С,

тераомметр типа Е6-21 с диапазоном измерения сопротивления от 10 до 10^6 Ом.

Сведения о методиках (методах) измерений

Методы приведены в документе «pH-метр GF с датчиком pH 2724. Руководство по эксплуатации».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к pH-метру GF с датчиком pH 2724:

ГОСТ 8.120-99 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений pH. Техническая документация фирмы-изготовителя.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

осуществление деятельности в области охраны окружающей среды, установленной законодательством Российской Федерации, а также при контроле процедур водоочистки и водоснабжения, технологических процессов химической и металлургической промышленности.

Изготовитель

Фирма "Georg Fischer Piping Systems Ltd.", Швейцария

Адрес: Postfach, CH-8201 Schaffhausen/Switzerland

Важное место в гидрохимических работах занимают **анализаторы жидкости люминисцентно-фотометрические.** В качестве примера приведем описание такого прибора, зарегистрированного в Росстандарте под номером 51496.

Свидетельство государственной регистрации Росстандарта №51496.

Анализаторы жидкости люминесцентно-фотометрические «Флюорат-02».

Назначение средства измерений.

Анализаторы жидкости люминесцентно-фотометрические «Флюорат-02» (в дальнейшем - анализаторы) предназначены для измерений содержания различных компонентов в жидких пробах фотометрическими и люминесцентными методами.

Описание средства измерений

Принцип действия канала регистрации люминесценции анализаторов основан на измерении интенсивности светового потока от исследуемого объекта, возникающего под воздействием возбуждающего оптического излучения выделенного спектрального диапазона или в результате химических реакций и регистрируемого фотоприёмником этого канала. Фотометрический канал (канал пропускания) анализаторов предназначения для измерений коэффициента направленного пропускания исследуемого объекта.

Анализаторы конструктивно выполнены в виде настольных лабораторных приборов и представляют собой единый блок и состоят из источника оптического излучения (ксеноновая лампа), элементов оптической схемы, кюветного отделения с портами для светофильтров каналов пропускания и регистрации люминесценции, фотоприемников оптических каналов, микропроцессорной системы, в которой происходит обработка сигналов и вычисление результата измерений. Свет от источника излучения, работающего в импульсном режиме, проходит через светофильтр, выделяющий спектральную область возбуждения, и поступает на светоделительную пластину, которая разделяет световой поток на два канала: опорный канал и канал возбуждения люминесценции, одновременно являющийся и фотометрическим каналом. В опорном канале излучение, минуя образец, поступает на приемник излучения этого канала, формируя электрический сигнал сравнения, который служит для коррекции нестабильности работы лампы от импульса к импульсу. В канале возбуждения люминесценции/фотометрическом канале свет проходит через исследуемый образец, вызывая его люминесценцию, и затем поступает на его фотоприемник. Электрический сигнал этого приемника зависит от коэффициента направленного пропускания исследуемого объекта. В канале регистрации люминесценции излучение люминесцирующих компонентов исследуемого объекта проходит через светофильтр, выделяющий спектральную область регистрации, и попадает на приемник излучения канала регистрации люминесценции. Электрический сигнал этого приемника зависит от концентрации и состава определяемых веществ в растворе и называется сигналом люминесценции.

При помощи микропроцессорной системы анализаторов производится обработка сигналов от фотоприёмников всех каналов и вычисление концентрации определяемых веществ с использованием предварительно установленной градуировочной характеристики.

Анализаторы выпускаются в следующих модификациях:

«Флюорат-02-4М» - для измерения коэффициента направленного пропускания и интенсивности флуоресценции, фосфоресценции и хемилюминесценции проб, в качестве флуориметрического детектора для хроматографии;

«Флюорат-02-5М» - для измерения коэффициента направленного пропускания и интенсивности флуоресценции. Обе модификации анализаторов имеют одинаковый внешний вид, который представлен на Рис.16.19.



Рис.16.19 Внешний вид анализаторов жидкости люминесцентно-фотометрических «Флюорат-02»

Программное обеспечение

Анализаторы оснащены встроенным программным обеспечением (ПО), которое управляет работой анализатора, обрабатывает и отображает и хранит полученные данные.

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения (для версии 34)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
«Флюорат-02»	Fluorat.exe	34.0	9A39	CRC16 (ARC)

Все ПО является метрологически значимым и выполняет следующие функции:

- выполнение самодиагностики анализаторов;
- управление работой анализаторов;
- сбор и обработка измерительной информации, поступающей с фотоприемников;
- расчет коэффициентов направленного пропускания и интенсивности люминесценции проб;
- градуировка анализаторов и вычисление результатов измерений;
- сохранение результатов измерений и градуировочных характеристик в энергонезависимой памяти.

Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010. Влияние ПО на метрологические характеристики учтено при нормировании последних.

Метрологические и технические характеристики

Спектральный диапазон оптического излучения, нм:

модификация «Флюорат-02-4М»

канал возбуждения от 250 до 650

канал пропускания от 250 до 650

канал регистрации от 250 до 650 модификация «Флюорат-02-5М»

канал возбуждения от 250 до 900

канал пропускания от 250 до 900

канал регистрации от 250 до 900

Предел обнаружения контрольного вещества (фенола) в воде, мг/дм^3 , не более 0,005

Диапазон измерений массовой концентрации контрольного вещества (фенола) в воде, мг/дм^3 от 0,01 до 25

Пределы допускаемой абсолютной погрешности анализатора при измерении массовой концентрации контрольного вещества (фенола) в воде, мг/дм^3 ± (0,004 + 0,10 ´C*)

Диапазон измерений коэффициента направленного пропускания, % от 5 до 100

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента направленного пропускания, % ± 2

Время прогрева, мин, не более	30
Время непрерывной работы , ч, не менее	8
Габаритные размеры, мм, не более	305х320х110
Масса, кг, не более	6,5
Питание от сети переменного тока:	
- напряжение питания переменного тока, В	(220 ± 22)
- частота, Гц	(50 ± 1)
Потребляемая мощность, В×А, не более	36
Наработка на отказ, ч, не менее	2500
Средний срок службы , лет	5
Условия эксплуатации:	
- температура окружающего воздуха, °С	от 10 до 35
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7
- относительная влажность при температуре 25 °С %, не более	80

* С- текущее значение массовой концентрации контрольного вещества (фенола) Знак утверждения типа наносится на лицевую панель анализаторов и/или шильд и титульный лист Руководства по эксплуатации методом компьютерной графики.

Комплектность средства измерений

Поверка

Поверка осуществляется по документу МП-242-1556-2013 «Анализаторы жидкости люминесцентно-фотометрические «Флюорат-02». Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 25.04.2013 года.

Основные средства поверки:

Комплект светофильтров КОФ-02, номер Государственного реестра СИ 45802-10 (номинальные значения спектрального коэффициента направленного пропускания при 520 нм 92; 71; 38; 27; 6 %; предел допускаемой основной абсолютной погрешности спектрального коэффициента пропускания ±0,5 %);

ГСО 8714-2005 состава раствора фенола (массовая концентрация фенола 1 мг/см^3 , ПГ ± 1%).

Сведения о методиках (методах) измерений

ГОСТ 18294-2004 Вода питьевая. Метод определения содержания бериллия

ГОСТ 31857-2012 Вода питьевая. Методы определения содержания поверхностно- активных веществ

ГОСТ 31949-2012 Вода питьевая. Метод определения содержания бора

ГОСТ Р 54499-2011 Вода питьевая. Люминесцентный метод определения содержания урана ГОСТ Р 55227-2012 Вода. Методы определения содержания формальдегида

ФР.1.31.2010.07014 (ПНД Ф 14.1:2:4.257-10) Методика выполнения измерений массовой концентрации меди в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»

ФР.1.31.2012.13169 (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98, издание 2012 года) Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

ФР.1.31.2012.13170 (ПНД Ф 16.1:2.21-98, издание 2012 года) Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

ФР.1.29.2006.02216 Методика выполнения измерений массовой концентрации формальдегида в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к анализаторам жидкости люминесцентно-фотометрическим «Флюорат-02»

ТУ 4215-350-45549798-2013 «Анализаторы жидкости люминесцентно-фотометрические «Флюорат-02». Технические условия».

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;

при выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;

при выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов обязательным требованиям, установленным законодательством Российской Федерации.

Изготовитель

ООО «Люмэкс-маркетинг», г.Санкт-Петербург.

Юридический адрес: 199178, Российская Федерация, город Санкт-Петербург, Малый проспект Васильевского острова, дом 58, литер «А».

Почтовый адрес: 192029 Российская Федерация, город Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д.70, корп.2.

Тел.: (812)718-53-90, 718-53-91, факс (812)718-68-65.

В Государственном реестре Росстандарта под № 2260/1 зарегистрированы иономеры лабораторные И-160МИ. Ниже приводится их описание из приложения к свидетельству №22160/1 об утверждении типа средств измерений Росстандартом.

Иономеры лабораторные И-160МИ.

Назначение средства измерений

Иономеры лабораторные типа И-160МИ (далее - приборы) предназначены для измерения показателя активности ионов водорода (pH), показателя активности других одновалентных и двухвалентных ионов (pX), а также массовой, молярной концентрации и массовой доли ионов (cX) (далее - концентрация), окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и температуры (t) водных растворов.

Описание средства измерений

Приборы состоят из измерительного преобразователя (далее - преобразователь) и комплекта электродов для измерения pH, pX и температуры. Работа преобразователя основана на преобразовании ЭДС электродной системы и других источников ЭДС в пропорциональное по величине напряжение, преобразуемое в дальнейшем в сигналы измерительной информации, индицируемое на цифровом показывающем устройстве, а также в аналоговые и цифровые выходные сигналы. Измеренное значение показателя активности может быть преобразовано и представлено в виде массовой концентрации соответствующего иона. Приборы являются "квазимногоканальными", т.е. в энергонезависимой памяти преобразователя сохраняются настроечные константы девяти электродных систем. Приборы совместимы с ПЭВМ. Связь осуществляется через последовательный асинхронный интерфейс по стыку С2 в соответствии с ГОСТ 18145-81.



Рис.16.20 Фотография внешнего вида иономеров лабораторных И-160МИ

Метрологические и технические характеристики

Диапазоны измерений и цены единиц младшего разряда (дискретности) преобразователей приведены в Таблице 16.13.

Таблица 16.13

Измеряемая величина	Единицы измерения	Диапазон измерений	Дискретность
Показатель активности ионов (pX,pH)		от минус 20 до плюс 20	0,001
Концентрация ионов (cX)	мМоль/л	от 100 до 1000	1
	мМоль экв./л	от 10 до 100	0,1
		от 1 до 10	0,01
	мкМоль/л	от 100 до 1000	1
	мкМоль экв./л	от 10 до 100	0,1
	г/л, г/кг	от 10 до 100	0,1
		от 1 до 10	0,01
	мг/л, мг/кг	от 100 до 1000	1
		от 10 до 100	0,1
		от 1 до 10	0,01
	мкг/л, мкг/кг	от 100 до 1000	1
		от 10 до 100	0,1
		от 1 до 10	0,01
Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) или ЭДС электродной системы (мВ)	мВ	от минус 3000 до плюс 3000	0,1
Температура (T)	°C	от минус 20 до плюс 150	0,1

Примечание.

Концентрация ионов, в зависимости от выбранной размерности, рассчитывается по следующим формулам:

$$cX = 10^{-pX},$$

где: cX - молярная концентрация, Моль/л;

$$cX = M \cdot 10^{-pX},$$

где: cX - массовая концентрация, г/л;

M - молярная масса иона, г/Моль.

$$cX = 10^{-pX}/|n|,$$

где: cX - молярная концентрация эквивалента, Моль экв./л;

n - валентность иона.

Пределы допускаемых значений основной абсолютной погрешности приведены в Таблице 16.14.

Таблица 16.14

Измеряемая величина	Пределы допускаемых значений основной абсолютной погрешности	
	преобразователей	приборов в комплекте
Показатель активности одновалентных ионов, pX (pH)	± 0,014	± 0,030
Показатель активности двухвалентных ионов, pX	± 0,028	± 0,050
Окислительно-восстановительный потенциал (Eh), мВ	± 0,7	± 0,7
Температура (T), °C	± 0,5	± 0,5

Пределы допускаемых значений приведенной погрешности выходных напряжений преобразователей на аналоговых выходах "2 В" и "100 мВ" при нагрузках соответственно 4 кОм и 50 кОм,%	± 0,25
Выходное сопротивление, Ом, не более;	
- для выхода "2 В"	5
- для выхода "100 мВ"	200
Входное сопротивление преобразователей, Ом, не менее	1×10^{12}
Изменение показаний преобразователей за 8 ч непрерывной работы не превышает	0,5 значения предела допускаемой основной абсолютной погрешности
Потребляемая мощность преобразователей (при номинальном значении напряжения питания), В·А, не более	8
Габаритные размеры преобразователя, мм, не более	200x170x50
Масса, кг, не более:	
- прибора	3
- измерительного преобразователя	1,5
Средняя наработка на отказ преобразователей, не менее, ч	12000
Средний срок службы преобразователей, не менее, лет	10
Условия эксплуатации:	
- температура окружающего воздуха, °C	от 5 до 40
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °C, %	90
- атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7
мм рт. ст. от 630 до 800	от 630 до 800
- напряжение от сети переменного тока, В	220 ± 22
- частота, Гц	50 ± 1,0

Знак утверждения типа наносится на корпус преобразователя в виде наклейки и на титульный лист формуляра ГРБА2.840.009ФО методом компьютерной графики.

Комплектность средства измерения

Комплект поставки иономеров приведен в Таблице 16.15.

Таблица 16.15

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Преобразователь	ГРБА.2.206.015	1 шт	
Электрод ЭС-10603	ТУ 4215-012-89650280-2009	1 шт	Допускается ЭС-10601
Электрод ЭСр-10103	ТУ 4215-020-89650280-2009	1 шт.	Допускается ЭСр-10101
Термодатчик ТК-06	ГРБА.2.995.002-05	1 шт.	
Штатив универсальный ШУ- 98	ГРБА.4.110.001	1 шт.	
Ключ электролитический	ГРБА.5.129.001	1 шт.	
Кабель	ГРБА.6.644.001-01	1 шт.	
Кабель	ГРБА.6.644.037	1 шт.	
Крышка	ГРБА.8.057.017	1 шт.	
Вилка DB-15M		1 шт.	
Корпус DP-15C		1 шт.	
Вставка плавкая ВП1-1-0,25А	АГО.481.303ТУ	2 шт.	
Формуляр	ГРБА.2.840.009ФО	1 экз.	
Руководство по эксплуатации	ГРБА.2.840.009РЭ	1 экз.	

Примечания.

1.Формуляр включает методику поверки.

2. По отдельному заказу за дополнительную оплату поставляются измерительные электроды, дополнительные кабели и программное обеспечение на диске CD.

Поверка

Поверка осуществляется в соответствии с разделом 5 «Методика поверки» формуляра ГРБА.2.840.009ФО, согласованным ГЦИ СИ "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" в сентябре 2005 г., периодическая поверка осуществляется по документу Р 50.2.036-2004 "ГСИ. pH-метры и иономеры. Методика поверки".

Основные средства поверки:

- буферные растворы- рабочие эталоны pH 2-го разряда, ГОСТ 8.135-2004;
- химические реактивы или ГСО состава водных растворов (катионов и анионов);
- калибратор напряжения постоянного тока, ГОСТ 8.027-2001;
- магазин сопротивлений, диапазон изменений сопротивлений от 0 до 104 Ом, класс 0,02;
- термометры ртутные с диапазонами измерений от 0 до 50 °С, от 50 °С до 100 °С, цена деления 0,5 °С.

Сведения о методах (методиках) измерений

РД 52.24.361-2008 Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическимским методом с ионселективным электродом.

РД 52.24.360-2008 Массовая концентрация фторидов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом

РД 52.24.495-2005 Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом ГОСТ 29270-95 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов

РД 52.24.367-2010 Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом ГОСТ 4386-89 Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов.

РД 52.24.365-2008 Массовая концентрация натрия в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к иономерам лабораторным И-160МИ

ГОСТ 8.120-99 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений pH.

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

ТУ 4215-053-89650280-2009 Иономеры лабораторные И-160МИ.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

- при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;
- при выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Изготовитель

Общество с ограниченной ответственностью "ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА"
(ООО "ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА")
Адрес: 111020, г. Москва, ул. Сторожевая, д. 31
Телефон/факс: (495) 232-49-74, 232-42-14 (многоканальные)
E-mail: izmteh@izmteh.ru, Интернет: http://www.izmteh.ru

Немецкая фирма «Hach-Lange» выпускает спектрофотометры DR 1900 и DR 900 (свидетельство Государственной регистрации Росстандарта №61610).

Приведем краткое описание этого средства измерений, которое может быть использовано в судовых условиях.

Спектрофотометры DR 1900 и DR 900

Спектрофотометры DR1900 и DR900 (далее по тексту – спектрофотометры) предназначены для измерения оптической плотности жидких проб различного происхождения.

Описание средства измерений

Принцип действия спектрофотометров основан на измерении отношения интенсивностей излучения, прошедшего через исследуемый объект и пустую кювету.

Световой поток от ксеновой лампы в случае спектрофотометра DR1900 или от светодиода в случае спектрофотометра DR900 фокусируется и коллимируется оптическоц системой. Сфокусированный свет проходит через измерительную кювету с образцом, далее попадает в оптическую систему. В оптической системе прибора свет, отражаясь от дифракционной решетки в случае спектрофотометра DR1900 или проходя через светофильтры в случае спектрофотометра DR 900, попадает на кремниевые фотодиоды. Сигнал с каждого фотодиода оцифровывается и поступает в микропроцессорный блок. Результат измерений, единицы измерений, длина волны и ряд служебных параметров отображается на дисплее спектрофотометра.

Спектрофотометры имеют одно кюветное отделение с возможностью использования адаптеров для различных типов измерительных кювет.

Спектрофотометры представляют собой переносные устройства видимой области спектра для измерений в полевых и лабораторных условиях, состоящие из оптико-механического и электронного узлов, установленных в общем корпусе.

Технические характеристики DR 1900

Характеристика	Данные
Метод измерения	ВИД-спектрофотометр для анализа жидкостей HACH и HACH LANGE

Режим измерения	Пропускание (%), Поглощение и Концентрация
Размеры (Ш x Г x В)	178 x 261 x 98 мм (7,0 x 10,3 x 3,8 дюймов)
Класс защиты корпуса	IP67 (при закрытой крышке измерительной кюветы)
Масса	1,5 кг (3,3 фунта)
Питание (от внутреннего источника)	Щелочные батареи размера AA (4 шт.) или никель-металл-гидридные (NiMH) аккумуляторы (4 шт.) (необходим дополнительный модуль[1])
Питание (от внешнего источника)	110–240 В переменного тока; 50/60 Гц (необходим дополнительный модуль[1])
Интерфейс	Mini-USB (необходим дополнительный модуль[1])
Условия эксплуатации	от 10 до 40°C (от 50 до 104°F); относительная влажность не более 80% (без выпадения конденсата)
Условия хранения	от –30 до 60°C (от –30 до 140°F); относительная влажность не более 80% (без выпадения конденсата)
Источник излучения	Ксеноновая лампа
Спектральный диапазон длин волн	340–800 нм
Фотометрический диапазон	±3,0 Abs (диапазон длин волн 340–800 нм)
Погрешность установки длины волны	± 2 нм (диапазон длин волн 340–800 нм)
Разрешение длины волны	5 нм
Фотометрическая погрешность	3 мAbs при от 0,0 до 0,5 Abs, 1% при от 0,50 до 2,0 Abs
Фотометрическая линейность	< от 0,5% до 2 Abs ≤ 1% при > 2 Abs для нейтрального стекла при 546 нм
Выбор длины волны	Автоматический, на основе выбранной методики
Светорассеяние	< 0,5% T при 340 нм с $NaNO_2$
Воспроизводимость	± 0,1 нм
Разрешение длины волны	1 нм
Пользовательские программы (свободное программирование)	50
Журнал данных	500 измеряемых значений (результат, дата, время, код образца, код пользователя для правильной лабораторной
Измерительные кюветы	10 x 10 мм, 1 дюйм прямоугольник, 13 мм/16 мм/1 дюйм в окружности, 1 см/10 мл, проточная кювета
Класс защиты	Блок питания, класс II, прибор: Класс III
Сертификация	Сертификат соответствия CE
Гарантия	1 год (EU: 2 года)



Рис.16.21 Общий вид спектрофотометра DR 1900 с обозначением мест нанесения маркировки и знака поверки

Комплектация DR 1900

1 DR 1900	**4** Защитная крышка
2 Переходники измерительной кюветы (3х)	**5** Пылезащитный чехол
3 Щелочные батареи АА (4 шт.)	

Спектрофотометр DR 900

Портативный колориметр обеспечивает быстрый и простой доступ к часто используемым методам тестирования менее чем за четыре щелчка кнопкой. Колориметр пыле– и водонепроницаем, обладает ударопрочностью и прошел испытание на ударную нагрузку. Прибор оснащен удобным интерфейсом, большим объемом памяти и встроенным USB–портом для облегчения передачи информации. Портативный колориметр используется также при проверке сердечников и содержит не менее 90 стандартных параметров тестирования.

Также предусмотрена подсветка дисплея с кнопочным управлением для использования в местах с низкой освещенностью. Портативный колориметр готов к полевой работе и облегчает тестирование в этих трудных условиях.



Рис. 16.22 Общий вид спектрофотометра DR 900 с обозначением мест нанесения маркировки и знака поверки

Технические характеристики спектрофотометра DR 900

Используемые длины волн, нм	420, 520, 560, 610
Точность длины волны	± 1 нм
Выбор длины волны	Автоматический, зависит от используемого метода
Источник излучения	Светодиод(ы)
Детектор	Кремниевый фотодиод(ы)
Фотометрический диапазон	0 .. 2 А
Фотометрическая погрешность	линейность ±0.002 А (0 .. 1 А), воспроизводимость ±0.005А (при 1А).
Светорассеяние	<1% 400 нм
Режимы измерения	Пропускание, поглощение, концентрация
Память	До 500 значений
Питание	4 элемента типа АА, 1.5В
Интерфейс	mini-USB
Габариты	231 x 96 x 48 мм
Вес	0,6 кг
Условия эксплуатации	0 .. 50 °С; 90% отн. влажности
Условия хранения	-40 .. 60 °С; 85% отн. влажности

Программное обеспечение DR1900 и DR900

Управление спектрофотометрами и обработка результатов измерений проводится с помощью специального программного обеспечения DR1900 и DR900, встроенного в микропроцессор. Программное обеспечение (ПО) также служит для настройки спектрофотометров, проведения измерений, включая визуальный анализ экспериментальных данных, анализа и обработки полученных данных.

Структура ПО включает в себя следующие блоки: ПО монохроматора и фотометра, ПО операционной системы и ПО интерфейса.

Программное обеспечение (ПО) имеет следующие идентификационные данные.

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	DR 1900	DR 900
Идентификационное наименование ПО	DR 1900	DR 900
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.2 и выше	1.05 и выше
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-	
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	-	

Программное обеспечение размещается в энергонезависимой памяти спектрофотометров и его запись осуществляется в процессе производства. Операционная система, имеющая оболочку доступную пользователю, отсутствует. Программное обеспечение и его окружение являются неизменными, средства для программирования или изменения метрологически значимых функций отсутствуют. Доступ пользователя к встроенному программному обеспечению исключен конструктивным исполнением прибора.

Установка обновленных версий ПО допускается только представителями предприятия – изготовителя с помощью специального оборудования.

Защита программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «высокий» согласно Р 50.2.077-2014.

Поверка осуществляется по документу МП 062.Д4-15 «Спектрофотометры DR 1900 и DR 900. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИОФИ» «14» апреля 2015 г.

Основные средства поверки

1. Комплект светофильтров КНС-10.5 (ГР СИ №4343-09)

Основные метеорологические характеристики: рабочий диапазон оптической плотности: от 0,036 до 2,000Б. Пределы допускаемых абсолютных систематических состовляющих погрешностей измерения оптической плотности (Таблица 16.16).

Таблица 16.16

Номера фильтров	Спектральный диапазон, мкм	Диапазон номинальных значений оптической плотности, Б	Пределы допускаемых абсолютных погрешностей измерения оптической плотности, Б
1-4	от 0,4-0,85	от 0,678 до 0,036	± 0,0012
5-8	от 0,4-0,85	от 1,699 до 0,699	±0, 0043
1,9-12	от 0,25-2,5	от 2,301 до 0,036	±0,00024

2.Комплект мер оптической плотности КМОП-Н (ГР СИ №52362-13).

Основные метрологические характеристики:

Диапазон оптической плотности мер №№ 1-5 в кювете 10 мм при длине волны 546 нм, Б: 0,05±0,04; 0,15±0,05; 1,75±0,25;3±0,5; 3,5±0,5.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности оптической плотности мер: меры № 1,2 ± 0,007 Б; меры № 3,4,5 ± 0,07 Б.

Сведения о методиках (методах) измерений

1. «Спектрофотометр 1900. Руководство по эксплуатации», разделы «Начало работы», «Стандартная операция».

2. «Спектрофотометр 900. Руководство по эксплуатации», разделы «Начало работы», «Стандартная операция».

Нормативные документы, устанавливающие требования к спектрофотометрам DR 1900 и DR 900 ГОСТ 8.557-2007 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральных, интегральных и редуцированных коэффициентов направленного пропускания в диапазоне длин волн 0,2-50,0 мкм, диффузного и зеркального отражений в диапазоне длин волн 0,2-20,0 мкм».

Изготовители:

HACH-LANGE, Германия
Koenigsweg 10,14163 Berlin, Germany
Тел.: ++49 (0) 211-5288-0,
факс ++49(0) 211-5288-143

Существуют и другие типы спектрофотометров, в том числе отечественного производства. Например, спектрофотометры СФ-102 и СФ-104 (изготовитель ООО «НПО «Аквилон», Россия), номер государственной регистрации 50743.

Спектрофотометры китайского производства УФ-1100,В-1100, УФ-3100,УФ-3200,УФ-6100 (номер государственной регистрации 61807).

Производитель: фирма “Shanghai Mapada Instruments Co.Ltd”, Китай.

Можно назвать и другие технические средства, имеющие отношение к приведению гидрохимических измерений в морях и океанах.

Например, спектрометры рентгеновские (номера государственной регистрации 13422-92,13422-97), радиометры портативные спектрометрические (номер государственной регистрации 18654-06), радиометры портативные (номер государственной регистрации 18654-99).

Глава 17. Океанографические наблюдения при помощи автономных буйковых станций

17.1 Введение

Кроме судовых методов измерения гидрометеорологических характеристик океана существуют методы, которые в гидрометеорологии принято называть буйковыми. Общий принцип реализации подобных методов заключается в использовании автономных буев различных модификаций в качестве носителей измерительной аппаратуры. По способу установки буи можно разделить на четыре основных класса, а именно:

1. Надводные автономные буйковые станции (АБС) (в том числе, расположенные на дрейфующем льду).
2. Притопленные автономные буйковые станции (ПАБС).
3. Комбинированные буйковые станции.
4. Буи, сбрасываемые с авиационных средств.

Автоматические дрейфующие станции предназначены для периодических измерений основных гидрометеорологических характеристик на поверхности океана либо на дрейфующем льду, а также определения географических координат своего местоположения с передачей полученной информации через спутниковую систему сбора данных. Станции способны измерять следующие характеристики: атмосферное давление, температуру и влажность воздуха, а также, температуру поверхности воды или льда, направление и скорость ветра. В настоящее время практически все приполярные страны имеют такие станции и используют их для выполнения измерений в центральном полярном бассейне Северного Ледовитого океана и окраинных Арктических морях.

Технология применения такой станции-буя предполагает ее установку в заданной точке на льду. В качестве способа доставки возможно использование судовых или авиационных средств. В последнем случае станция сбрасывается с парашютом. Впоследствии она осуществляет работу в автономном режиме с передачей получаемой информации в береговой центр сбора данных.

Типичная станция-буй производит измерения гидрометеорологических характеристик с периодичностью 1ч и многократно передает их по радио на ИСЗ с цикличностью около 100с. Необходимость многократной круглосуточной передачи данных вызваны невозможностью синхронизации работы станции-буя с появлением ИСЗ в зоне радиовидимости.

Конструктивно станции-буи представляют собой закрытые контейнеры различного исполнения. Внутри контейнера располагаются электронные узлы и блоки, преобразователь атмосферного давления и радиомодем с антенной.

При проведении гидрофизических измерений, особенно в полярных акваториях, широкое применение получили притопленные автономные буйковые станции (ПАБС). В состав такой станции входят:

1.Подводный несущий буй.
2.Дополнительный подвижный буй.
3.Комплекс измерительных гидрологических приборов.
4.Гидроакустический маяк.
5.Размыкатель троса.
6.Якорь
7.Буйреп, необходимый для соединения всех элементов станции.

Из имеющихся в настоящее время разработок буйковых станций для задач вертикального зондирования океана несомненный интерес представляют станции с сильно заглубленным, иногда

близким к придонному, расположением несущего буя. Необходимость подобного расположения несущего буя обусловлена исключением влияния динамических возмущений, вызываемых поверхностным волнением, либо (в приполярных акваториях) исключением влияния ледяного покрова.

Для осуществления вертикального зондирования, станция содержит дополнительный подвижный буй, оснащенный рядом датчиков. Вертикальное передвижение дополнительного буя при зондировании осуществляется посредством электрической лебедки, установленной на основном (несущем) буе.

ПАБС функционирует следующим образом.

В собранном компактном виде станция транспортируется судном обеспечения к точке установки. В этой точке с известной глубиной моря в электронный блок станции вводится программа ее развертывания и дальнейшего функционирования. После этой процедуры станция сбрасывается за борт и под действием веса якоря, превышающего суммарную плавучесть несущего и базового буев, опускается в компактном виде на дно моря. В соответствии с программой развертывания срабатывает лебедка, освобождая для всплытия базовый буй, который поднимается до заданной глубины, на которой, получив сигнал от датчика измерения гидростатического давления, происходит блокирование лебедки и прекращение дальнейшего всплытия базового буя.

Кроме основных исследуемых посредством ПАБС гидрофизических характеристик (температура, соленость, давление, характеристики течения и т.д.) возможно также измерение характеристик внутренних волн на пикноклине и нижней границы ледового покрова (при условии установки на базовый буй ледового сонара).

При решении задачи измерения внутренних волн подвижный буй поднимают в зону пикноклина, например, до заданной величины градиента плотности, после чего лебедка блокируется. Расположенный таким образом буй становится взвешенным в пикноклине. При прохождении внутренних волн буй перемещается вместе с пикноклином. Регистрация перемещений производится по каналу измерения гидростатического давления. При этом, возможен контроль качества отслеживания путем параллельных измерений плотности морской воды.

При измерениях характеристик дрейфа льда и определения изменчивости нижней границы ледяного покрова широкое распространение в последние годы получили акустические ледовые сонары. Устройства подобного типа устанавливаются, как правило, на ПАБС на длительное время (например, 1 год). Скорость дрейфа льда при этих измерениях определяется на основании доплеровского эффекта, а характеристики нижней границы ледового покрова - по времени прохождения отраженного гидроакустического сигнала.

Среди различных измерительных устройств, устанавливаемых на ПАБС нередко используется термокоса, позволяющая регистрировать вариации температуры и также выявлять характеристики термоклина и внутренних волн. Метод установки термокосы на ПАБС аналогичен методу зондирования с борта судна, подробно изложенному ранее, однако, позволяет производить более длительные автономные наблюдения с записью во внутреннюю память прибора, либо передачи по гидроакустическому каналу связи на поверхность. В этом случае на поверхности необходимо присутствие судна обеспечения, оснащенного приемником гидроакустического сигнала либо дополнительного надводного заякоренного буя (АБС), также оснащенного приемником гидроакустического сигнала и предназначенного для передачи оперативных данных о распределении измеряемых гидрофизических характеристик в реальном масштабе времени. АБС оснащается VHF-передатчиком, в случае незначительного удаления района исследований от берегового центра сбора и обработки данных, либо снабжается спутниковой системой связи INMARSAT-C – в случае, если АБС расположена в малоисследованных, труднодоступных районах.

Подобные буйковые системы, состоящие из нескольких буев, как надводных, так и притопленных в соответствии с ранее предложенной классификацией являются комбинированными буйковыми системами.

Следует отметить, что в замерзающих морях использование надводного буя с целью организации передачи данных в реальном масштабе времени становится невозможным.

Кроме подводных автономных буйковых станций не менее широкое использование получили буи с надводным расположением несущего буя. Такое расположение буя становится необходимым при проведении измерений в зоне раздела свойств океан-атмосфера, поскольку только при этом возможно расположение датчиков на соответствующих уровнях в обеих средах.

В стационарном варианте проведения наблюдений необходимо выполнение ряда специфических требований к таким буйковым конструкциям:

- исключение вертикальных перемещений точки подвеса тросовой линии с измерительными преобразователями.
- исключение горизонтальных перемещений точки подвеса.

Эти требования обеспечивают стабильное вертикальное положение измерительных преобразователей как на буе, так и на тросовой линии и, соответственно, низкие погрешности измерений. Однако, их выполнение возможно лишь при использовании специальных конструкций буев. В существующих ныне разработках стабилизация буев осуществляется посредством дополнительного их оснащения вспомогательными демпфирующими устройствами различных модификаций.

Большой опыт использования заякоренных и дрейфующих буйковых измерительных комплексов для непрерывной регистрации параметров состояния морской среды, особенно в полярных районах, получен ААНИИ.

В разделах 17.2,17.3,17.4 приводится общее описание работ с буйковыми станциями. По мнению составителей, этот опыт и технологические приемы постановки и снятия буйковых станций могут быть успешно использованы в различных районах Мирового океана.

17.2 Автономные станции с поверхностным буем

АБС с поверхностным буем (Рис.17.1,а)) отличаются простотой конструкции и дешевизной. Однако этому виду наблюдений присущи недостатки, связанные с собственными движениями буя на якоре под воздействием волнения, течения и ветра, а также приближенным по необходимости расчетом нагрузок на элементы буйковой станции.

Существенно затрудняет его применение необходимость достаточно точного предварительного расчета длины буйрепа и связанная с этим точная привязка к району постановки. Такие станции сложно устанавливать в районах со значительным уклоном дна, так как задача попадания якоря-груза на нужную глубину становится очень трудной и неопределенной, даже при условии проведения тщательных промерных работ.

Кроме того, точный расчет длины и набор буйрепа для АБС с поверхностным буем часто вообще невозможен, поскольку заранее трудно оценить возможные силу и характер течений, ветровых и волновых особенностей в месте постановки. Поэтому такие станции подвержены повышенному риску потери из-за обрыва буйрепов, подвергающихся непрерывному воздействию динамических переменных нагрузок.

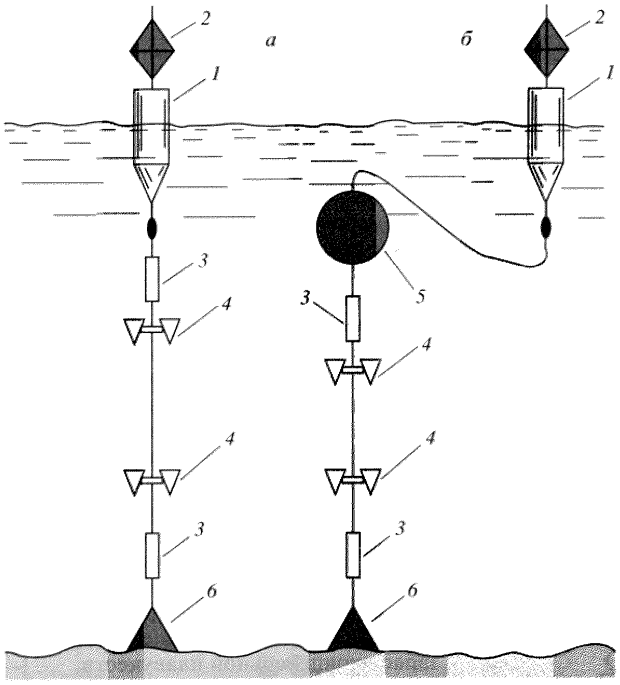


Рис. 17.1 Примеры автономных буйковых станций с поверхностным буем (а) и станции с несущим притопленным и маркировочным поверхностным буем (б): 1 – поверхностный цилиндрический буй; 2 – уголковый отражатель; 3 – измеритель течений и температуры; 4 – седиментационная ловушка; 5 – притопленный буй; 6 – якорь-груз.

Нередки случаи дрейфа станций по дну в районах с сильными течениями и ветрами. Приборы на них испытывают постоянные вертикальные и горизонтальные перемещения такой интенсивности, что нередки случаи выхода приборов из строя. Учет воздействия собственных движений буя на измерители течений представляет собой отдельную сложно решаемую задачу, что во многом снижает качество получаемых данных.

Несмотря на большой опыт постановок АБС с поверхностными буями в самых разных условиях и районах Мирового океана, накопленный отечественными океанологами, в современной практике их чаще всего используют на сравнительно небольших и средних глубинах. В качестве буйрепа предпочтительно применение металлических тросов, а для снижения вертикальных и горизонтальных нагрузок на буйреп рекомендуется применять вертикальные цилиндрические буи увеличенных размеров. Хорошим компромиссом между простотой конструкции АБС с поверхностным буем и необходимостью уменьшения влияния отмеченных недостатков является применение смешанной конструкции, при которой подводное оборудование поддерживается в толще воды притопленными плавучестями, а на поверхности располагается простой маркировочный буй со средствами обнаружения (Рис. 17.1, б)).

Поверхностные плавучести (буи). Обычно, применяются пустотелые емкости из различных материалов – стали, алюминия или стеклопластика. Металлические корпуса, особенно алюминиевые, обязательно должны иметь специальное антикоррозионное покрытие. Наибольшей долговечностью обладают стеклопластиковые емкости, однако они достаточно дороги.

Конструктивно и по назначению различают два вида поверхностных буев.

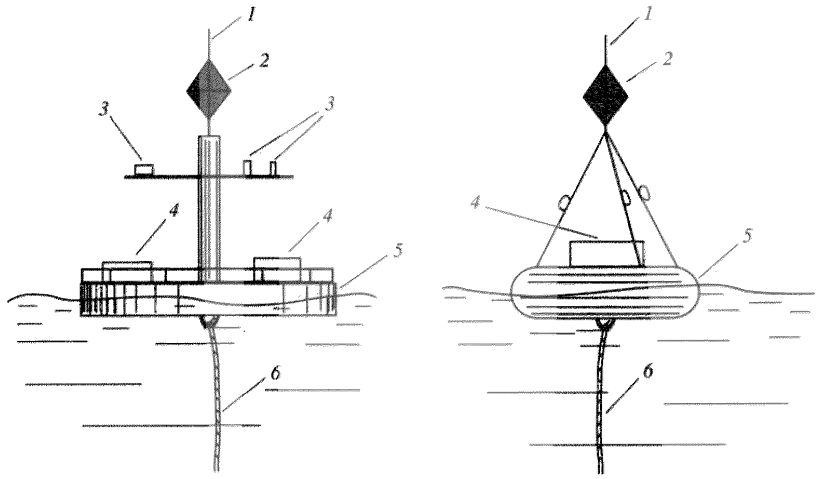


Рис.17.2 Типы поверхностных буев, следующих изменениям формы водной поверхности: 1 – антенна радиомаяка; 2 – уголковый отражатель; 3 – измерители; 4 – контейнеры с источниками питания; 5 – плавучесть; 6 – буйреп

Первый тип (Рис.17.2) предназначен для станций, у которых на самом буе расположены различные метеорологические и океанологические приборы, предназначенные для исследования гидрофизических параметров в приповерхностном слое океана и атмосферы. Такие буи должны обладать хорошей плавучестью и устойчивостью с тем, чтобы следовать всем изменениям формы водной поверхности, возникающим в процессе эксплуатации АБС, без опрокидывания при ветровых нагрузках или вследствие обледенения. Такие буи испытывают интенсивную бортовую качку и заметные вертикальные перемещения.

Второй тип - это буи, имеющие форму удлиненного вертикального цилиндра, для уменьшения гидродинамического сопротивления часто имеющего сужение к нижнему концу. Снизу буй обычно подгружается противовесом. Такая конструкция в значительно меньшей степени подвержена вертикальным перемещениям, и, следовательно, требования к прочности используемых тросов можно уменьшить.

Таблица 17.1

Основное оборудование стандартной автономной буйковой станции с поверхностным буем

Поддерживающий буй с мачтой, грузоподъемностью 2300 кг, шт.	1
Уголковый отражатель, шт.	1
Герметический сигнальный светильник с герметическим источником тока, шт.	1
Отрезки цепи диаметром звена 11-11.5 мм, длиной 1 м, шт.	2-3
Шарикоподшипниковые вертлюги для нагрузки от 2 до 5 т, шт.	3-6
Набор тросов диаметром от 6 до 11 мм, м	6 000-10 000
Набор коушей, шт.	20
Якоря адмиралтейские массой 200 кг, шт.	2
Якоря донные сегментные массой 50-100 кг, шт.	5
Кронштейны для крепления приборов к тросу, шт.	до 15
Канат манильский диаметром 50 мм, м.	50

Буй опознавательный, шт.	1
Набор такелажных скоб для нагрузки от 1 до 5т, шт.	20
Стопоры для троса, шт.	2
Измерители, шт.	

17.3 Расчет нагрузок на элементы буйковых станций

Установленная в море автономная буйковая станция, помимо собственного веса, подвержена воздействию ветра, волн и течений, создающих гидродинамические и механические нагрузки на ее составные части. Перед постановкой автономной буйковой станции необходимо приближенно рассчитать эти нагрузки, чтобы сделать станцию способной выдержать их действие. Вместе с тем необходимо добиваться и разумных запасов прочности, порядка 15%.

Все приведенные здесь расчетные формулы и приемы должны рассматриваться как приближенные. Для небольших глубин результаты расчетов более надежны. С возрастанием глубин погрешности расчетов увеличиваются.

Расчет давления ветра на плавающий на поверхности буй.

Сила действия ветра на плавающий буй вычисляется по известной в гидродинамике формуле:

$$R_B = C_{XB} \frac{\rho_B V_B^2}{2} S_B, \tag{17.1}$$

где ρ_B – массовая плотность воздуха, кг·с^2/м^4; Cx_B – коэффициент лобового сопротивления надводной части буя; V_B— скорость ветра, м/с; S_B— площадь миделевого сечения надводной части буя, м^2.

Коэффициенты Cx зависят от формы буя и от скорости потока, который обтекает буй.

Для практических расчетов формулу (17.1) можно несколько упростить, заметив, что для воздуха $\rho_B/2 = 0.063$ и выбрав для буя цилиндрической формы с мачтой $Cx_B = 1.2$. Тогда запишем:

$$R_B = 0.076 V_B^2 S_B, \tag{17.2}$$

Пример. Рассчитаем давление ветра, скорость которого 30 м/с, на буй с сечением миделевой части 1.0 м^2. По формуле (17.2) получим:

$R_B = 0.076 \cdot 30^2 \cdot 1 = 68$ кг.

Расчет давления течения и волн на стоящий на якоре надводный буй.

Нагрузки Rx, возникающие вследствие того, что буй, стоящий на якоре, обтекается потоком, могут быть рассчитаны по формуле, аналогичной формуле (17.1):

$$R_x = C_x \frac{\rho V^2}{2} S \tag{17.3}$$

где ρ – массовая плотность воды, кг·с^2/м^4; Cx– коэффициент лобового сопротивления подводной части буя; V – скорость потока, м/с; S — площадь вертикального сечения подводной части буя, м^2.

В принятой системе единиц ρ=1,02, тогда формулу (17.3) можно записать:

$$R_x = 51 C_x V^2 S \tag{17.4}$$

При практическом расчете возникает вопрос о скорости потока V.

Частицы воды на поверхности перемещаются не только вследствие течения, но и совершают орбитальные движения, обусловленные волнением.

Очевидно, что если бы буй стоял неподвижно и не имел возможности перемещаться, то наибольшая скорость обтекания его потоком была бы равна сумме скоростей течения и орбитального движения воды, вызванного волнением:

$$V = V_T + \frac{\pi h}{\tau} \qquad (17.5)$$

где V_T — скорость течения, м/с; h— высота наибольших волн, м; τ — период этих волн, с.

На самом деле буй, стоящий на якоре, имеет возможность перемещаться. Следовательно, относительная скорость потока будет меньше, чем V, рассчитанная по выражению (175.5), так как скорость орбитального движения воды при волнении имеет переменное направление (с периодом в несколько секунд), то увеличение скорости потока за счет орбитального движения воды практически не будет существенно влиять на натяжение буйрепа. Поскольку фактическую скорость перемещения буя мы не знаем, то расчет ведем по формуле (17.5), учитывая, что при этом получаем завышенные значения.

Пример. Рассчитаем давление потока на подводную часть буя с коэффициентом Cx=0.4, площадью S = 1 м^2. Скорость течения 1 м/с. Период τ выберем 6с, он является средним для волнения с наибольшей высотой h = 4 м.

По формуле (17.5) определяем:

$$V = 1 + \frac{3.14 \cdot 4}{6} = 3.1 \text{ м/с.}$$

Найденное значение V подставляем в формулу (17.4)

$$R_x = 51 \cdot 0.4 \cdot (3.1)^2 \cdot 1 \cong 195 \text{ кг.}$$

Расчет давления течения на трос. Сила давления R_0 на туго натянутый трос или жесткий стержень определяется выражением:

$$R_0 = C_x \frac{\rho V_\tau^2}{2} (H - z) d \cos\alpha \qquad (17.6)$$

где Cx— коэффициент лобового сопротивления троса; ρ — массовая плотность воды, кг·с^2/м^4; VT— скорость течения, м/с; (H – z) – проекция длины троса на вертикаль, м; если трос достигает поверхности моря (буй поверхностный), то z = 0; H – глубина места установки буя, м; d– диаметр троса, м; α – угол отклонения троса от вертикали; z– глубина, на которой находится притопленный буй, м.

Для троса принимаем Cx=1.1. Для воды ρ = 1,02. Подставив эти величины в выражение (17.6) и заметив, что $\cos\alpha = \frac{H - z}{L}$ (L– длина троса, м), запишем:

$$R_0 = 56 V_\tau^2 d \frac{(H - z)^2}{L}. \qquad (17.7)$$

При расчете давления на трос орбитальные скорости не учитываются, так как они быстро затухают с глубиной и не окажут влияния на приближенный расчет.

Пример. Рассчитаем давление течения скоростью 1 м/с на трос диаметром 0.01 м, длиной 100 м, на котором установлен буй на поверхности (z= 0) в точке с глубиной 75 м.

Подставляя эти данные в выражение (17.7), получим:

$$R_0 = 56 \cdot 1^2 \cdot 0.01 \frac{75^2}{100} \approx 32 \text{ кг.}$$

Если трос обтекается потоком, скорости которого различны на разных горизонтах, то вычисление R_0 ведется раздельно для участков троса, обтекаемых приблизительно одинаковыми скоростями. Различие в скоростях для каждого участка можно допускать в пределах 0.5-0.6 м/с. Просто осредненными скоростями пользоваться нельзя, так как в выражение (17.7) скорость входит в квадрате.

Расчет плавучести надводного или притопленного поддерживающего буя.

Поддерживающий буй, стоящий на якоре, должен выдержать вес автономной станции и все приложенные к нему нагрузки, возникающие под действием ветра, волн и течений и оставаться во всех случаях либо на поверхности моря, либо около заданного горизонта установки (если буй притопленный).

Под предельной грузоподъемностью буя П будем понимать разность между весом воды в объеме буя Q и весом буя в воздухе р:

$$П = Q - P, \quad Q = V \cdot \rho, \tag{17.8}$$

где V – объем буя, м^3; ρ– удельный вес (плотность) воды.

Пример. Требуется установить буй в океане на глубине 5000 м. На судне имеются буи грузоподъемностью 2300 кг. Высота буя 4.2 м, диаметр 1м. Предварительный запас плавучести буя назначаем в 40%, т.е. 2/5 части буя должны возвышаться над поверхностью моря и 3/5 находиться в воде. Притравку троса назначаем 15% =750 м. Трос берем ступенчатый: диаметром 9.5 мм – 500 м, его вес 158 кг; диаметром 7.5 мм – 1250 м, его вес 254 кг и диаметром 4.7 мм – 4000 м, его вес 318 кг. Вес всего троса 158 + 254 + 318 = 730 кг. Вес троса в воде на 12% меньше, что составляет 88 кг. $P_1 = 730 - 88 = 642$ кг.

Определяем вес 10 приборов, устанавливаемых на буе, из них 5 вертушек весом по 29 кг; 3 вертушки весом по 48 кг и 2 прибора весом по 24 кг. Вес всех приборов 5·29+3·48+2·24=337 кг. Вес в воде на 11-12% меньше, $P_2 = 337 - 37 = 300$ кг. Вес 10 кронштейнов по 5 кг – 50 кг, вес вертлюгов, скоб, отрезков цепи и проч. – 25 кг. Рз = 50 + 25 = 75 кг. Вес всего снаряжения P = P1 + P2 + P3= 642 + 300 + 75 = 1017 кг. Определяем запас плавучести Q = 2300 – 1017= 1283 кг.

Рассчитываем гидродинамические нагрузки.

1. Давление ветра скоростью 30 м/с на надводную часть буя по формуле (17.2) S_B=1.7·1 = 1.7 м^2; R_B = 0.076·302·1.7 = 116 кг;

2. Давление течений и волн на подводную часть буя по формуле (17.4). Скорость течения UT принимаем равной 1 м/с, высоту волн 5 м и их период 8 с, тогда $V_{орб} = \frac{3.14 \cdot 5}{8} \approx 2$ м/с и V = 1 + 2 = 3 м/с; S = 2.5·1 = 2.5 м^2; коэффициент сопротивления Cx для цилиндрического буя с параболоидной нижней частью принимаем равным 0.4

Rx = 51 · 0.4 ·32 · 2.5 = 459 кг;

3.Давление течений на трос по формуле (17.7), в которой $\frac{H-z}{L}$ есть косинус угла α наклона троса к вертикали, z = 0; $\cos\alpha = \frac{5000}{5750} = 0.87$; $\sin\alpha = \sqrt{1-(0.87)^2} = 0.49$; для троса принимаем Cx = 1.1. Скорость течения принимаем: в верхнем 500 метровом слое 1 м/с, далее до глубины 1750 м 0.5 м/с и далее до дна 0.2 м/с (умножать на cosα будем суммарную длину троса).

R_{01}= 56 · 12 · 0.0095 · 500 = 266 кг;
R_{02}= 56 · (½)2 · 0.0075 · 1250 = 131 кг;
R_{03} = 56 · (2/10)2 · 0.0047 · 4000 = 42 кг;
R_0 = 439 кг
$R_0 \cos\alpha$ = 439 · 0.87 = 372 кг;
$R_0 \sin\alpha$ = 439 · 0.49 = 215 кг.

4. Давление течений на приборы по формуле (17.4). Влиянием волн пренебрегаем. Шесть приборов располагается в слое до 500 м, где скорость течения 1 м/с, и четыре прибора ниже 500 м, где скорость течения 0.5 м/с. Приборы цилиндрической формы, у которых отношение высоты к диаметру 1/d $\cong$ 3; принимаем Cx = 0.7, $S_П$ = 0.2 м^2:

в слое 0-500 м R′xп = 51 · 0.7 · 12 · 0.2 = 7 кг,

в слое ниже 500 м R″xп = 51 · 0.7 · (1/2)2 · 0.2 = 2 кг,

Rxп= 6 · 7 + 4 · 2 = 50 кг.

Сумма сил гидродинамического давления:

$R = R_B + Rx + R_0 \cos\alpha + Rxп = 116 + 459 + 372 + 50 = 907$ кг.

По формуле (17.8) подсчитываем необходимый минимальный запас плавучести Q_0'.

$Q_0 = 997 + 0.87/0.49 + 215 = 997 \cdot 1.78 + 215 = 1775 + 215 = 1990$ кг.

В данном примере расчет показал, что $Q_0' > Q_0$, т.е. запас плавучести буя недостаточен для преодоления гидродинамических сил давления. Необходимо применить сдвоенный буй. Гидродинамические нагрузки на сдвоенный буй увеличатся за счет $(R_B + Rx) \cdot 1.78 = (116 + 459) \cdot 1.78 = 1024$ кг и будут составлять $Q_0' = 1990 + 1024 = 3014$ кг, а $Q_0 = 1283 + 2300 = 3583$ кг, т. е. $Q_0' < Q_0$ и сдвоенный буй будет находиться на поверхности.

Анализ результатов расчета показывает:

1) что из всех гидродинамических сил давление волн и течений на корпус буя имеет наибольшее значение. Величина Rx существенно зависит от формы буя, т. е. от коэффициента сопротивления Cx. Буй должен иметь хорошо обтекаемую форму. Нами принято Cx = 0.4 как среднее значение для сплющенного эллипсоида. Если бы буй был просто цилиндром без параболоидного закругления внизу, то Cx нужно было бы взять равным 0.7;

2) что, давая большую притравку троса, существенно уменьшается множитель $\mathrm{ctg}\alpha$, на который умножается сумма гидродинамических сил R, что снижает их значение. Формулой (17.8) нельзя пользоваться при постановке буя на панер (без притравки), т. к. гидродинамические силы приходится умножать на $\mathrm{ctg}\ 0° = \infty$, что приводит к абсурду. С другой стороны, значительная притравка увеличивает радиус x хождения буя вокруг якоря до нежелательных размеров, соизмеримых с глубиной места. Обозначив притравку через ΔH, имеем:

$$\Delta H = n\frac{H}{100},\ n = 1, 2, 3, \ldots 100\%; \quad L = H + n\frac{H}{100}; \quad x = \sqrt{L^2 - H^2}.$$

Например, при n = 25%, x = 0.75H, а при n = 50%, x= 1.11 H, что приводит к погрешностям измерения скорости течения в верхних горизонтах.

Расчет давления течения и волн на притопленный буй.

Наибольшего значения гидродинамические силы, возникающие при обтекании притопленного буя, стоящего на якоре, достигают при наибольших скоростях течений, сочетающихся с наибольшим возможным волнением (если буй находится на глубине менее 30 м). Сила давления потока на буй Rx выразится формулой:

$$R_x = C_x \frac{\rho V^2}{2} S, \qquad (17.8)$$

где Cx, ρ, S имеют те же значения, что и в формуле (17.3);

$$V = V_\tau + \frac{\pi h}{\tau} e^{-\frac{2\pi}{\lambda} z}; \qquad (17.9)$$

здесь V,Vτ, h, τ имеют те же значения, что и в формуле (17.5); λ– длина волны, м; z – глубина погружения буя, м.

В данном случае для приближенного расчета скоростей орбитальных движений можно принять, что эти скорости меняются до глубины z по линейному закону и на горизонте z = λ/2 практически равны нулю. Тогда выражение (15.10) можно записать в виде:

$$V = V_\tau + \frac{\pi h}{\tau}\left(1 - \frac{2z}{\lambda}\right). \qquad (17.10)$$

В этом выражении z можно менять в пределах от 0 до λ/2. При больших значениях z второе слагаемое принимается равным нулю, т. е. V = Vτ.

Расчет давления на трос притопленного буя производится по формуле (17.6).

Вес и держащая сила якорей. Для удержания буев на месте их постановки применяются якоря различных систем. Конструкции якорей должны удовлетворять двум основным условиям: 1) вес якоря должен быть больше максимальной вертикальной силы, передаваемой по тросу к якорю; 2) горизонтальная составляющая сил, передаваемая по тросу к якорю, должна быть значительно меньше сил сцепления якоря с грунтом.

Мы располагаем только приближенными методами расчета для определения горизонтальной держащей силы якоря, так как на различных грунтах силы сцепления якоря будут меняться в широких пределах.

Для того чтобы под действием волн и течений, передаваемых якорю через трос, якорь не отрывался от грунта, минимальное значение его веса в воде Rяz должно вычисляться по формуле:

$$R_{яz} = Q_0 - R_0\sqrt{1 - \left(\frac{H - z}{L}\right)^2}, \qquad (17.11)$$

а минимальное значение силы сцепления якоря с грунтом Rях должно составлять:

$$R_{яx} = R_B + R_x + \sum R_{ix} + R\frac{(H - z)}{L}, \qquad (17.12)$$

В этих формулах способы вычисления всех величин уже указаны. Если возникает опасение, что якорь будет ползти, то для увеличения его держащей силы применяются (помимо увеличения веса) системы якорей, связанных концами троса или куском цепи, добавляют «кошку», ставят вместо сегментов равные по весу якоря.

Расчет тросов и цепей. Тросы и цепи должны обеспечивать прочность всех звеньев конструкции буйковой станции. Расчет прочности троса на разрыв производится по формуле:

$$P = \frac{T}{K}, \qquad (17.13)$$

где Р – наибольшая нагрузка на трос, Т – разрывное усилие троса, К – коэффициент запаса прочности.

Специальных исследований для определения коэффициента К применительно к буйковым станциям не проводилось. Наиболее близко по условиям нагрузок подходят тросы на стрелах и лебедках. Для стрел и лебедок с механическими приводами коэффициент К берется от 5 до 6. На эти значения и следует ориентироваться.

В качестве наибольшей нагрузки на тросы буйковой станции выбирается величина Р,определяемая из выражения:

$$P = \sqrt{Q_0^2 + (R_B + R_x)^2}, \qquad (17.14)$$

где Q_0— плавучесть буя, определяемая по формуле (17.8); R_B и R_x определяются по формулам (17.2) и (15.4). Вертикальную составляющую, возникающую за счет колебаний буя на волне, в расчет не принимаем, так как учет ее сложен, а в формулу входит завышенная величина RB, компенсирующая возможную погрешность. Заметим, что грузоподъемность буя может значительно превосходить чистую плавучесть. Например, может случиться, что для постановки был использован буй грузоподъемностью 1000 кг, в то время как суммарные нагрузки не превосходят 500 кг.

При выборе тросов должна производиться также проверка правильности подбора диаметра D барабана и блоков по формуле:

$$D \geq d(l - 1), \qquad (17.15)$$

где d – диаметр троса, м; l – коэффициент, применяемый > 20.

Для определения прочности звеньев цепей служит формула (17.13). Коэффициент К для цепей следует брать от 4 до 5.

Таблица 17.2

Стальные тросы, применяемые для буйковых станций

Диаметр троса, мм	Вес 100 м троса, кг	Разрывные усилия троса в целом, кг [1]
3.5	4.4	730
4.0	5.7	920
4.8	8.2	1310
5.0	9.1	1440
5.6	11.4	1860
6.0	15.2	2620[2]
6.2	13.6	2190
6.5	15.5	2590
7.5	22.5	3530
8.0	24.2	4180
8.5	25.7	4270

[1] Все разрывные усилия даны при расчетном пределе прочности проволоки 180 кс/мм^2.

[2] С металлическим сердечником.

17.4 Автономные буйковые станции для больших глубин

Подготовка приборов и оборудования для буйковой станции. Подготовка складывается из двух этапов. Первый этап производится до выхода в море или на переходе и заключается в подготовке оборудования и проверке его:

1) проверяют лебедки, грузовые стрелы, вьюшки, кран-балки и прочность откидных мостиков;

2) подбирают и проверяют якорные цепи, вертлюги, скобы, канифас-блоки, тросовые стопоры и зажимы, кронштейны для подвески приборов;

3) определяют коэффициенты счетчиков лебедок или коэффициенты блок-счетчиков;

4) отмечают марками на становом тросе места подвески измерителей;

5) проверяют герметичность корпусов самописцев и работу регистраторов;

6) проверяют работу радиопередатчика и проблескового огня;

7) вооружают буй мачтой, уголковым отражателем и антенной передатчика;

8) к якорям присоединяют стопоры для крепления их на буйрепе;

9) к бую присоединяют капроновый или манильский трос с поплавками и плавучестью на конце для поимки буя;

10) заряжают аккумуляторные батареи и ставят новые сухие элементы для проблескового огня;

11) к бую подсоединяют вертлюг с цепью;

12) к верхнему участку троса прикрепляют дополнительный трос «проводник» и заделывают огоны;

13) для постановки и подъема всей системы при постановке типа «якорь – буй» рекомендуется использовать две лебедки. На одну из них (№ 1) наматывают верхний участок троса с проводником. Длина троса должна быть точно известна и для лебедки «Океан», обычно равна 2200 м. На лебедку № 2 наматывают, начиная с верхней ступени, весь остальной трос с расчетом, чтобы тросов на лебедках № 1 и № 2 хватило на постановку станции в районе работ;

14) при постановке типа «буй – якорь» буйреп наматывают на барабан лебедки, начиная с нижней ступени.

Второй подготовительный этап проводится непосредственно перед постановкой буйковой станции и состоит в следующем:

1) проводят детальный эхолотный промер района постановки с целью уточнения глубины постановки станции и рельефа дна;

2) определяют скорость и направление ветрового дрейфа судна;

3) подготавливают к работе регистрирующие механизмы, делают контрольные отметки на ленте и устанавливают их в корпусы, плотно закрыв крышками;

4) устанавливают на буй проблесковый огонь и радиопередатчик. Проверяют их работу;

5) подготавливают необходимые при постановках ключи, свайки, скобы, каболки, нож, тросовые стопоры и т. п.

Постановка буйковых станций.

Автономные буйковые станции для океанских глубин ставятся на глубину от 1000м до 6000м. Многолетний опыт постановок таких станций позволил выработать оптимальную схему их устройства, постановки и снятия. Постановка и подъем АБС осуществляется силами экипажа (старшим помощником капитана, боцманом и палубной командой) под руководством капитана. Расчет плавучести буя, тросовых и якорных систем производится начальником океанографического отряда или старшим инженером. В задачу технического персонала экспедиции входит: подготовка приборов к работе, навеска приборов к тросу, их снятие и другие работы. Постановка осуществляется с судна, лежащего в дрейфе с наветренного борта при степени волнения не более 5 баллов.

Постановки АБС проводят тремя способами, различающимися последовательностью проведения работ. При первом способе постановку начинают с якоря и последним опускают буй. При втором способе прежде опускается на воду буй, затем травится весь становой трос с приборами, последней опускается якорная система. Третий комбинированный способ, при котором первым на воду опускается буй, травится становой трос с приборами, конец станового троса крепится через вертлюг за утку кран-балки, затем опускается якорная система. Когда якорь не доходит до дна 300— 500 м, оба конца троса (несущий приборы и якорь) соединяются через вертлюг и опускаются за борт. При постановке АБС комбинированным способом уменьшается возможность скручивания тросовой системы во время падения якорей. В соответствии с порядком работы первый способ постановки называют «якорь – буй», второй – «буй – якорь» и третий «комбинированный».

Постановка способом «якорь – буй»:

1) определяют координаты станции и глубину места и ложатся в дрейф;

2) исходя из измеренной глубины места станции, постановка начинается или с присоединения концевого якоря, если количество подготовленного троса на обеих лебедках ненамного превышает глубину в сумме с притравкой, или с отдачи с барабана лебедки № 2 излишка троса на вьюшку;

3) к концу троса, взятого на лебедку № 2 (после снятия излишка), крепят первый якорь;

4) якорь выводят за борт и лебедкой № 2 стравливают буйреп до отсчета, на котором крепят второй якорь;

5) тросовым зажимом с рымом подсоединяют строп со вторым якорем и выводят его за борт (можно гаком грузовой лебедки) и лебедкой № 2 стравливают до места крепления третьего якоря. Крепят третий якорь и выводят его за борт;

6) счетчик вытравленного троса ставят на нуль;

7) лебедкой №2 продолжают травить трос до отсчетов, на которых присоединяют самописцы течений или до присоединения троса с лебедки № 1;

8) если по расчету должен быть присоединен трос с лебедки № 1, то лебедку № 2 останавливают;

9) трос на участке за блоком кран-балки берут на стопор (лягушку);

10) потравливая трос лебедкой № 2, нагрузку передают на стопор и освобождают коренной конец троса с лебедки № 2;

11) соединяют его с огоном троса лебедки № 1 такелажной скобой или связывают штыком;

12) лебедкой № 1 подбирают трос, снимая нагрузку со стопора, и освобождают его;

13) продолжают дальнейшую постановку станции с лебедки № 1;

14) на отсчетах, соответствующих месту крепления самописцев течений (фототермографов), лебедку останавливают и крепят приборы8;

15) после подвески последнего из приборов включают проблесковый огонь и радиопередатчик. Буй с цепью и вертлюгом, гаком грузовой лебедки выводят за борт, удерживая его от раскачивания дуплинем из манильского или капронового троса, коренной конец которого закреплен, а свободный берется на утку;

16) одновременно на замедленной скорости выпускают с барабана лебедки № 1 последние шлаги основного буйрепа и после выхода его огона к борту (за блок кран-балки) лебедку останавливают;

17) подсоединяют такелажной скобой огон основного буйрепа к цепи буя;

18) нагрузку с лебедки передают на буй;

19) освобождают проводник с барабана лебедки № 1;

20) свернутый в бухту проводник каболками подвязывают к цепи ниже вертлюга;

21) опускают буй грузовой лебедкой на воду, одновременно подтягивая его к борту манильским или капроновым тросом;

22) освобождают гак грузовой лебедки;

23) вдоль борта (с наружной стороны) растягивают трос с плавучестью для поимки буя;

24) перетравливая манильский или капроновый трос через утку, опускают буй;

25) сбрасывают на воду трос с плавучестью для поимки буя;

26) записывают время окончания постановки, длину вытравленного троса по счетчику, производят контрольный промер глубин и определение места станции;

27) определение места буя производят несколько раз в течение 12 часов, для того чтобы убедиться, что станция не дрейфует.

Недостатком этого способа является то, что в конце постановки, когда якоря легли на дно, а буй еще не принял всей нагрузки буйрепа с приборами, судно на какое-то время становится на якоря буйковой станции, что грозит обрывом буйрепа у якорей буйковой станции.

Постановка способом «буй – якорь»:

1) заводят становой трос с лебедки на блок стрелы и протягивают его по палубе;

2) на расстоянии 30 м от конца буйрепа накладывают тросовый зажим с рымом. Собирают 30 м троса и связывают его в бухту;

3) присоединяют скобой тросовый зажим, скрепленный со становым тросом, к вертлюгу, соединенному с цепью, идущей от буя;

4) накладывают на буйреп на расстоянии 1-2 м от тросового зажима второй зажим, играющий роль стопора при подъеме. Этот зажим можно при постановке не ставить, а при подъеме наложить на это место тросовый стопор;

5) захватывают пентер-гаком строп буя, выносят буй за борт и опускают в воду;

6) травят цепь и становой трос до места установки первого измерителя течений;

[8] После подвески первого из приборов опускание производят при скорости, не превышающей 1.5 – 2.0 м/с.

7) крепят к буйрепу (раскосом вверх) кронштейн, подвешивают на нем самописец и опускают его в воду;

8) в той же последовательности опускают в воду приборы 2, 3, 4 и т. д.;

9) после подвески приборов травят буйреп в воду до места крепления первого якоря, при этом судно самым малым ходом растягивает трос (если буй близко подходит к судну);

10) крепят к тросу зажимом строп первого якоря и опускают его в воду;

11) травят трос до места крепления второго и третьего якорей, прикрепляют их и опускают в воду;

12) берут трос на стопор, снимают его конец с лебедки и канифас-блока кран-балки и подготавливают к сбрасыванию за борт;

13) растягивают станцию, удаляясь от буя самым малым ходом;

14) отдают стопор;

15) производят действия по п. 26 и 27 способа «якорь – буй».

Недостатками этого способа являются:

а) буи, вертикальные размеры которых больше горизонтальных, при опускании их на воду (без нагрузки, в первый момент) не становятся вертикально, а ложатся. Мачта оказывается в воде и при волнении может выйти из строя (ударяется о воду уголковым отражателем и светильником, нарушается герметичность светильника, мачта может сломаться);

б) при отдаче якорей трос скручивается, образует петли, а при натяжении – калышки, что грозит обрывом буйрепа;

в) при падении якорная система может повредить подвешенные приборы. Чтобы избежать всего этого, применяется комбинированный способ.

Постановка «комбинированным способом»:

1) заводят становой трос с лебедки на ширококипный блок кран-балки и протягивают его на палубе;

2) на расстоянии 10–20 м скобой становой трос крепится с цепью (или отрезком троса);

3) к скобе одним концом крепится проводник и протягивается вдоль цепи (или отрезка троса);

4) второй конец проводника сворачивается в бухту, которая крепится под вертлюгом буя;

5) захватывают пентер-гаком строп буя, выносят буй за борт и опускают в воду;

6) травят цепь (или отрезок троса) и становой трос до места установки первого измерителя течений;

7) крепят к буйрепу (раскосом вверх) кронштейн, подвешивают на нем самописец и опускают его в воду;

8) в той же последовательности опускают в воду остальные приборы;

9) после подвески всех приборов конец буйрепа через вертлюг крепят на «утку» кран-балки;

10) к концу троса, заведенного на ширококипный блок кран-балки, крепят якорную систему;

11) если растяжка буйрепа с приборами слабая, то судно дает толчок;

12) растянув буйреп с подвешенными к нему приборами, начинают опускать якорную систему;

13) когда якорная система не доходит еще до грунта на 300–500 м, якорный трос берут на «лягушку»;

14) соединяют конец якорного троса через вертлюг с буйрепом, закрепленном на «утке» кран-балки;

15) место соединения якорного и станового троса (вертлюг) выводят за борт или путем обрубания, или на тонком тросе со «слабым сечением»;

16) производят действия по пунктам 26–27 способа «якорь–буй». Схематическая последовательность постановки изображена на Рис.17.3.

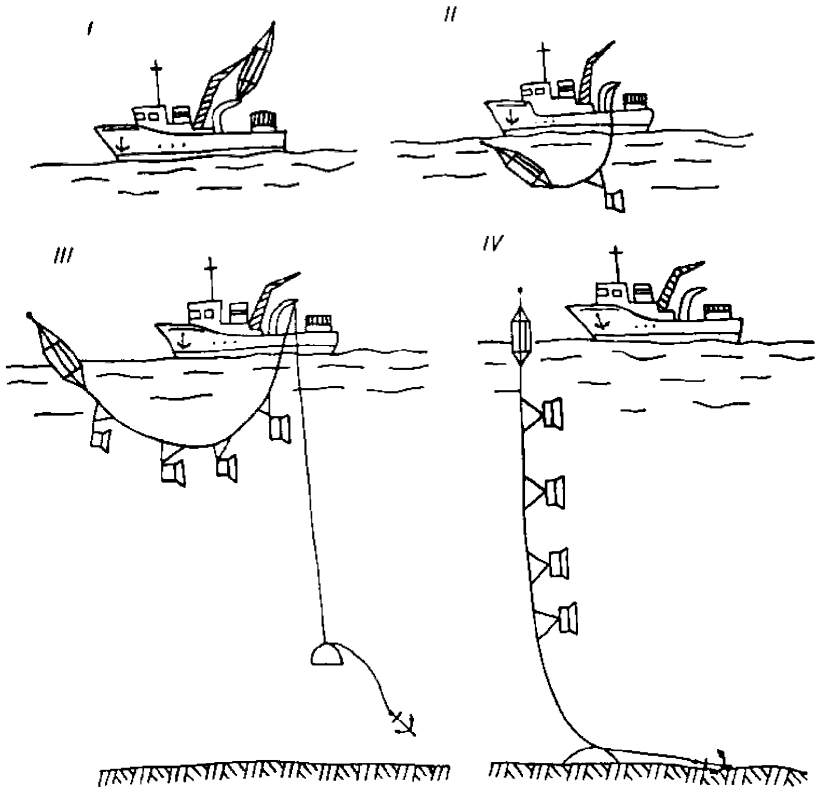


Рис.17.3 Схема постановки АБС комбинированным методом.

Разновидностями «комбинированного способа» являются:

а) постановка с использованием вспомогательного троса и

б) постановка с использованием промежуточного буя.

В месте соединения тросов якорной системы и буя присоединяется вспомогательный трос, намотанный на соседнем барабане лебедки, обеспечивающем скорость стравливания 1.5 м/с. Вспомогательный трос состоит из набора: трос диаметром 8.2—9 мм длиной 40 м; трос диаметром 5.5 мм длиной 1 м; трос диаметром 9 мм длиной не менее 800 м. На вспомогательный трос во время его вытравливания действует вес всей системы, за исключением потери веса в воде (около 12%), потери веса при движении вниз за счет уменьшения силы тяжести (около 15% на скорости 1.5 м/с) и потери веса за счет сопротивления воды (около 9% при скорости 1.5 м/с). Таким образом, в момент вывода с барабана участка троса диаметром 5.5мм на него действует нагрузка примерно на 35% меньшая, чем вес системы. Нагрузка на вспомогательный трос уменьшается по мере того, как якорная система достигает грунта и основная нагрузка перераспределяется на буй. В это время спуск вспомогательного троса прекращается. За счет дрейфа судна и последовательного зацепления якорей натяжение вспомогательного троса возрастает. Удельное напряжение будет существенно большим в тросе диаметром 5.5мм и в этом месте вспомогательный трос оборвется. Для более быстрого обрыва лебедку в этот момент можно переключить на подъем. При скорости опускания 1.5 м/с якоря и плашки плавно и последовательно ложатся на грунт. При меньших скоростях надо соответственно уменьшить скорость вытравливания вспомогательного троса. Этот способ и следующий применялись при постановке АБС в Гольфстриме на глубине 4300м. Притравка давалась 14%.

Смысл применения промежуточного буя состоит в следующем. Во время постановки АБС до того, как якорь дойдет до грунта, вытравленная за борт часть буйрепа с якорями и приборами подвешивается к промежуточному бую. Затем постановку продолжают (крепят к буйрепу остальные приборы) и основной буй опускают на воду и пускают его в дрейф. Подходят к

промежуточному бую и отделяют его от буйрепа. Основной буй АБС становится на якорь. Промежуточный буй берется на борт.

Подъем буйковой станции. Подъем буйковой станции происходит в следующей последовательности:

1)обнаруживают АБС по координатам буя;

2)подходят с наветренной стороны к бую;

3)кошкой вылавливают трос с плавучестью и за нее подтягивают буй к борту. Записывают время начала подъема станции;

4) гак грузовой лебедки заводят в огон капронового или манильского троса или с низкобортного судна в рым буя;

5)поднимают буй так, чтобы вертлюг оказался на высоте планшира;

6)распускают трос проводника и заводят его на лебедку, соединив скобой с коренным концом троса, закрепленным на барабане лебедки № 19;

7) счетчики вытравленного троса ставят на нули;

8) лебедкой № 1 снимают нагрузку с буя;

9) отсоединяют скобу с цепью, и буй берут на палубу;

10) начинают подъем; до отрыва якорей от дна буйреп поднимают со скоростью не выше 0.5 м/с, машиной подрабатывают, так чтобы трос был вертикален;

11) выбирают буйреп до появления первого самописца. Лебедку останавливают, снимают самописец и кронштейн;

12) по мере выбора буйрепа снимают все остальные приборы. До снятия последнего прибора скорость подъема не должна превышать 1.5 м/с;

13) через каждые 1000 м выбранного буйрепа лебедку надо остановить на 2–3 мин для того, чтобы нижний участок троса раскрутился;

14) если емкость барабана лебедки недостаточна для всего троса, то, подняв буйреп до места связки верхнего и нижнего участков, переводят трос на вторую лебедку. Для этого трос на участке за блоком кран-балки или стрелы берут на стопор. Потравливая с лебедки № 1, нагрузку передают на стопор, связку выводят на палубу, где ее разъединяют или просто обрубают, если связка сделана штыками. Отданный или обрубленный конец буйрепа соединяют с тросом барабана лебедки № 2;

15) нагрузку стопора передают на лебедку № 2 и отдают стопор;

16) лебедкой № 2 выбирают буйреп до появления первого якоря;

17) отсоединяют зажим, скрепляющий якорь с буйрепом, и якорь берут на палубу. Так же снимают остальные якоря;

18) поднятые из воды самописцы не рекомендуется открывать до тех пор, пока их корпусы не примут температуру окружающей среды. Это необходимо, чтобы избежать запотевания механизма;

19) после извлечения регистрирующих механизмов из корпуса на лентах делают отметки времени.

Приведенные выше описания последовательности работ при постановке и подъеме буйковых станций в основных чертах выдерживаются независимо от оборудованности судна. Что же касается способов выполнения отдельных операций, то они в каждом случае могут выполняться различно. Например, при отсутствии штатного тросового стопора типа «лягушка» или концевого, опытный матрос вполне надежно накладывает цепной стопор. Однако необходимо следить за тем, чтобы цепь для этой цели была надлежащей прочности. Если трос при подъеме станции (или постановке) берется не на барабан лебедки, а на турачку, нужно иметь надлежащие емкости на вьюшках и сразу выбирать трос на них. Могут быть и другие отклонения от приведенных описаний.

---

[9]Если подъем ведется одной лебедкой, то используют последовательно два блока, устанавливаемые на стреле. Один из блоков отводится под грузовой шкентель, второй — под становой трос.

Желательно вблизи крепления якорей на нижнем участке буйрепа ставить трос диаметром 3–4 мм. В случае если якоря «замыты» в грунте и благодаря этому при подъеме станции возникают большие нагрузки на буйреп, этот участок буйрепа рвется, и потери ограничиваются системой якорей.

При постановке автономных буйковых станций в районах океана с сильными течениями, такими как Гольфстрим, Куросио и т. п., в качестве поддерживающего буя применяются два буя, соединенные вместе сварной металлической конструкцией. Необходимо также применение якорной системы с большей держащей силой. С этой целью к концу обычной якорной системы, состоящей из сегментных якорей, добавляется один или два адмиралтейских якоря (100–150 кг), соединенных с сегментными якорями пятидесятиметровым отрезком троса диаметром 11–12 мм. К поддерживающему бую крепится манильский канат длиною 100 м, для того чтобы облегчить первый этап снятия буйковой станции.

17.5 Автономные буйковые станции для средних глубин

Постановка автономных буйковых станций для средних глубин осуществляется на глубинах места от 50 до 1000 м. Существует много различных типов таких станций и вариантов их постановок. Здесь приводятся наиболее оптимальные схемы буйковых станций и порядок их постановки и снятия.

Автономная буйковая станция с одним поддерживающим буем. За основу берется схема автономной буйковой станции для океанских глубин с той лишь разницей, что в качестве поддерживающего буя могут быть использованы более легкие тральные буи грузоподъемностью от 300 до 1000 кг или буи грузоподъемностью 1000—1500 кг. Система якорей также облегчается. Приемы постановки и снятия такой станции описаны в предыдущем разделе.

Автономная буйковая станция с двумя поддерживающими буями.

Схема такой станции показана на Рис.17.4. Этот вариант буйковой станции целесообразно применять в районах моря с сильными течениями и резкими перепадами глубин. В качестве поддерживающих буев желательно использовать тральные буи, которые имеют стабилизаторы и на больших скоростях течения держатся устойчиво.

В зависимости от глубины места постановка буйковой станции осуществляется по-разному.

При постановке буйковой станции на глубинах до 500 м отдельные элементы буйковой станции раскладываются вдоль рабочего борта судна в определенном порядке. Система якорей, соединенная с буйрепом, укладывается на досках на открытом месте в кормовой части судна (на откидном мостике, на открытой части палубы, не огражденной фальшбортом и т.д.). Буйреп втугую растягивается на палубе между носовыми и кормовыми кнехтами и его верхний конец соединяется с первым поддерживающим буем. Второй поддерживающий буй, выведенный за борт на стреле или кран-балке, соединяется тросовыми концами (оттяжками) диаметром 10–12 мм, длиной 25–35 м с первым поддерживающим буем и с вехой, на которой укреплен уголковый отражатель и светильник.

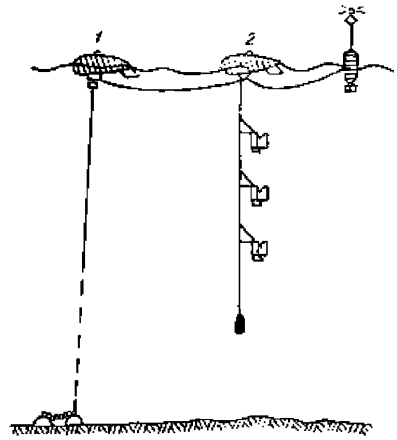


Рис. 17.4 Схема буйковой станции для средних глубин.
1,2—поддерживающие буи

Сначала на воду на тросовом конце опускается веха с уголковым отражателем и с лебедки травится в воду размеченный отрезок троса (с концевым грузом весом 50–75 кг), на котором крепятся кронштейны и приборы. Верхний конец троса с вертлюгом соединяется скобою с рымом второго поддерживающего буя. После этого второй поддерживающий буй опускается на воду с помощью стрелы (кран-балки) и дуплиня 10, закрепленного на утке. Далее, опять с помощью стрелы (кран-балки) и дуплиня на воду спускается первый поддерживающий буй и придерживается у борта верхним концом буйрепа.

После окончания этого этапа работы судно дает самый малый ход и буйреп, длина которого определена заранее в соответствии с глубиной места, втугую стравливается в воду. Эта операция проводится вручную. Двое сотрудников стравливают буйреп в воду, а двое других сотрудников, находящихся возле носового и кормового кнехтов, снимают с них шлаги буйрепа и в натянутом состоянии подают их к борту. Когда весь буйреп выпущен за борт и вся буйковая станция находится на воде в натянутом состоянии, силой натяжения буйрепа или с помощью рычага за борт сбрасывается якорь. Примерно через минуту якорь достигает дна. На этом постановка буйковой станции заканчивается.

Следует иметь в виду, что во время вытравливания буйрепа на ходу судна необходимо вести промер эхолотом, и если глубина места растет и начинает превышать длину буйрепа, то при помощи циркуляции судно имеет возможность вывести буйковую станцию на нужную глубину. Преимуществом этого варианта буйковой станции является следующее важное обстоятельство. Если буйковая станция под воздействием сильного течения начнет притапливаться или в связи со слабой держащей силой якорей на твердом грунте (гладкий скалистый грунт), начнет «сползать» в сторону большей глубины, и первый поддерживающий буй, соединенный буйрепом с якорем, начнет погружаться под воду, то в этом случае вступает в действие дополнительная плавучесть второго поддерживающего буя и их суммарная плавучесть оказывается в состоянии поддержать всю систему на плаву.

Снятие станции проводится в следующей последовательности: сначала на борт с помощью кошки или отпорного крюка поднимается сигнальная веха, от нее отсоединяется тросовая оттяжка и заводится на барабан шпиля или турачку и к борту судна подтягивается второй поддерживающий буй. С помощью стрелы он вывешивается над краем палубы и к огону верхнего конца троса с приборами скобою присоединяется трос, идущий на барабан лебедки. После того как трос лебедки возьмет всю нагрузку на себя, второй поддерживающий буй отсоединяется от

[10] Дуплинь — трос, продернутый в рым буя, и конец его снова взят обратно, так что оба конца находятся в распоряжении работающего.

троса, отводится в сторону и начинается подъем троса с приборами и отсоединение от него приборов, кронштейнов и концевого груза. Далее, к концу тросовой оттяжки, соединяющей второй и первый поддерживающие буи, присоединяется с помощью скобы трос, идущий на барабан лебедки. После того как трос лебедки возьмет нагрузки на себя, от тросовой оттяжки отсоединяется второй поддерживающий буй и укладывается на палубу. Последующие этапы подъема буйковой станции аналогичны предыдущим.

При постановке автономной буйковой станции на глубинах более 500 м все этапы постановки станции до момента опускания на воду первого поддерживающего буя проводятся так же как и при вышеописанной постановке буйковой станции на глубинах менее 500 м.

Разница заключается в том, что буйреп заранее не разносится по палубе между кнехтами, а намотан на барабан лебедки.

К первому поддерживающему бую перед его опусканием на воду крепится еще одна тросовая оттяжка длиной 25–35 м. После этого с помощью стрелы (кран-балки) и дуплиня первый поддерживающий буй опускается на воду и удерживается у борта тросовой оттяжкой или дуплинем, закрепленными на утку. Далее с помощью кран-балки и лебедки за борт выводится система якорей, соединенная с буйрепом, и опускается на дно. Когда весь буйреп (его длина определена заранее в соответствии с глубиной места) смотан с лебедки и якоря легли на дно, к верхнему концу буйрепа скобой присоединяется тросовая оттяжка, идущая к первому поддерживающему бую и предварительно снятая с утки. После этого с лебедки быстро стравливается 40—45 м троса и когда первый поддерживающий буй примет нагрузку буйрепа на себя и на тросе, смотанном с лебедки, образуется слабина, тогда трос отсоединяется от коренного конца на лебедке. Первый поддерживающий буй, удерживаемый у борта дуплинем, освобождается от него, и поставленная станция отходит от борта.

Снятие такой автономной буйковой станции осуществляется точно так же, как и станции, поставленной на глубине до 500 м.

17.6 Автономные буйковые станции с притопленным буем

Автономные станции с притопленными буями получили в современной практике наибольшее распространение для изучения океана. Преимущество их в отсутствии необходимости особо точного расчета длины буйрепа, а также отсутствии элементов станции вблизи поверхности, что исключает случайный подъем станции посторонними и снижает риск случайного зацепления станции рыболовными снастями.

При постановке обычных автономных буйковых станций на больших и средних глубинах дается притравка буйрепа порядка нескольких процентов от глубины места постановки станции. Заякоренный буй имеет собственные движения под воздействием переменного течения, волнения и ветра. Легко показать, что при глубине места 4000 м и длине вытравленного буйрепа 4100 м (притравка 2.5%) поддерживающий буй может совершать движения внутри круга радиусом 900 м, что приводит к ошибкам в наблюдениях течений, иногда соизмеримым с наблюдаемыми скоростями течения. Рывки самописцев в верхних горизонтах, обусловленные волнением, также приводят к существенным погрешностям.

Применение автономных буйковых станций с притопленным буем позволяет существенно уменьшить эти погрешности. В этом случае можно полностью избежать ошибок за счет влияния волнения и в некоторой мере за счет собственных движений заякоренного буя.

Автономные буйковые станции с притопленными буями хорошо оправдывают себя в штормовых условиях, в районах с дрейфующими льдами и в районах с интенсивным судоходством.

Наиболее распространенной является конструкция АБС с распределенными плавучестями (Рис.17.5).

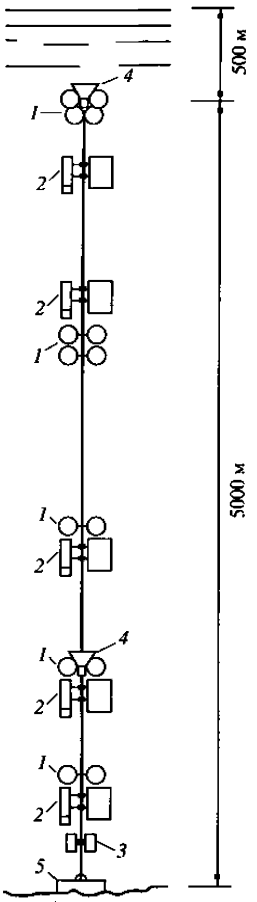


Рис. 17.5 Глубоководная автономная буйковая станция с распределенными плавучестями.

Расположение плавучестей по высоте станции, представленное на Рис.17.5, позволяет равномерно распределить нагрузку на буйреп и в большой степени обеспечить отсутствие провисания буйрепа.

Буи таких станций рекомендуется располагать на глубинах более 100 м, где практически не ощущается влияние поверхностного волнения. Совершенно необходимым для обнаружения и успешного подъема притопленной АБС является применение специальных средств, таких как гидроакустические размыкатели.

Акустические размыкатели на притопленных АБС целесообразно сдваивать, для повышения надежности срабатывания. В районах с повышенным слоем илистых осадков при длительной постановке не исключена вероятность постепенного погружения якорь-груза вместе с размыкателями в слой осадков, что приводит к отказу размыкателя и, как следствие, к утере станции. Для уменьшения этой опасности якорь-груз целесообразно изготавливать *гайдропного типа*, т.е. состоящим из ряда отдельных, соединенных между собою цепями или металлическим тросом, грузами. Масса последних подбирается таким образом, чтобы давление ближайшего к размыкателю груза на грунт было минимальным, а в сумме они обеспечивали необходимый запас отрицательной плавучести.

Гидродинамический расчет равновесия притопленной АБС. Такой расчет необходим для проверки устойчивости станции под воздействием переменных течений. Он позволяет определить форму (конфигурацию) троса в рабочем состоянии и характер натяжений в нем.

Для проведения расчетов рекомендована схема, когда одна часть плавучести расположена на верхнем конце якорной линии в виде притопленного буя, а другая часть относительно равномерно распределена вдоль буйрепа в виде модулей в местах крепления измерителей течений и других приборов (Рис.17.6).

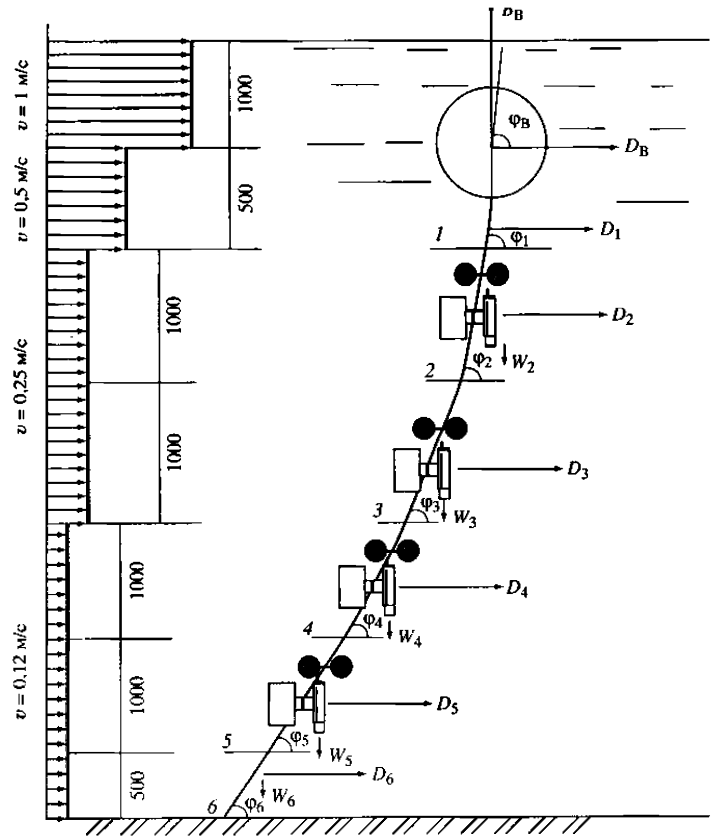


Рис. 17.6 Схема гидродинамического расчета нагрузок на буйреп притопленной АБС

Кевларовый (или другой синтетический) трос обладает плавучестью, не слишком отличающейся от нулевой. Для расчета равновесия АБС с притопленной плавучестью необходимо составить уравнение равновесия протяженного буйрепа, на который воздействует поток течения, переменного как по величине, так и по направлению. При ступенчатой аппроксимации профиль течения представляется в виде ступеней с постоянным течением. Гравитационные силы и сопротивление троса вычисляют для каждой ступени, а результирующий вектор напряжения определяется в узловых точках. Геометрия троса аппроксимируется затем построением ступенчатой линии по векторам натяжения, идущей от одной узловой точки к другой (Рис. 17.6).

При расчете принимаются следующие допущения:

– трос обладает идеальной гибкостью, т.е. не передает изгибающих моментов;

– трос не растягивается при нагрузке (т.е. пренебрегается относительным удлинением);

– направление течения не имеет вертикальной составляющей (вектор течения и трос в стационарном режиме находятся в одной плоскости);

– скорость течения постоянна на каждой ступени профиля скорости.

Натяжение T_i и угол φ_i между касательной в любой узловой точке i и горизонталью можно определить соответственно по формулам:

$$T_i = \left[\left(B_B - \sum P_n L_n \right)^2 + \left(D_B + \sum D_n \right)^2 \right]^{1/2} \qquad (17.16)$$

$$\varphi_i = arctg^{-1} \frac{B_B - \sum P_n L_n}{D_B + \sum D_n} \qquad (17.17)$$

где суммы берутся от $n = 1$ до $n = i$; B_B – вес воды, вытесненной буем; P_n, L_n – вес n–го погруженного отрезка длиной L; D_B – сила сопротивления, действующая на буй; $D_n = 0.5 C D_n h_n v^2$ – сопротивление, действующее на n – й отрезок диаметра D_n; C – коэффициент сопротивления; h_n – высота n – й ступени.

Сила сопротивления, действующая на обтекаемое тело (буй, модуль плавучести, прибор), может быть вычислена по формуле:

$$D_{iB} = 0.5 C_x \rho v^2 S,$$

где S – мидель (площадь сечения обтекаемого тела, нормальная к потоку).

Для сферы $S = \pi d^2/4$, для цилиндра $S = dH$, где d – диаметр, H – высота.

Коэффициент сопротивления $C_x = f(Re)$, где $Re = vd/\eta$ - число Рейнольдса, η - кинематическая вязкость воды (10^{-6} м^2/с), v – скорость потока, м/с.

Коэффициент C_x в зависимости от числа Рейнольдса может быть определен по справочным данным.

Приведем пример расчета сил, действующих на элементы буйковой станции при следующих значениях: для буя (d = 950 мм) S = 0.7 м^2, для измерителя течений S = 0.0065 м^2, для модуля плавучести S = 0.12 м^2. Диаметр троса 6 мм. Скорости течения по горизонтали принимаются заведомо большими, чем ожидаемые для района постановки. Результаты расчета сведены в Таблицу 17.3.

Таблица 17.3

Результаты гидродинамического расчета равновесия АБС с притопленным буем

Горизонт	Скорость потока, м/с	Модуль		Прибор		Трос		$D_{мод\,i}$, кгс	$D_{приб\,i}$, кгс	$D_{троса\,i}$, кгс	$D_{\Sigma i}$, кгс	L_i, м	P_{Li}, кгс	T_i, кгс	φ_i, градус
		$Re \times 10^5$	C_x	$Re \times 10^5$	C_x	$Re \times 10^5$	C_x								
0...1000	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	272	86
1001...1500	0.50	-	-	-	-	$3 \cdot 10^{-2}$	0.9	-	-	34	34	500	2.5	272	79
1501...2500	0.25	0.7	0.65	0.32	0.74	$1.5 \cdot 10^{-2}$	0.9	0.5	0.3	17	18	1000	5	272	75
2501...3500	0.25	0.7	0.65	0.32	0.74	$1.5 \cdot 10^{-2}$	0.9	0.5	0.3	17	18	1000	5	272	71
3501...4500	0.12	0.37	0.65	0.15	0.74	$0.7 \cdot 10^{-2}$	1	0	0.2	4.3	4.5	1000	5	269	70
4501...5500	0.12	0.37	0.65	0.15	0.74	$0.7 \cdot 10^{-2}$	1	0	0.2	4.3	4.5	1000	5	266	68.5
5501...6000	0.12	-	-	-	-	$0.7 \cdot 10^{-2}$	1	0	0	2.15	2.15	500	2.5	264	86

Схема постановки автономной буйковой станции с притопленным буем на океанских глубинах.

Порядок ее постановки почти не отличается от порядка постановки обычной буйковой станции, который подробно описан в 17.6. При этом следует иметь в виду присоединение к нижнему вертлюгу акустического размыкателя троса, который крепится замковой частью к концу якорного троса на первом этапе постановки станции. Все последующие этапы постановки проводятся в полном соответствии с порядком постановки обычной буйковой станции до заключительного этапа. Когда поддерживающий буй выведен за борт и пришвартован к борту швартовым тросом, в верхний рым буя продевается дуплинь и крепится за вторую утку. После этого за борт сбрасывается опознавательный буек, соединенный с буем отрезком троса (если не осуществляется скрытая постановка). Швартовый трос осторожно снимается с утки и, когда дуплинь примет на себя нагрузку, сбрасывается за борт. Медленно перетравливая свободный конец дуплиня через утку, опускают буй в воду. Затем свободный конец дуплиня отпускают, и он перетравливается через рым буя, который выходит на горизонт постановки. На этом заканчивается постановка станции.

Подъем притопленной буйковой станции ничем не отличается от подъема обычной якорной станции, но так как при всплытии поддерживающего буя после срабатывания акустического размыкателя якоря остаются на дне, то и подъем станции осуществляется легче.

Притопленная буйковая станция с одним сигнальным буем на двух якорях. Схема этой буйковой станции показана на Рис.17.8. Ее особенностью является применение в ней обтекаемого буя с горизонтальной осью. В качестве поддерживающего буя берется стандартный тральный буй плавучестью 250—300 кг. Можно применять буи, изготовленные из прочных сортов пенопласта с наполнителем (для кратковременных наблюдений до 3 суток). Последовательность операций при постановке такой станции следующая.

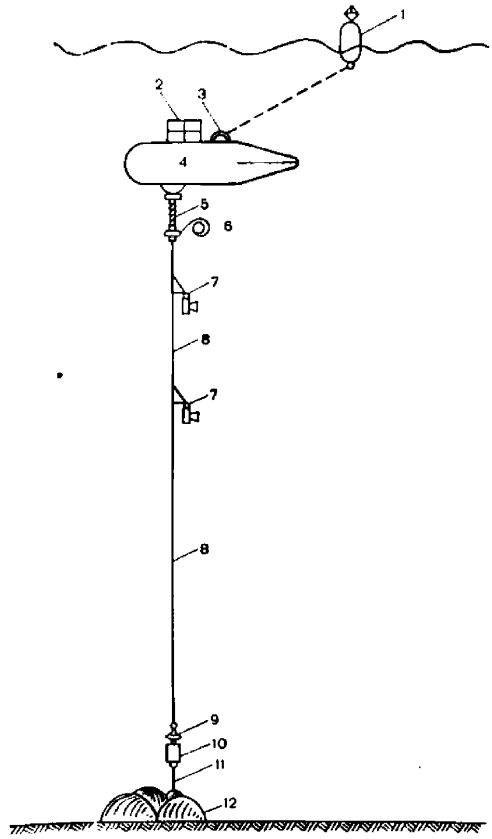


Рис. 17.7 Схема станции с притопленным буем для больших глубин.
1 — сигнальный буек, *2* — уголковый отражатель (необходим для поиска всплывшего буя), *3* — верхний рым с подъемным стропом, *4* — притопленный буй, 5 — цепь с двумя вертлюгами на концах, *6* — заводной конец буйрепа, 7 — кронштейн с приборами, *8*— буйреп, *9*— вертлюг, *10* — размыкатель троса, *11* — якорный трос, *12* — якоря.

Исходя из расчетной глубины места постановки и глубины положения поддерживающего буя, подготавливают буйреп от сигнального буя до якоря и от поддерживающего буя до якоря. В местах подвески приборов буйреп маркируется. Постановка станции начинается с опускания на воду сигнального буя. Далее на всю длину вытравливается первый буйреп, к концу которого прикреплен якорь и отрезок троса между первым и вторым якорями. В воду опускается первый якорь, удерживаемый отрезком троса между якорями, и затем второй якорь, в свою очередь удерживаемый вторым буйрепом. Второй буйреп травится до разметок, на местах которых крепятся приборы. Далее, как только будет вытравлен весь буйреп, к нему присоединяется поддерживающий (притопляемый) буй, заранее выведенный стрелою за борт.

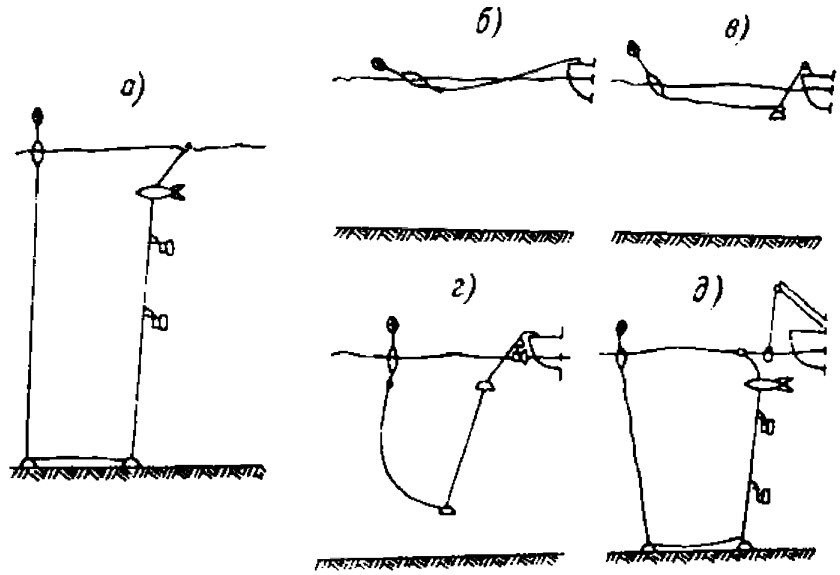


Рис.17.8 Притопленная буйковая станция с одним сигнальным буем на двух якорях.
а— вид установленной станции в разрезе, *б* — спущен сигнальный буй, *в* —спущен первый якорь,
г — спущен второй якорь и нижний самописец, *д* — спущен поддерживающий (притопленный) буй.

Поддерживающий буй опускается в воду на шкентеле грузовой стрелы, который снабжен специальным гаком как рычагом. Оттягивание рычага за линь с борта судна обеспечивает расцепление гака. Над буем рекомендуется на тонком лине выпускать сигнальный буек и после окончания постановки, ориентируясь на него, провести контрольное измерение глубины и положения буя.

Подъем станции, поставленной по такой схеме, начинается с подъема сигнального буя. После того как сигнальный буй поднят на палубу и начинается подъем первого буйрепа, отрывается от грунта первый, а потом и второй якорь, и поддерживающий буй всплывает на поверхность. Дальнейший подъем станции и снятие кронштейнов и приборов продолжают в зависимости от условий, исключающих спутывание двух тросов, начиная от якоря или реже от буя.

17.7 Общие рекомендации по постановке буйковых станций

Постановка и подъем АБС должны производиться с судов, приспособленных для этих работ, обеспеченных соответствующими подъемными механизмами.

Способы постановок автономных буйковых станций могут существенно отличаться друг от друга в зависимости от имеющегося оборудования и условий постановки буйковых станций. В каждом случае схему буйковых станций, такелаж и порядок проведения работ следует выбирать, сообразуясь с возможными реальными условиями. Далеко не всегда можно располагать тросами, буями и другим оборудованием, строго соответствующим рекомендованным. Суда, с которых осуществляются постановки буйковых станций, не всегда удовлетворяют всем требованиям. Готовясь к постановке автономной буйковой станции, надо, помимо учета приведенных рекомендаций, руководствоваться конкретными условиями производства наблюдений и тщательно продумать весь процесс работы от постановки до снятия станции.

Выбор типа буйковой станции, ее снаряжения и такелажа определяется глубиной места постановки и удаленностью его от берегов, гидрометеорологическими условиями района постановки, предполагаемой продолжительностью работы станции, интенсивностью судоходства и имеющимися техническими возможностями. Из гидрометеорологических условий учитываются, прежде всего, волнение, ветер, наибольшие возможные скорости течений и ледовые условия,

представляющие собой в ледовитых морях наибольшую угрозу безопасности автономных станций, имеющих надводные поддерживающие и сигнальные буи.

В практике может встретиться необходимость поставить буйковую станцию с самых различных судов, начиная с малых и кончая крупным, специально оборудованным судном.

Оборудование судна для постановки и подъема буйковых станций независимо от его размеров как минимум состоит из:

1) лебедки (удобнее работать с двумя лебедками);

2) эхолота;

3) стрелы или кран-балки;

4) канифас-блоков ширококипных, через которые будут проходить все соединения такелажа. Количество канифас-блоков определяется взаиморасположением лебедки и стрелы;

5) канифас-блока с блок-счетчиком (также ширококипного). Этот блок крепится на ноке стрелы, рядом со штатным блоком грузового шкентеля;

6) роульсов, устанавливаемых на планшире рабочего борта. Удобно иметь два роульса (особенно при постановках без кран-балки);

7) «уток» (2-3 шт.), способных выдержать вес буйковой станции («утки» должны быть установлены вдоль рабочего борта);

8) вьюшек электрических или ручных для запасов троса.

Из числа применяемых лебедок наиболее удобной является траловая. Эта лебедка имеет две турачки и два барабана, на которые можно набрать количество троса, достаточное для постановки буйковой станции на океанских глубинах.

Мощность лебедки и грузоподъемность ее желательно иметь такими, чтобы поднять буйковую станцию, установленную на глубине 6000 м при скоростях течения до 1.5 м/с. Расчеты показывают, что грузоподъемность 3-5 т и мощность 20-30 кВт отвечают этим условиям и обеспечивают возможность подъема станции со скоростью до 3 м/с. Желательно иметь на лебедке не меньше трех скоростей в пределах от 0.25 до 3-4 м/с.

На судне нужно иметь свободный участок палубы вдоль борта, с которого производится постановка, а также места для буев, якорей и такелажа буйковой станции. Тяжеловесное снаряжение станции нужно располагать так, чтобы его можно было брать стрелой непосредственно с места.

Приведенный перечень оборудования далеко не всегда окажется в распоряжении производящих работы.

Постановка и подъем буйковой станции возможны с помощью грузовой лебедки или турачки брашпиля. При этом необходимо соблюдать особую осторожность. Следует иметь в виду, что нагруженные тросы сильно портятся турачкой, диаметр которой невелик. Сама работа проводится на малых скоростях. При работе через турачку на нее должно накладываться не менее 6 шлагов троса.

Для постановки буйковых станций успешно используется океанографическая лебедка «Океан» большой модели с мотором мощностью 17 кВт. При работе с нею трос пропускается на блок кран-балки, минуя тросоукладчик. При использовании для постановок лебедки «Океан» судно должно быть оборудовано для работ на океанских глубинах еще одной лебедкой, так как на барабан лебедки «Океан», как правило, укладывают только верхний участок троса (2200-2400м). Постановка и подъем станции с использованием двух лебедок удобны тем, что для работ в местах со значительным диапазоном глубин может использоваться один, заранее подготовленный трос на одной лебедке. Менять длину троса можно только на второй лебедке путем перемещения точки крепления якоря.

При постановках автономных буйковых станций необходимо выполнять следующие рекомендации.

Перед каждой постановкой буйковой станции обязательно производить расчет веса станции при максимально возможных динамических нагрузках от ветра, течения и волнения, предусматривая запас плавучести поддерживающего буя не менее 15-20%.

При постановках необходимо использовать ширококипные канифас-блоки, через которые может свободно проходить буйреп вместе с вертлюгами, скобами, коушами. Блоки можно применять как специально изготовленные, так и применяемые в рыбной промышленности на траловых дугах.

Следует, если возможно, устанавливать блоки так, чтобы нагруженный буйреп не перегибался под углом менее чем 90°.

Буйреп целесообразно выбирать из ступенчатого троса концами, длина которых кратна 100 м, соединяя каждую ступень через вертлюг. Работы облегчаются, если конец троса, опускаемый за борт последним, размечен метками через каждые 50 или 100 м. Это освобождает от необходимости измерять его во время постановки станции.

Буйреп необходимой длины перед постановкой набирается на барабан лебедки с учетом предполагаемой глубины моря и способа постановки буйковой станции.

Соединение тросов со скобами, вертлюгами или между собой необходимо осуществлять только через огоны с коушами.

Все скобы должны быть надежно зашплинтованы.

Новый трос перед набором на лебедку необходимо обтянуть под нагрузкой.

Петлю стропа, предназначенного для подъема буя, закреплять на мачте с таким расчетом, чтобы его удобно было захватывать с палубы судна.

Часть буйрепа, предназначенную для заводки на лебедку при подъеме буя, следует крепить нижним концом к верхней половине вертлюга.

В такелаже крепления приборов к кронштейну не должно быть непосредственного контакта между разнородными металлами (например, между латунью и сталью).

Не рекомендуется применять постановки способом буй-якорь, если не обеспечено плавное опускание якорной системы. Необходимо тросовую систему хорошо вытянуть перед отдачей якорей.

Скорость погружения приборов не должна превышать 1.5 м/с.

Перед постановкой необходимо тщательно проверить исправность и техническое соответствие всех узлов оборудования буйковой станции.

В случае недостатка такелажного оборудования тросы соединяются сплеснями, длина которых не должна быть меньше двадцати диаметров более толстого троса.

Все работы по постановке и снятию автономных буйковых станций должны проводиться в строгом соответствии с правилами техники безопасности.

Рекомендации по обеспечению сохранности автономных буйковых станций в арктических морях.

Применяемые в арктических морях автономные станции с надводными знаками предназначаются для установки только на чистой воде.

При работе с ними в морях, частично покрытых дрейфующими льдами, расстояние от станции в момент ее постановки до кромки льдов должно быть не меньше:

а) 30 миль в начале навигационного периода, когда ледовитость морей уменьшается за счет смещения кромки в генеральном направлении на север, от берегов в море;

б) 50—60 миль в середине и в конце навигационного периода, когда ледовитость изменяется незначительно, но увеличивается вероятность смещения кромки в генеральном направлении к берегам.

В случае, если кромка льдов приблизится к станции на расстояние 15 миль или меньше, автономная станция подлежит снятию при первой возможности.

Исключения из вышеуказанных рекомендаций допускаются только при условии, что экспедиционное судно находится в непосредственной близости от автономной станции и может снять ее при угрожаемой ледовой ситуации немедленно.

Вблизи станции, располагаемой в открытом море, следует установить две сигнальные вехи.

Проверка автономных станций производится не реже, чем через 20 суток. При устойчивых благоприятных ледовых и метеорологических условиях проверка может быть произведена через 30 суток.

В течение всего периода работы станции необходимо:

а) поддерживать непрерывную связь с научно-оперативными группами штабов морских операций, сообщать им координаты мест установки станций и запрашивать информацию о возможности смещения льдов в район установки станций;

б) следить за перемещением кромки льдов по данным метеорологических и ледовых прогнозов, передаваемых на экспедиционное судно.

В случае возникновения сложной ледовой обстановки, угрожающей безопасности буйковой станции, принять эффективные меры для ее снятия.

Успех поисков автономных станций в ледовых условиях в большей мере зависит от сохранности надводных знаков, обеспечивающих возможность визуального и радиолокационного обнаружения станции.

17.8 Техника безопасности при постановке и снятии автономных буйковых станций

Все работы по постановке и снятию автономных буйковых станций должны проводиться в строгом соответствии с правилами техники безопасности и хорошей морской практикой.

Здесь приводятся некоторые основные правила, которыми следует руководствоваться при постановке и снятии автономных буйковых станций.

1. Запрещается работать со стальными тросами без рукавиц.
2. Запрещается лицам, работающим с ходовым концом троса, находиться и держать руки ближе одного метра от барабана лебедки, кнехта и т. д. Запрещается находиться на линии натяжения, а также вблизи сильно натянутых тросов.
3. Работы на грузовых стрелках должны проводиться членами экипажа судна под руководством штурмана.
4. Запрещается стоять или проходить под висящими грузами.
5. Все тросы, цепи, гаки, скобы, вертлюги, блоки и т. п., поврежденные во время работы или хранения должны быть немедленно изъяты из употребления.
6. Применяемые тросы не должны иметь узлов и калышек.
7. Для сохранения эластичности и предупреждения коррозии стальные тросы следует периодически смазывать смазочными материалами, не содержащими кислот и щелочей.
8. Огоны для крепления гаков, рымов, вертлюгов, скоб и т. д. должны иметь соответствующие коуши.
9. При постановке и снятии автономных буйковых станций на палубе кроме лиц, производящих работы, не должно быть посторонних.
10. При авариях во время постановки или снятии автономной буйковой станции все нагруженные тросы должны закрепляться тросовыми зажимами и только после этого можно приступать к ликвидации неисправностей.

17.9 Использование заякоренных и дрейфующих буйковых измерительных комплексов для непрерывной регистрации параметров состояния морской среды в Арктике

17.9.1 Заякоренные буйковые измерительные комплексы

В последние годы все большее развитие в системе мониторинга текущих изменений состояния арктической климатической системы получают автономные заякоренные измерительные комплексы (или ПБС – притопленная буйковая станция), с помощью которых выполняется сбор информации в фиксированной точке в течение продолжительного (как правило, в течение одного года) периода времени. Автономные заякоренные буйковые станции, наряду с экспедиционными судовыми средствами получения информации, являются одним из мощнейших инструментов сбора данных о гидрофизическом состоянии водной толщи и протекающих в ней

процессов. При этом перечень параметров, которые возможно регистрировать при помощи заякоренных станций, является весьма широким и определяется исключительно списком уже существующих приборов, предназначенных для определения измерения характеристик состояния морской среды и способных работать в автономном режиме. Кроме этого, подобные системы являются единственной возможностью получить достоверную оценку параметров динамического состояния водной толщи: скоростей и направлений морских течений, их сезонной и межгодовой изменчивости, характеристик приливных течений и пр. Кроме того, в настоящее время наряду с приборами, устанавливаемыми в составе ПБС на фиксированных горизонтах, в практику океанографических наблюдений все чаще входят профилимеры, осуществляющие вертикальное перемещение вдоль несущего троса комплекса в пределах выбранного диапазона глубин и записывающие информацию о вертикальном распределении основных параметров состояния (температура, соленость, скорость течения).



а)



в)



б)



г)

Рис.17.9 Основные составляющие части автономного заякоренного буйкового измерительного комплекса (а – несущие буи, б – якорь/груз, в – акустический размыкатель в комплекте с бортовым устройством, г - трос).

Конструктивно, ПБС состоят из четырех основных элементов, к которым относятся: якорь, удерживающий измерительный комплекс в точке постановки (Рис.17.9б); несущий буй положительной плавучести для поддержания станции в вертикальном положении (Рис. 17.9а); акустический размыкатель, служащий для связи с комплексом и приема сигнала на всплытие от бортового устройства (Рис.17.9в), связующий синтетический трос (Рис.17.9г), на котором устанавливаются приборы и оборудование.

Основой успешного использования ПБС является учет нескольких основных моментов, часть из которых связана с чисто техническими проблемами (правильный расчет нагрузки ПБС, защита от коррозии), а часть - с правильной последовательностью действий по подъему станции. При этом, как показывает опыт, при правильно организованной постановке ПБС проблем удается избежать.

Расчет нагрузки, в которую входит определение достаточного веса якоря для удержания станции в точке постановки и размера элементов плавучести в верхней части ПБС, производится в зависимости от общего количества используемых в составе станции приборов, их веса и размеров, при учете динамических нагрузок (течения), характерных для исследуемого района. Очевидно, что увеличение количества приборов приводит к увеличению веса и необходимости увеличения размеров элементов плавучести. Аналогичное увеличение плавучести требуется также при увеличении парусности станции за счет включения в ее состав значительных по размерам приборов или в условиях активной динамики водных масс. Одновременно с этим увеличение плавучести вызывает необходимость увеличения веса якоря и использования более прочного троса.

Суть борьбы с коррозией на металлических элементах конструкции ПБС заключается в установке в районе предполагаемого коррозионного разрушения *протекторов* — металлических накладок из магниево-алюминиевого сплава или цинка, электрический потенциал которого ниже потенциала защищаемого металла. Этот способ основан на разнице электрических потенциалов металла (катода), подвергающегося коррозии, и протектора (анода). Цинк в том случае оказывается эффективен только при высокой его чистоте (более 99,9 %) или в сплаве с 1–3 % магния. В противном случае протектор быстро покрывается окислами, изолирующими его поверхность от воды.

Установка и демонтаж заякоренных буйковых комплексов осуществляется в основном во время проведения комплексных морских научно-исследовательских экспедиций. В последние годы большая часть таких комплексов на акватории СЛО была установлена в рамках международных проектов, таких как NABOS (Nansen And Amundsen Observational System – Система наблюдений в бассейнах Нансена и Амундсена), SEARCH (Study of Environmental Arctic Changes – Программа исследований изменений в природной среде Арктики), CABOS (Canadian Basin Observational System - Система наблюдений в Канадском бассейне), DAMOCLES (Developing Arctic Modeling and Observing Capabilities for Long-term Environmental Studies – Программа усовершенствования модельных и мониторинговых исследования природной среды Арктики), Laptev Sea System (Система моря Лаптевых), CASES (Canadian Arctic Shelf Exchange Study – Программа исследования процессов шельфового обмена в Канадской Арктике), SBI (Arctic Shelf-Basin Interaction – Проект изучения взаимодействия между шельфовой и глубоководной частью СЛО), RUSALCA (Russian-American Long-term Census of the Arctic – Российско-американская долговременная программа арктических исследований) и др. В ряде случаев задачи по постановке и снятию станций решались с привлечением средств авиации, например, в рамках программы наблюдательной системы в районе Северного Полюса (North Polar Environment Observatory), осуществляемой в Центре Полярных исследований университета Вашингтон (Рис.14.10).

Российский вклад в развитие системы мониторинга при помощи заякоренных буйковых комплексов, в основном, представлен в виде совместных инициатив с зарубежными научно-исследовательскими институтами. Российские ученые и специалисты, при этом, принимали непосредственное участие в разработке и развитии целого ряда из представленных выше программ

мониторинга, к которым можно отнести такие международные проекты как RUSALCA, NABOS и Laptev Sea System. При этом экспедиционные исследования, выполняемые в рамках этих проектов в окраинных морях российской Арктики, организовывались и проводились при непосредственным участии или под руководством ААНИИ.

Основным препятствием для повсеместного внедрения практики использования автономных заякоренных комплексов в Арктике является практически круглогодичное присутствие ледяного покрова. В этих условиях экспедиции, в рамках которых осуществляется подъем и постановка комплексов, как правило, проводятся на судах, обладающих различными ледовыми классами. В настоящее время к научно-исследовательским судам ледокольного типа можно отнести: *Академик Федоров* (Россия), *Louis St.Laurent, Amundsen* (Канада); *Polarstern* (Германия); *Oden* (Швеция); *Healy* (США); *Xuelong* (Китай). Причем в подавляющем большинстве случаев, использование этих судов возможно только в течение относительно короткого промежутка времени, ограниченного несколькими летними месяцами, когда наблюдается максимальное сокращение площади и толщины ледяного покрова в Арктическом бассейне. Кроме судов ледокольного типа в СЛО в летнее время экспедиционные исследования проводятся также с судов, обладающих более легким ледовым классом или даже отсутствием последнего, но район действия этих судов ограничен относительно небольшими пространствами чистой води или разреженного льда в прикромочной зоне. Однако практика последних лет показывает, что в условиях значительного сокращения протяженности ледяного покрова в летний период в последние годы, с помощью таких судов удается получать все большее пространственное покрытие натурными гидрофизическими данными о состоянии вод СЛО.

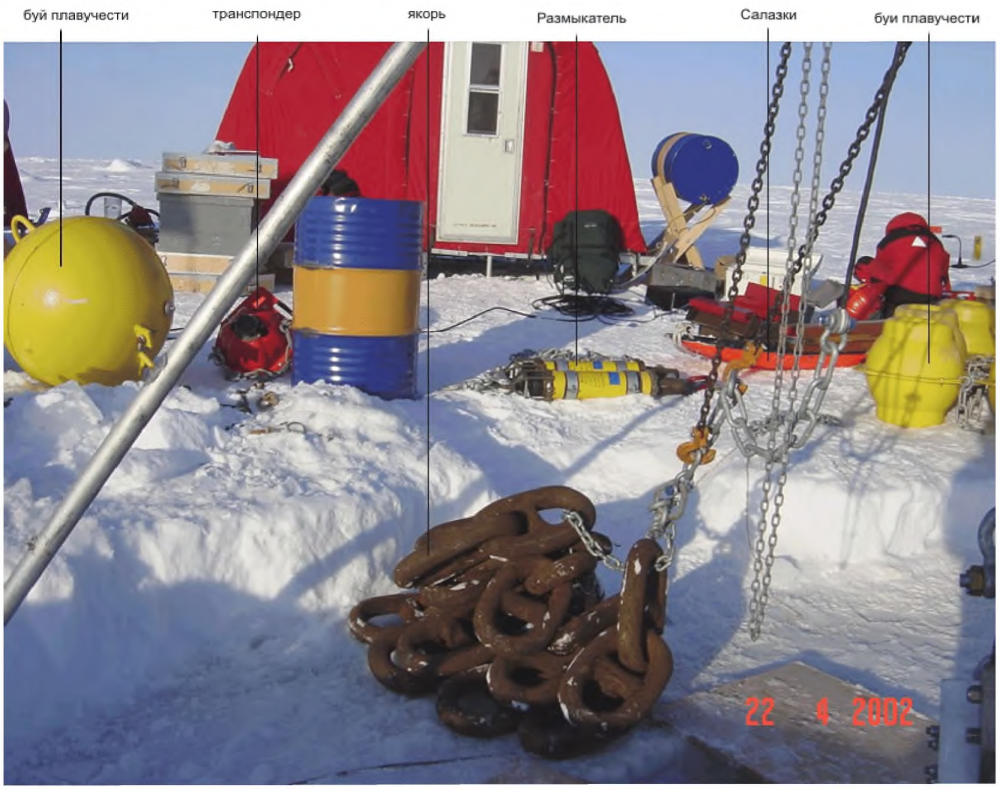


Рис. 17.10 Постановка ПБС с дрейфующего льда в рамках научно-исследовательской программы NPEO

Отдельной и самой сложной задачей является подъем ПБС в условиях присутствия ледяного покрова. Особенно подъем затрудняется в случае средней сплоченности дрейфующего льда, когда сделать майну при помощи судна не представляется возможным и становиться высокой вероятность всплытия поверхностных буев под отдельно плавающие льдины. В случае высокой сплоченности льда подъем также представляет собой известные трудности, которые связаны с

целым набором последовательно выполняемых действий. Первым является триангуляция и расчет точного положения либо придонных акустических размыкателей, либо специального позиционирующего акустического устройства (транспондера), устанавливаемого в верхней части станций. В условиях глубокого океана и присутствия течений горизонтальная разница положения этих двух элементов может составлять несколько десятков метров, а иногда и более сотни. После этого осуществляется расчет скорости и направления дрейфа льда, времени, необходимого на подготовку майны необходимого размера, и начинаются работы по ее формированию. При условии правильной оценки дрейфа, в момент прохождения майны над позицией ПБС с бортового акустического устройства передается сигнал размыкателю на всплытие (Рис. 17.11).



Рис. 17.11 Подъем притопленной буйковой станции в условиях высокой сплоченности льда в районе постановки ПБС.

Наиболее интересные результаты могут быть получены при использовании профилимеров, перемещающихся вдоль несущего троса ПБС. Пример записи временной эволюции вертикального профиля температуры в северной части моря Лаптевых показан на Рис.17.12. В частности, благодаря использованию технологии профилирования удалось установить ряд интересных особенностей динамики и термохалинной изменчивости глубинной атлантической водной массы в этом районе и зафиксировать существенный рост температур в ядре Атлантических вод в 2003-2004 гг.

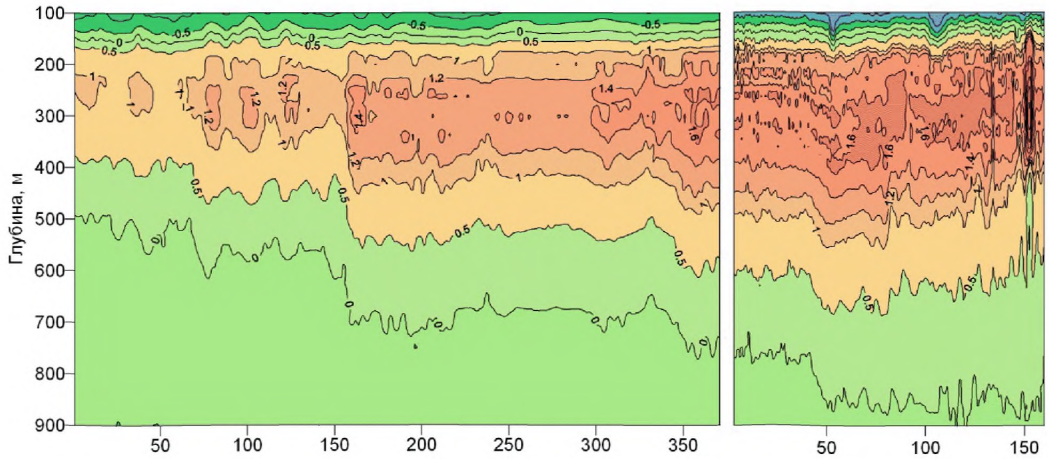


Рис. 17.12 Пример записи временной эволюции вертикального профиля температуры в северной части моря Лаптевых по данным притопленной буйковой станции в период с 9 сентября 2003 г. по 6 февраля 2005 г.

17.9.2 Дрейфующие буйковые измерительные комплексы

Одним из перспективных направлений развития наблюдательной сети в СЛО является создание и поддержка системы автономных дрейфующих измерительных комплексов, выполненных на базе современных технических средств, позволяющих получать высокодискретные вертикальные профили гидрофизических характеристик в толще воды, осуществлять глобальное позиционирование, выполнять операции обмена данными с использованием спутниковых каналов связи. Впервые подобный подход был опробован в рамках совместного американо-канадско-японского проекта Beaufort Gyre Exploration Project (проект исследований в круговороте Бофорта). Специально для задач проекта был разработан научно-технический комплекс, получивший наименование ITP (Ice-Tethered Profiler). В период 2004 – 2005 гг. на дрейфующем льду моря Бофорта были установлены три прототипа ITP. Опыт эксплуатации прототипов (два из трёх сохраняли работоспособность в течение десяти месяцев с момента установки, передав на сервер разработчиков результаты профилирования температуры и солёности более чем в тысяче пунктов каждый, а также большой объём диагностической информации) позволил обосновать целесообразность дальнейшего развития проекта.

Комплекс ITP состоит из трёх основных компонентов: находящегося на поверхности льда буя, подвеса с концевым грузом и профилографа, перемещающегося в вертикальном направлении по подвесу (Рис.17.13). Буй представляет собой выполненный из пенопласта высокой плотности цилиндр, внутри которого размещён водонепроницаемый алюминиевый бокс с электронной аппаратурой. Набор аппаратуры включает в себя контроллер, индукционный модем, GPS-приёмник, оборудование спутниковой связи системы Iridium. Антенны GPS-приёмника и спутникового телефона размещены в верхней, выступающей за пределы пенопластового кожуха, части бокса и защищены прочным радиопрозрачным колпаком. Также в корпусе буя размещаются аккумуляторные батареи. Поздние модификации комплекса стали оснащаться пенопластовым конусом, призванным обеспечить бую дополнительную плавучесть и позволяет производить установку на открытой воде. Конус устанавливается на лёд вершиной вниз, а на его основание монтируется блок с аппаратурой. Ко дну буя металлическим фланцем крепится кабель-трос подвеса. Кабель-трос совмещает функции направляющей движения профилографа и сигнальной линии. Для того чтобы подвес принимал вертикальное положение при значительных скоростях дрейфа, к его нижнему концу подвешивается груз весом около 100 килограмм. Верхние 5 метров кабель-троса защищены от механических воздействий льда уретановым рукавом. Кроме того, на нижнем конце рукава закреплена бронзовая контактная пластина, обеспечивающая коммуникационной схеме комплекса электрическую «землю». Перемещающийся по подвесу профилограф представляет собой пластиковый бокс цилиндрической формы, внутри которого размещены: измерительное оборудование Sea-Bird 41CP CTD, индукционный модем, электродвигатель, аккумуляторные батареи. Состав измерительного оборудования может быть расширен за счёт оснащения профилографа дополнительными датчиками. Профилограф монтируется на кабель-тросе через верхний и нижний направляющие ролики, а также ролик электродвигателя. Вращение плотно прижатого к тросу ролика электродвигателя и обеспечивает вертикальные перемещения профилографа. Коммуникационный обмен с поверхностным блоком осуществляется посредством индукционных модемов. Модем профилографа наводит в проводнике кабель-троса полезный сигнал, считываемый модемом, размещённым в корпусе буя. Заряда аккумуляторных батарей комплекса хватает не менее чем на два года непрерывной работы. Разворачивается комплекс с использованием специального оборудования силами трёх человек в течение трёх-четырёх часов. Толщина льда в пункте постановки должна быть не менее двух метров.

Начиная с 2006 года и по настоящее время, на дрейфующих льдах Арктического бассейна ежегодно выставляется от трёх до двенадцати буёв ITP, всего за рассматриваемый период в Арктике было задействовано тридцать восемь комплексов. Общее количество полученных профилей оценивается в тридцать тысяч.

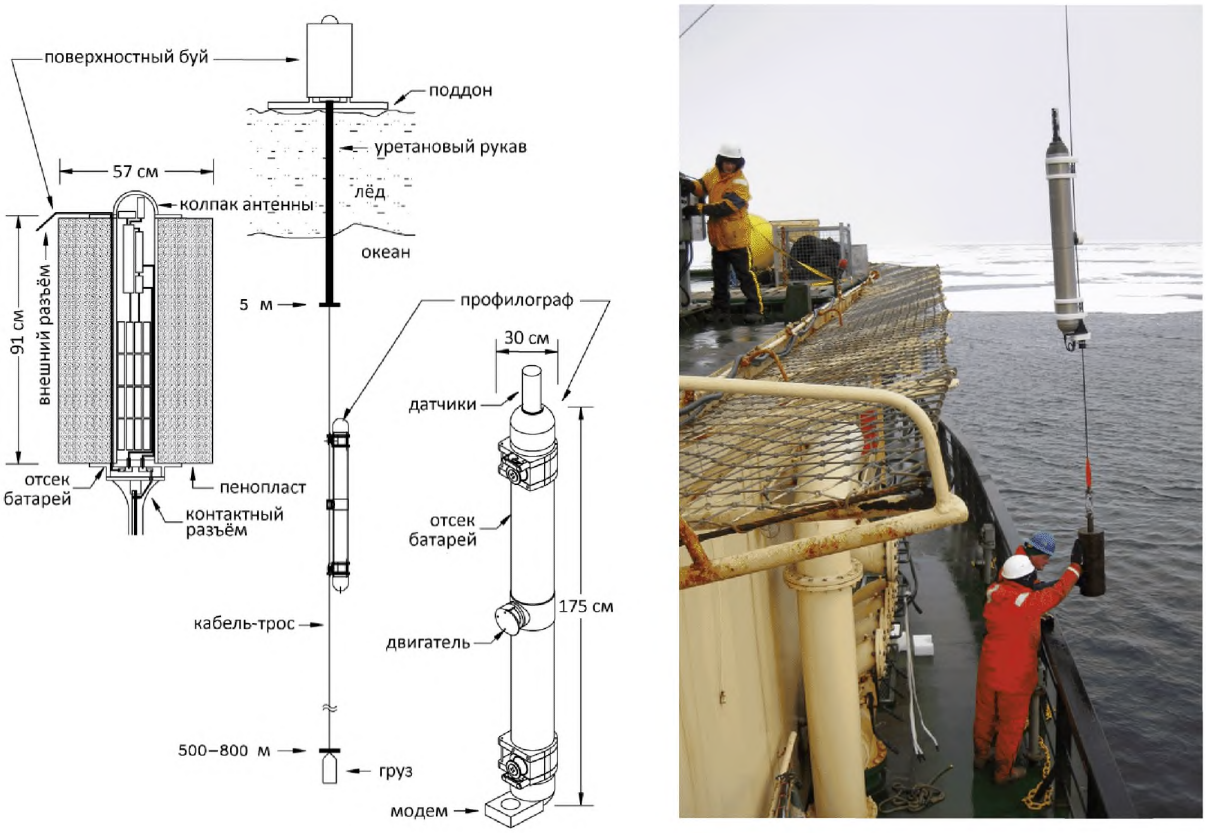


Рис. 17.13 Схема установки элементов комплекса ITP

На Рис.17.14 с цветовой дифференциацией по годам представлены пункты акватории Арктического бассейна, в которых было выполнено профилирование комплексами ITP. Как видно, наибольшая концентрация точек профилирования достигнута в акватории моря Бофорта, в соответствии с первоначальными целями проекта. Однако и в центральной части Арктического бассейна были задействованы двенадцать буёв ITP, в том числе в период МПГ в рамках российских арктических экспедиций на НЭС «Академик Федоров» были установлены в 2007 году пять комплексов, в 2008 году – 4 комплекса ITP.

Дрейфующие комплексы ITP являются автономными платформами, обеспечивающими регулярное поступление оперативной океанографической информации в течение всего года. Поздние модификации буёв выполняют термохалинное профилирование до шести раз в сутки. Наличие приёмника GPS позволяет рассматривать комплекс как источник информации высокого временного разрешения о характере дрейфа морского льда в месте нахождения буя. В случаях удачного выбора района постановки, когда льдина-носитель оказывается вовлечённой в продолжительный дрейф и в течение долгого времени не разрушается и не выносится из Арктического бассейна, комплекс ITP несколько лет может служить поставщиком океанографических данных (Рис.17.15).

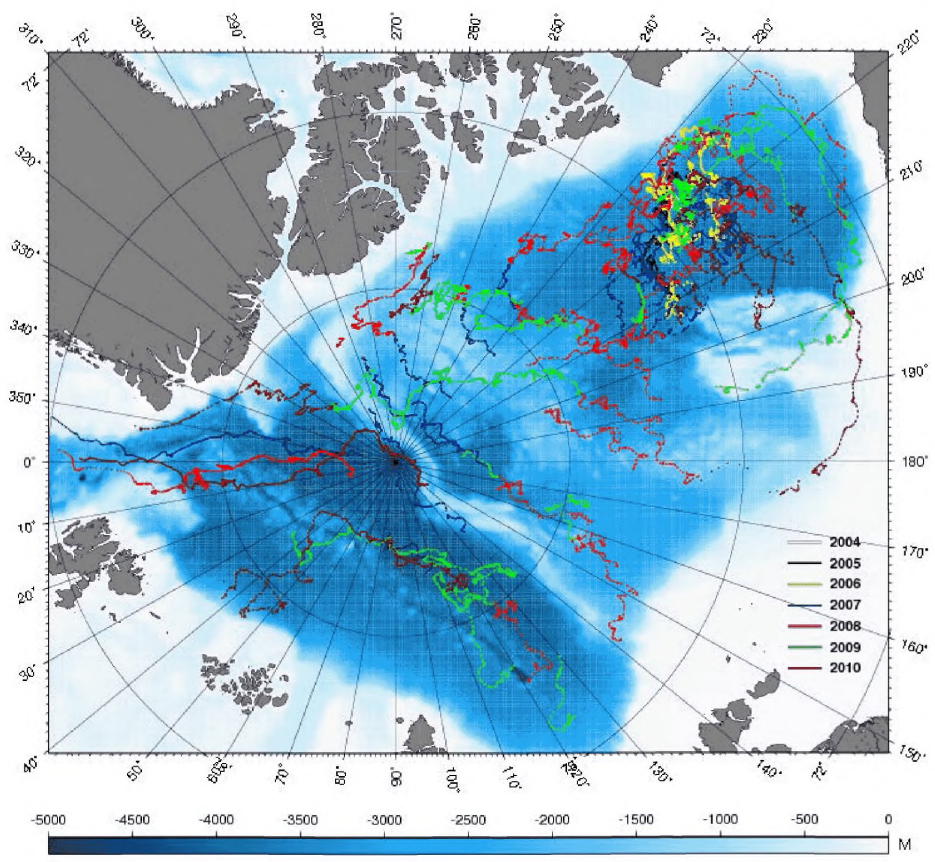


Рис. 17.14 Положение пунктов в Арктическом бассейне СЛО,
в которых с буёв ITP выполнялось профилирование в период 2004 – 2010 гг.

Накопленный опыт использования ITP позволил выявить и устранить ряд технологических недостатков, оптимальным образом реализовать заложенные на этапе проектирования комплекса идеи. Таким образом, можно считать, что наиболее затратный в экономическом отношении период опытной эксплуатации преодолён. Стоимость производства и развёртывания комплекса невелика в сравнении с затратами на организацию океанографических наблюдений с других платформ, таких как научно-исследовательские суда и дрейфующие станции. Конечно, ITP не обеспечивает комплексную регистрацию дополнительных параметров, характеризующих состояние снежно-ледяного покрова и атмосферы. Этот недостаток может быть устранён путём использования ITP в составе автономных дрейфующих обсерваторий, включающих также автоматические метеостанции, балансомерные ледовые буи и другое измерительное оборудование. Ввиду особенностей конструкции, обусловленных необходимостью адаптации комплекса к усреднённым характеристикам ледяного покрова и батиметрическим условиям на целевой акватории, ITP не может получать информацию о поверхностном слое воды до глубины 5-7 метров и выходить на мелководные участки Арктического бассейна. Тем не менее, с помощью ITP-комплексов может осуществляться мониторинг пространственного расположения стрежня Атлантических вод и термохалинных характеристик в стрежне. Поскольку совокупность перечисленных параметров определяет один из основных климатообразующих факторов арктического региона, дальнейшее развитие программы ITP на всей глубоководной части акватории СЛО представляется перспективным направлением научных исследований в Арктике.

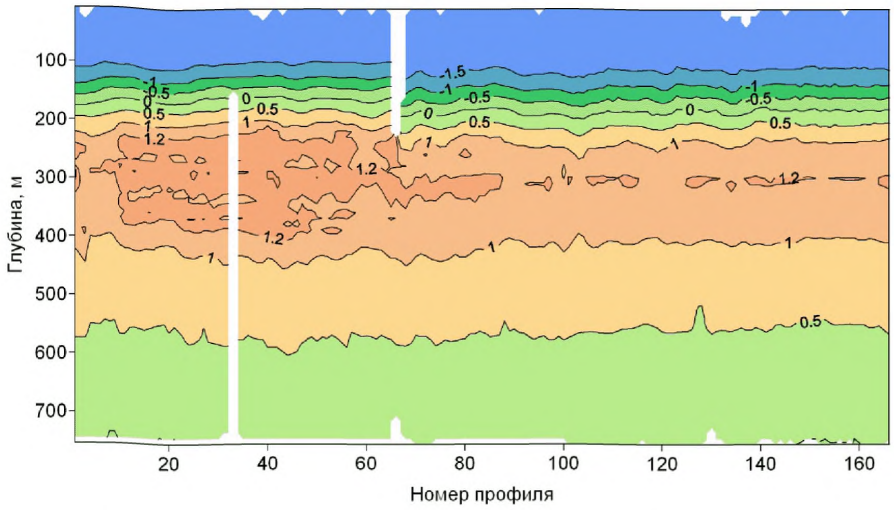


Рис. 17.15 Пример записи временной эволюции вертикального профиля температуры в приполюсном районе по данным ITP-буя №14 в период с 13 сентября по 5 ноября 2007 г.

В заключение можно отметить, что если заякоренные комплексы нацелены в основном на изучение гидрологических процессов, то задачам мониторинга гидрофизического состояния СЛО в большей степени отвечают дрейфующие буйковые станции. Современные модификации дрейфующих комплексов позволяют осуществлять их постановку, как на открытую воду, так и на дрейфующий лед. Наряду с этим надежность разработанных и уже используемых комплексов доказывает высокую экономическую эффективность их дальнейшего использования в Арктике вне зависимости от направленности климатических изменений и состояния ледяного покрова. Кроме этого дрейфующие буйковые станции являются единственными автономными платформами, обеспечивающими оперативное поступление океанографической информации в течение круглого года. В экономическом отношении они значительно выигрывают у дрейфующих ледовых станций, организация, обеспечение и эвакуация которых приводит к высоким финансовым затратам.

17.10 Об опыте работы ААНИИ по установке притопленных буйковых станций

Комплексные притопленные буйковые станции (ПБС) представляют собой необходимый инструмент исследования протекающих в толще вод процессов, позволяя оценивать не только временную изменчивость отдельных параметров состояния морской среды, но и определять взаимосвязь этих изменений с крупномасштабной изменчивостью прочих элементов климатической системы и выявлять физические механизмы данных связей.

Общая схема всех установленных ПБС идентична: на глубине 40–60 м располагается основной несущий буй, который удерживает на плаву всю измерительную систему. Несколько ниже буя закрепляется акустический транспондер, основная задача которого – определение точной позиции верхушки ПБС в момент снятия последней. Это особо необходимо в случае подъема станции в условиях присутствия ледяного покрова. Радиус действия акустического транспондера составляет до 5 морских миль. В большинстве случаев в непосредственной близости от буя располагается акустический измеритель скоростей течений Workhorse Sentiel 300 кГц или 75 кГц для регистрации сдвига скорости течений в поверхностном 25-метровом слое. На тросе, расположенном ниже, закрепляются различные приборы в число которых на различных станциях входят: гидрологические зонды MicroCAT SBE37 CTD производства Seabird (США) для регистрации температуры, электропроводности и давления; измеритель содержания нитратов в морской воде – ISUS; профилограф ММР “McLane Moored Profiler” для регистрации температуры,

солености и сдвига скорости течений при движении профилографа вдоль троса в слое от 60-70 до 800 метров;

Кроме этого, в верхнем слое были размещены датчики температуры (SBE 56) и температуры/солености (MicroCAT SBE 37-SM) в виде косы с вспомогательным несущим буем для регистрации процессов трансформации термохалинной структуры в поверхностных слоях водной толщи. Также на двух станциях в верхней части комплекса были установлены вверхсмотрящие измерители скорости и направления дрейфа льда и определения его осадки.

В нижней части конструкции станции располагается якорь, массой около 700-800 кг, выше которого устанавливались два акустических размыкателя "Edge Tech" для отдачи якоря при подъеме ПБС.

Технические характеристики оборудования, входящего в состав установленных ПБС следующий:

1) Комплект акустического размыкателя "Edge Tech" (США), серия 8000, включающий:

- акустическое размыкающее устройство модель 8242XS;
- бортовое командное устройство для подачи акустического сигнала модель 8011A (2 шт.).

Акустический размыкатель по сигналу, полученному с поверхности, освобождает притопленную буйковую станцию (ПБС) от якоря для всплытия.

Основные характеристики:

-диапазон глубин	0-8000 м

2) Транспондер XT-6000 “Bentos” (США).

Акустический маяк предназначен для определения положения ПБС при подъеме станции.

Основные характеристики:

-диапазон глубин	0-6700 м
-диапазон работы	10 км

3) Гидрологический зонд MicroCAT SBE 37 Recorder производства Seabird (США):

предназначен для длительного использования на ПБС. Оснащен батареями, имеет твердотельную память, позволяет производить и запоминать до 400000 измерений. Прибор может быть доукомплектован измерителем давления для получения информации о колебаниях уровня моря.

Основные характеристики:

-рабочая глубина	7000 м
-диапазон измеряемых температур	-5 – +35 °C
-точность измеренных температур	0.002 °C
-диапазон измеряемой электрической проводимости	0.0 – 7.0 См/м
-точность измеряемой электрической проводимости	0.0003 См/м

4) Профилометр МРР “McLane Moored Profiler”, (США):

предназначен для профильных измерений температуры и солености при движении прибора вдоль кабеля вверх и вниз. Движение и частота измерений программируются заранее, что делает возможным выделение определенных диапазонов глубины и временных интервалов для измерений.

Основные характеристики:

-диапазон измеряемых температур	-2 – +35 °C
-точность измеренных температур	0.005 °C
-диапазон измеряемой электрической проводимости	0.001 – 7.0 См/м
-точность измеряемой электрической проводимости	0.0005 См/м

5) Акустический доплеровский измеритель течений Work Horse Sentiel 300 kHz производства RD Instruments (США):

предназначен для профильных измерений трех компонент скоростей течений и интенсивности отраженного сигнала на ПБС. Имеет твердотельную память, частота записей в которую программируются заранее.

Основные характеристики:

-рабочая глубина	200 м
-диапазон измеряемых скоростей	-5 – +5 м/с
-точность измеренных скоростей	0.5% + 0.5 см/с
-точность измеряемого направления течений	± 2°

6) Датчик содержания нитратов в морской воде ISUS. Имеет твердотельную память, частота записей в которую программируются заранее.

Основные характеристики:

-диапазон измеряемых концентраций	0.007 – 28 мг/л
-точность измеренных концентраций	± 0.028 мг/л
-частота измерений	1 Гц
-максимальная рабочая глубина	200 м

7) Акустический доплеровский измеритель течений Longrange 75 kHz производства RD Instruments (США): предназначен для профильных измерений трех компонент скоростей течений и интенсивности отраженного сигнала на ПБС. Имеет твердотельную память, частота записей в которую программируются заранее.

Основные характеристики:

-рабочая глубина	700 м
-диапазон измеряемых скоростей	-5 – +5 м/с
-точность измеренных скоростей	0.5% + 0.5 см/с
-точность измеряемого направления течений	± 2°

8) Термический датчик SBE 56 производства Seabird (США): предназначен для длительного использования на ПБС в составе термокосы в поверхностном слое. Оснащен батареями, имеет твердотельную память, позволяет производить и запоминать до 400000 измерений.

Основные характеристики:

-рабочая глубина	до 1500 м
-диапазон измеряемых температур	-5 – +45 °С
-точность измеренных температур	0.002 °С

Методика установки и эксплуатации притопленных буйковых станций

Постановка всех ПБС проводилась с применением как штатного судового оборудования (краны, П-образная рама), так и с привлечением дополнительных технических средств в виде электрической лебедки и вертикального шпиля, установленных в кормовой части судна (Рис.17.16). ПБС устанавливались из положения судна в дрейфе или путем позиционирования судна в точке с помощью подрабатывающих устройств. Во всех случаях без исключения использовалась стандартная методика постановки, которая заключалась в последовательном выводе за борт судна якоря, размыкателей, троса и верхней части станций. Присоединение последовательно выводимых за борт участков станций осуществлялось путем принятия нагрузки на дополнительную стропу, закрепленную или на элементе конструкции палубы либо заведенную через блок-шкивы на лебедку или шпиль. В зависимости от типа ПБС во время стравливания троса производилось крепление на него или в разрыв различных инструментов. После выведения за борт полностью укомплектованной станции в отдельных случаях, когда глубина места не совпадала с глубиной расчетной постановки, производилось перемещение судна с малой скоростью (до 3 узлов) до требуемой изобаты, после чего происходило отцепление ПБС от судна. Во всех случаях после расцепления выполнялась акустическая триангуляция с целью точного оценивания

положения станции в пространстве. Триангуляция проводилась путем опроса расстояний до транспондера из различных точек пространства при помощи бортового акустического передатчика. Всего в рамках экспедиции были успешно установлены девять притопленных буйковых станций, пять из которых были установлены в пределах ИЭЗ РФ.





Рис. 17.16 Внешний вид шпиля, лебедки и П-образной рамы с закрепленными блок-шкивами, используемых для постановки притопленных буйковых станций

17.11 Работы по установке дрейфующих буев

Кроме стандартных CTD-измерений и постановки притопленных буйковых станций в рамках программы исследований был задействован ряд дополнительных комплексов и устройств, предназначенных для измерений вертикальной термохалинной структуры, метеорологических параметров, характеристик снежно-ледяного покрова. К ним относятся:

1) Автономный подводный глайдер для измерения профилей температуры, солености, содержания растворенного кислорода, оптических свойств воды и параметров термической микроструктуры (Рис.17.17). Используется для автономного измерения профилей указанных параметров вдоль запрограммированного маршрута следования. В составе прибора имеются датчики температуры, давления, электропроводности, растворенного кислорода фирмы SeaBird Electronics (США), а также датчики флюорисценции (хлорофилл) и интенсивности отраженного оптического сигнала фирмы WET Labs (США). Методика измерений заключается в движении глайдера в толще воды (на выбранном горизонте) по заранее запланированному маршруту и периодическом выполнении вертикального профиля от поверхности до глубины 1000 метров (или менее, если глубина места меньше). Коррекция маршрута следования и передача полученной информации производится по спутниковым каналам связи. Подробное описание прибора http://www.seaglider.washington.edu/

Основные характеристики глайдера:

рабочая глубина	до 1000 м
максимальная дальность пробега	4600 км
максимальное количество	

вертикальных профилей (до 1000 м)	650 штук
устройство связи	Иридиум (частота 1616 МГц)
точность измерения температуры	± 0,001 °С
точность измерения электропроводности	± 0,03 psu
точность измерения давления	± 1 дбар
точность измерения количества растворенного кислорода	± 3 μмоль/кг
точность измерения хлорофила	± 0,03 мг/л



Рис. 17.17 Внешний вид автономного глайдера, готового к запуску

2) Автоматические метеорологические буи (АМБ) производства компании Marlin-Yug Ltd. (г.Севастополь). Буи предназначены для регистрации метеорологических параметров в приводном слое атмосферы, а в случае модели, устанавливаемой на лед, - значений температуры воды на фиксированных горизонтах в верхнем слое океана. Буи оснащены средствами спутниковой связи (Иридиум) и средствами позиционирования (GPS) для оперативного обмена информацией с наземными центрами связи. Буи представляют собой свободно плавающую сферу 40-см диаметра изготовленную из фибростекла (Рис.17.18). Для модели, которая предназначена для постановки на открытую воду (SVP-B), ниже фибростеклянной сферы опционально может располагаться нейлоновый «парус» длиной порядка 5,5 метров и диаметром 92 см, из-за которого АМБ дрейфует по направлению поверхностного течения. В случае постановки на лед (модель SVP-BTC60; маркировка TempO-буи) указанный парус отсутствует. Непосредственно на поверхностном буе закреплены датчики температуры воздуха и атмосферного давления.

В модели SVP-BTC60 (Рис.17.18) на расстоянии нескольких десятков метров располагается 30-килограммовый груз для удержания АМБ в строго вертикальном положении, который прикреплен к поверхностному бую при помощи кабеля. Измерения температуры осуществляются на 16 уровнях: 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 25 и далее через 5 метров до глубины 60 метров. При этом на трех горизонтах (20, 40 и 60 метров) дополнительно устанавливаются датчики

давления для регистрации отклонения вертикального троса с концевым грузом от вертикали. Точности датчиков, входящих в состав буя следующие:

датчик атмосферного давления	±1 гПа.
датчик температуры воздуха	±0,1°C
датчики температуры воды	±0,1°C
датчик давления	±1 м

Информация, поступающая с интервалом 90 секунд, накапливается в памяти прибора и по возможности передается по каналам спутниковой связи Argos.

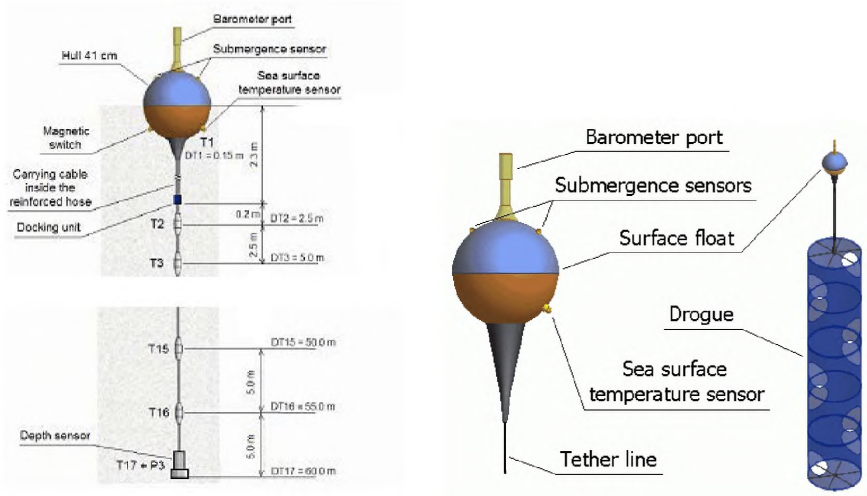


Рис.17.18 Автоматический метеорологический буй модели SVP-BTC60 (слева) и SVP-B с опциональным «парусом» (справа)

3) ITP-буи, предназначенные для автоматической регистрации и передачи через спутниковые каналы связи информации о термохалинном состоянии верхнего 750 метрового слоя океана. Комплекс ITP состоит из трёх основных компонентов: находящегося на поверхности льда (или воды) буя, подвеса с концевым грузом и профилографа, перемещающегося в вертикальном направлении по подвесу (Рис.17.19). Буй представляет собой выполненный из пенопласта высокой плотности цилиндр, внутри которого размещён водонепроницаемый алюминиевый бокс с электронной аппаратурой. Набор аппаратуры включает в себя контроллер, индукционный модем, GPS-приёмник, оборудование спутниковой связи системы Iridium. Антенны GPS-приёмника и спутникового телефона размещены в верхней, выступающей за пределы пенопластового кожуха, части бокса и защищены прочным радиопрозрачным колпаком. Также в корпусе буя размещаются аккумуляторные батареи. Ко дну буя металлическим фланцем крепится кабель-трос подвеса. Кабель-трос совмещает функции направляющей движения профилографа и сигнальной линии. Для того чтобы подвес принимал вертикальное положение при значительных скоростях дрейфа, к его нижнему концу подвешивается груз весом около 100 килограмм. Верхние 5 метров кабель-троса защищены от механических воздействий льда уретановым рукавом. Перемещающийся по подвесу профилограф представляет собой пластиковый бокс цилиндрической формы, внутри которого размещены: измерительное оборудование Sea-Bird 41CP CTD, индукционный модем, электродвигатель, аккумуляторные батареи. Состав измерительного оборудования может быть расширен за счёт оснащения профилографа дополнительными датчиками. Профилограф монтируется на кабель-тросе через верхний и нижний направляющие ролики, а также ролик электродвигателя. Заряда аккумуляторных батарей комплекса хватает не менее чем на два года непрерывной работы.

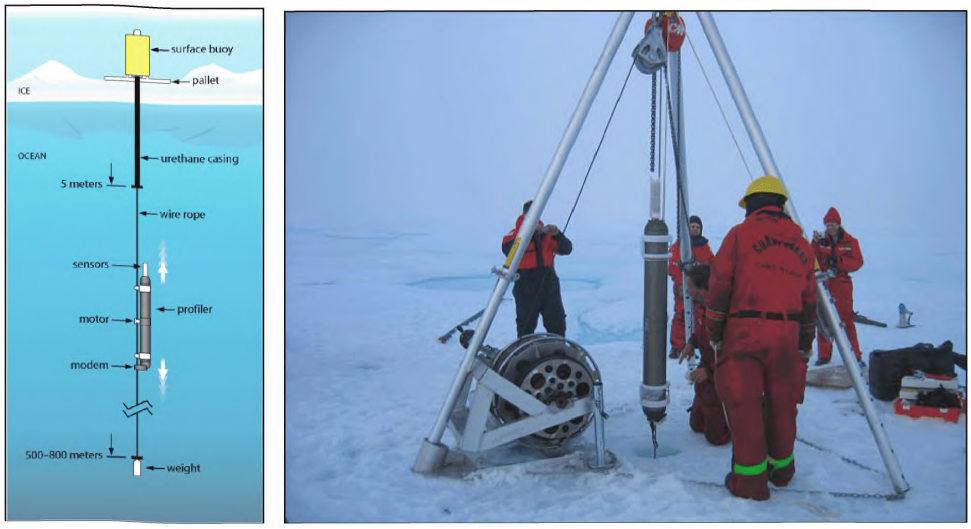


Рис.17.19 Схема ITP комплекса и фотография процесса его постановки с дрейфующего льда

4) Автономный метеорологический О-буй (Рис.17.20). Основной задачей буя этого типа является измерение и передача через спутниковые каналы связи информации о содержании углекислого газа и озона в приземном слое атмосферы. Параллельно осуществляется сбор стандартной метеорологической информации по температуре воздуха, давлению, скорости и направлению ветра, влажности воздуха.



Рис.17.20 О-буй в собранном виде, установленный на лед
в рамках выполнения программы экспедиции NABOS-2013

5) Сезонный массо-балансовый ледовый буй (Рис.17.21). Основной задачей этого комплекса является мониторинг изменений термодинамических характеристик ледяного покрова в точке постановки. Комплекс представляет собой вмонтированный в лед цилиндр, в верхней (надледной) части которого расположены метеорологические датчики и датчик высоты снежного покрова. В

нижней подводной части комплекса установлен измеритель расстояния до нижней границы льда. Кроме этого вдоль всей длины комплекса располагаются датчики температуры для измерения термического состояния воды, льда и воздуха. Таким образом, в состав измерительного комплекса входят: датчики температуры воздуха и атмосферного давления, измеритель высоты снежного покрова, термокоса с датчиками температуры воды, льда и воздуха, расположенные через каждые 10 см, акустический измеритель положения нижней границы ледяного покрова.

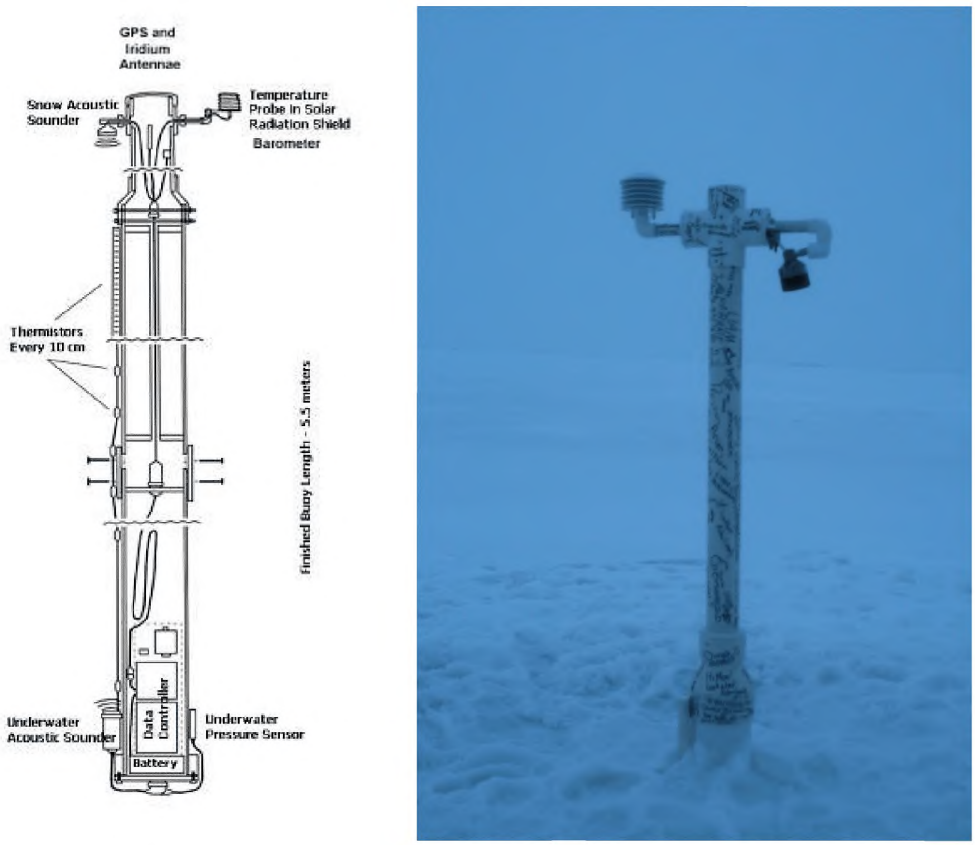


Рис.17.21 Схематическое изображение измерительного комплекса SIMB и его внешний вид по завершению монтажа

Установка всех перечисленных в предыдущем разделе автоматических измерительных комплексов, за исключением АМБ буев модели SVP-BTC60 и глайдера, проводилась с дрейфующего льда. Для этого выбиралось ледовое поле требуемой толщины (от 80 до 120 см), в котором судно могло быть устойчиво зафиксировано без необходимости подработки двигателем. Далее при помощи судового крана на лед выгружалось оборудование и специалисты, силами которых производилась дальнейшая постановка измерительных комплексов. АМБ буев модели SVP-BTC60 выбрасывались на открытую воду с движущегося судна, как правило, после окончания выполнения океанографической станции или постановки ПБС. Автоматические метеорологические буи модели SVP-BTC60 устанавливались на льду в точках постановки первых трех ITP буев.

Запуск автономного глайдера происходил во время выполнения первой океанографической станции (AF13-001) с борта дрейфующего судна при помощи кормового крана. В течение двух часов глайдер выполнял пробное погружение, после чего получил команду начать выполнение первого профиля. В общей сложности глайдер отработал около 10 дней, в течение которых он передавал свои координаты в моменты всплытия и получал команды на выполнение следующего погружения, включающие магнитное направление движения.

17.12 Работы ААНИИ по установке дрейфующих профилографов

Назначение и технические характеристики дрейфующих профилографов

Назначение:

Дрейфующий профилограф (Ice-Tethered Profilers), далее профилограф, разработки и поставки WHOI (США) предназначен для автоматического измерения температуры, электропроводности и давления на глубинах от 10 до 800м. Комплекс аппаратуры дрейфующего профилографа устанавливается на лед, дрейфует вместе с ним, а гидрозонд периодически (в нашем случае запрограммирован на два раза в сутки) перемещается по всей длине троса со скоростью 1 м/с. Частота опроса датчиков равна 4 Гц, в результате разрешение по вертикали составляет 0,25 м. Результаты CTD измерений дополняются координатами, полученными от системы GPS и в реальном времени передаются по спутниковому каналу связи "Иридиум".

Технические характеристики датчиков гидрозонда профилографа соответсвуют модели Sea-Bird 41 CP CTD.

Комплекс работоспособен до температуры воздуха -35^{0}C, правда при низких температурах канал связи не работает, в это время данные накапливаются внутри комплекса профилографа. При повышении температуры до -20^{0}C накопленные данные также передаются.

Длительность непрерывной работы всего комплекса составляет не менее двух лет. По окончанию этого срока связь с профилографом утрачивается, после чего найти его и поднять практически невозможно и экономически скорей всего нецелесообразно.

Методика установки и эксплуатации дрейфующих профилографов

Комплекс приборов и оборудования дрейфующего профилографа доставлялся на лед непосредственно с судна.



Рис.17.22 Доставка на лед оборудования профилографа и специалистов с помощью судового крана.



Рис.17.23 Груз профилографа внутри вертолета

Профилограф устанавливается на лед за 4-5 часов силами трех-четырех человек с применением комплекта вспомогательного оборудования. Комплект состоит из катушек с тросом в полиэтиленовой изоляции, специальной лебедки под эту катушку, телескопической треноги на 5 тонн, инструмента для сверления льда и так далее.

Все оборудование поступило на судно в транспортных ящиках, электронная аппаратура – в обесточенном состоянии. Весогабаритные данные груза даны в Таблице А.1 Приложения А.

Перед использованием ящики распаковывались, аппаратура заносилась в лабораторию, затем открывалась для подключения разъемов питания и визуального осмотра, далее выполнялся контроль функционирования.

Для проверки работы спутникового канала связи все пять буев предварительно были выставлены на открытое место по правому борту в районе гидрологической лаборатории на первой палубе надстройки (Рис. 17.24).



Рис.17.24

Определение места установки комплексов на льду по заданию руководства экспедиции выполнялось ледовыми разведчиками.

Все установки профилографа были выполнены в одинаковой последовательности.

На выбранном для постановки месте расчищается от снега ровная площадка размерами 3х3 м. Напротив центра устанавливается лебедка, на нее закатывается катушка с кабелем так, чтобы тормозной диск находился между колодками. Трубчатая ось вставляется в катушку. С обеих сторон на ось попарно надеваются четыре муфты, крайние фиксируются накладками и пальцами. Двумя домкратами катушка вывешивается в рабочее положение.

В треноге отжимаются подпружиненные стопора и ноги выдвигаются на максимальную длину, после чего стопора устанавливаются на последние отверстия. Треногу устанавливают так, чтобы нога №1 находилась в гнезде лебедки. Рымы внизу ног связываются цепями со скобами между собой и лебедкой, затем ноги разводятся на максимальное расстояние симметрично относительно лебедки (Рис.17.25).

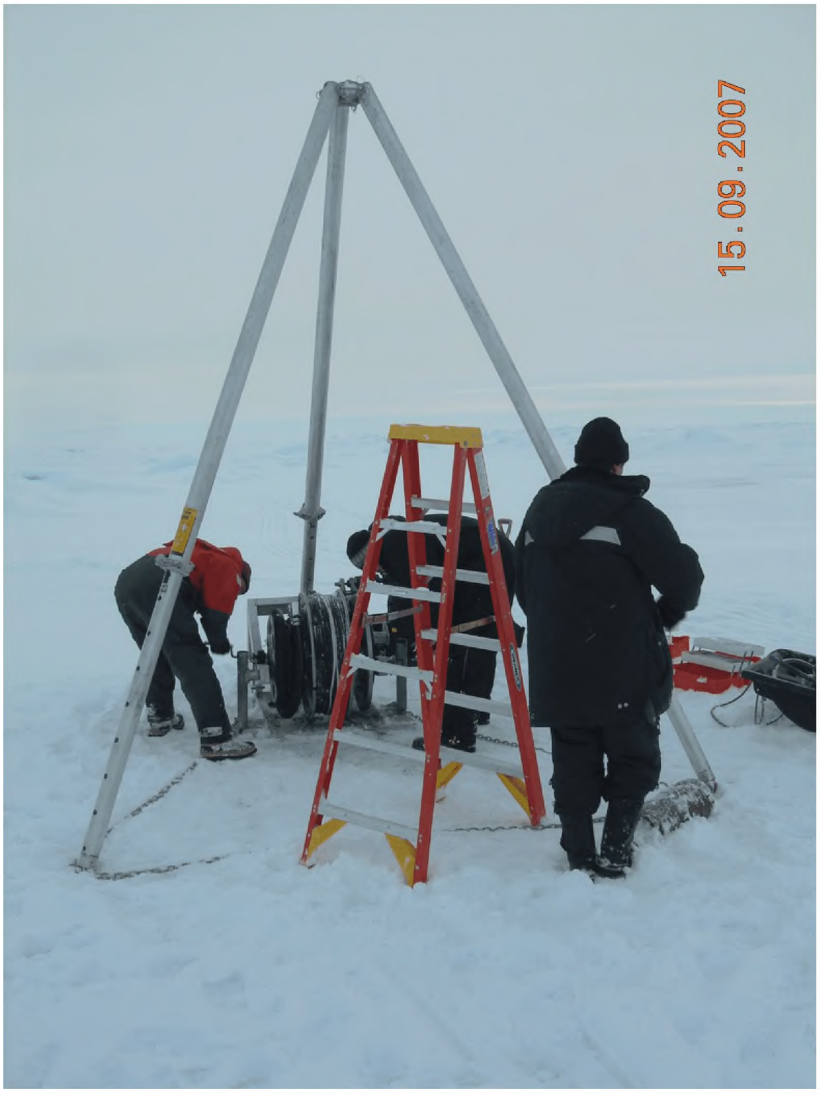


Рис.17.25

Наверху треноги со стремянки закрепляется перекладина с кольцами.

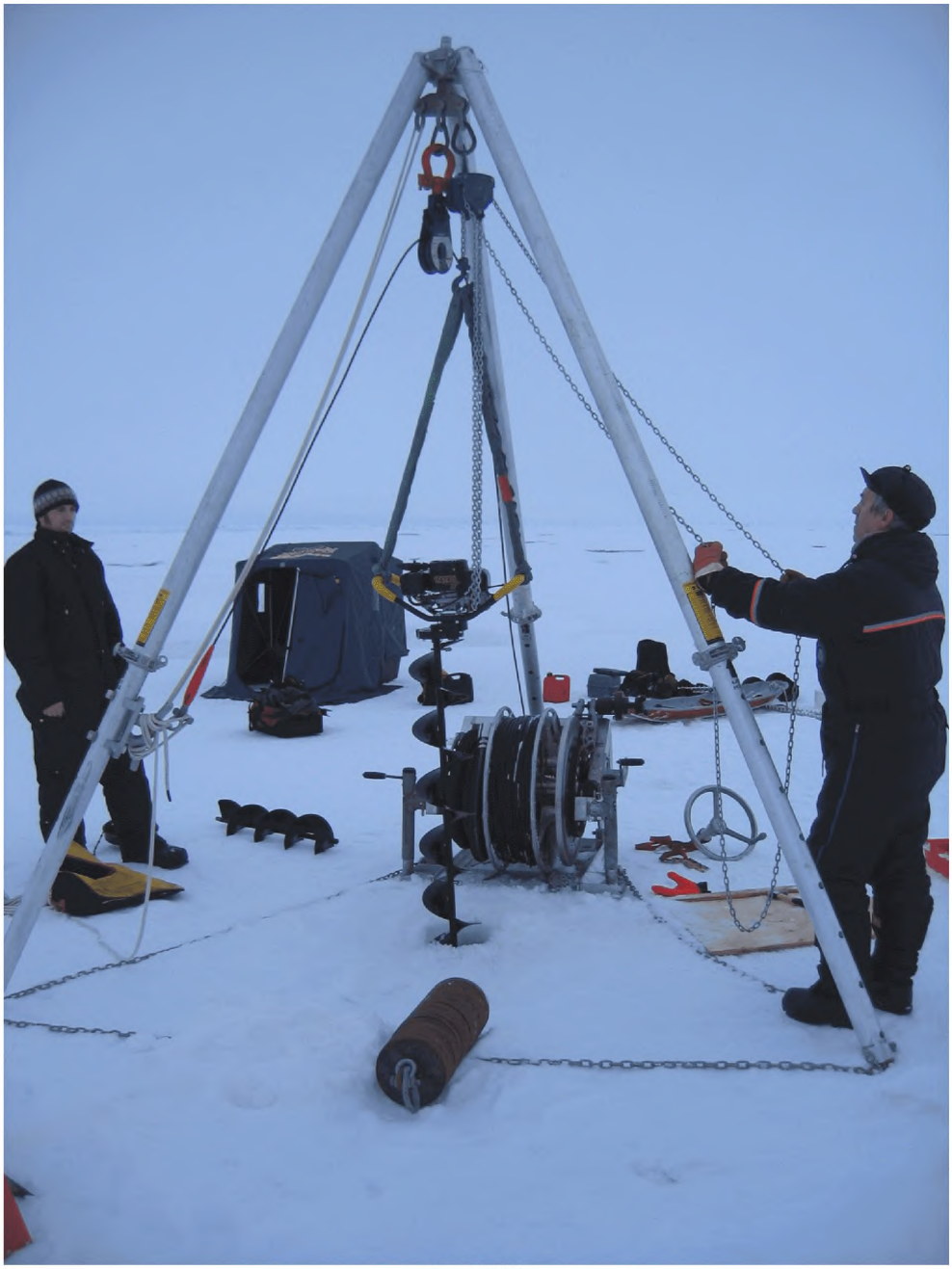


Рис. 17.26

В верхних отверстиях на левой ноге ставится утка рогами внутрь (Рис.17.27).



Рис.17.27

Трос сматывается с барабана и заводится в блок, к концу троса скобой крепится груз. Скоба и груз шплинтуются. Талью груз приподнимают, затем на тросе опускают до льда. Вокруг груза лопатой делаются отметки будущего расположения лунки, после чего груз отводят в сторону за пределы рабочей зоны.

По меткам сверлится сквозная лунка диаметром около 30 см (10 стандартный дюймовый шнек оснащен удлиненной режущей частью, выходящей за габариты диаметра шнека примерно на 2 см). При достижении больших нагрузок (после 2 м глубины) машинка для сверления подвешивается мягкими стропами к тали (Рис 17.28).

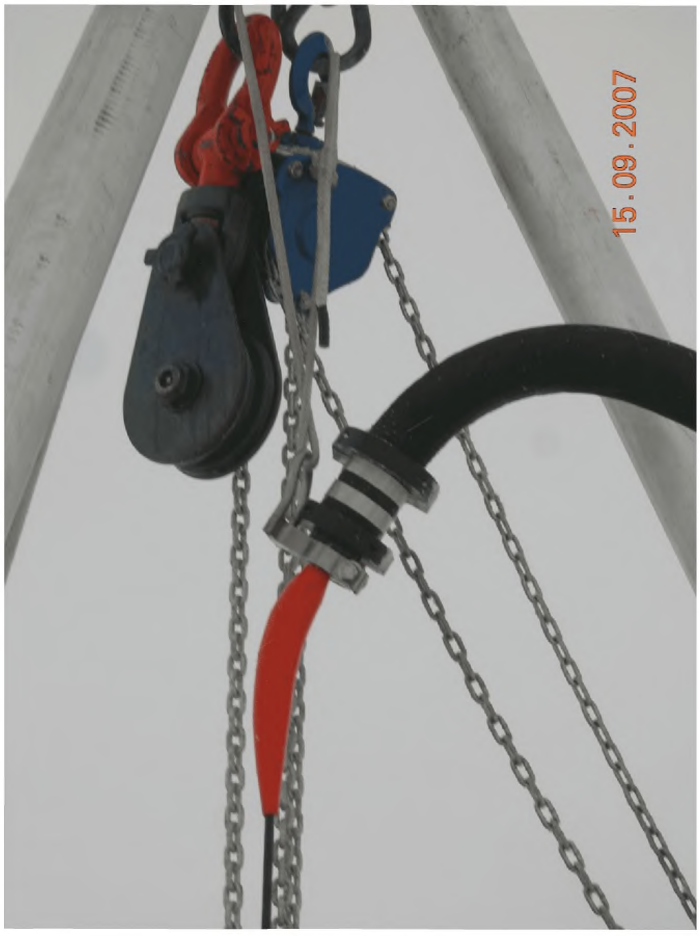


Рис.17.28

Готовая лунка очищается от шуги и проверяется на отсутствие подсовов до глубины 12 м.

Груз опускается в лунку до воды и на тросе на высоте 1м крепится первый (нижний) демпфер. Вытравливается примерно 10 м троса, лебедка стопорится, лунка закрывается щитом. На трос датчиками вверх вешается профилограф и страхуется веревкой через кольцо вверху треноги и утку. На профилографе монтируются ранее снятые две пластмассовые направляющие накладки и еще одна с ферритом внутри. С датчика электропроводности снимаются защитные заглушки.

В воду лунки опускается бронзовая пластина, имеющаяся на конце специального красного контрольного провода, другой его конец латунным винтом крепится к металлическому наконечнику высокопрочного, так называемого дюрритового шланга, надетого поверх первых пяти метров троса и намотанного на отдельной секции катушки.

Выполняется тестирование профилографа через герморазъем на верхней части буя.

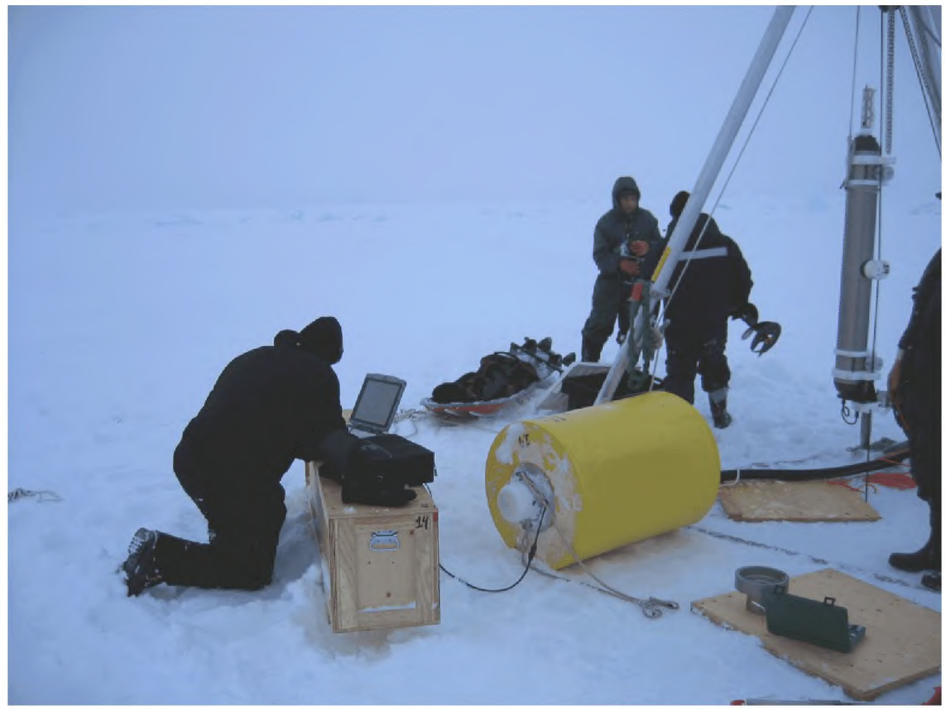


Рис.17.29 Работа по установке профилографа

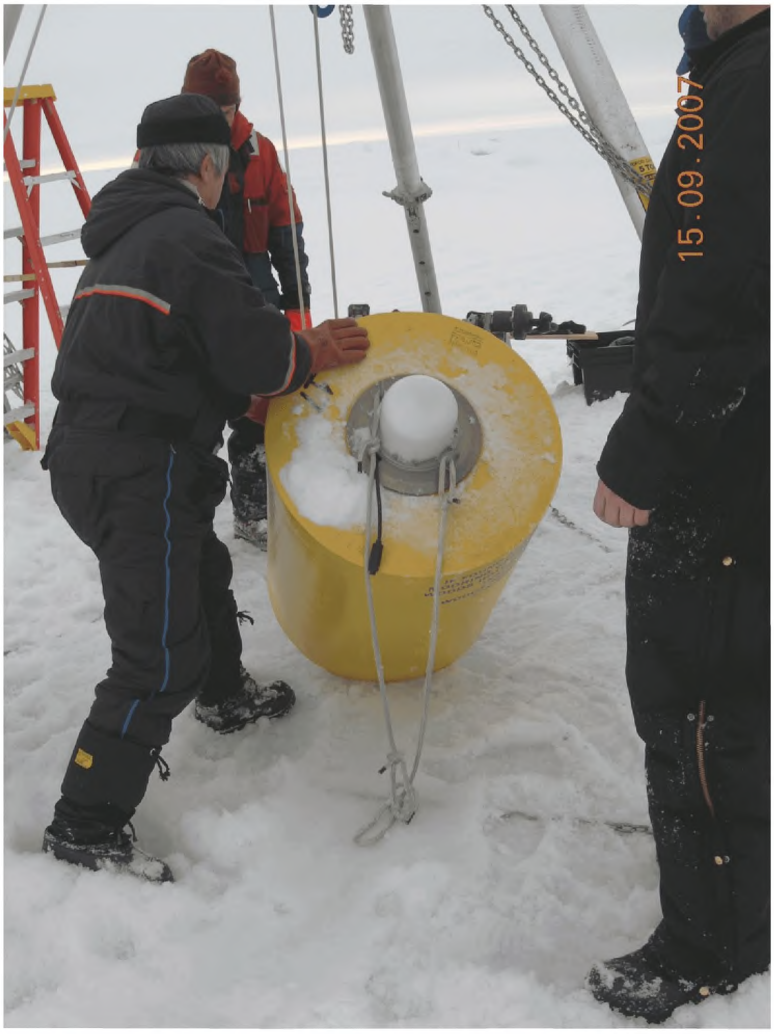


Рис.17.30

По окончании тестовой работы контрольный провод убирается из лунки, веревка, удерживающая профилограф освобождается, щит убирается и профилограф придерживаемый руками опускается по тросу вниз. В случае небольшого зависания деревянным бруском (черенком лопаты), аккуратно, чтобы не повредить датчики, он проталкивается сквозь лед.

Трос на самоходе лебедки непрерывно стравливается вниз, при этом тормозом регулируется скорость опускания. Когда на катушке остается половина последнего витка тормоз максимально зажимается. На таль вешается фиксатор троса из четырех мягких плоских ремней, которые косичкой оплетаются вокруг троса, концы ремней фиксируются изолентой (Рис.17.31)



Рис.17.31

Нагрузка передается на фиксатор троса. Остаток троса вручную сматывается с барабана катушки и снимется с нее через прорезь в щечке, затем снимается шланг с отдельной секции барабана. Шланг имеет в начале два провода длиной примерно 20 см с герморазъемами на концах, сохранность которых надо постоянно контролировать в процессе снимания шланга с барабана. Трос раскладывается большой дугой на льду без петель и колышек.

Буй подтаскивается к началу шланга, конец которого с проводами и разъемами пропускается через муфту, предварительно снятую со дна буя. Разъемы буя и проводов стыкуются между собой. Металлический наконечник шланга двумя болтами через пластмассовые шайбы с бортиками соединяется с муфтой. Чтобы при креплении муфты ко дну буя не были повреждены провода, буй поворачивают на один оборот, тем самым частично скручивая их, а так же следят за тем, чтобы полукруглый вырез внутри муфты был над местом выхода кабеля из корпуса буя. На другом конце шланга с латунной трубки стягивается защитная резиновая трубка красного цвета. На конец шланга и на трубку устанавливаются пластмассовые зажимы, поверх них латунными винтами

крепится заземляющая пластина из пористой бронзы. Далее на трубку в упор с концом шланга ставится специальная скоба, а на трубку возвращается чехол. Сквозь скобу пропускается конец веревки, предварительно продетый через кольцо под вершиной треноги. Этот конец возвращается и крепится за это же кольцо, другой конец веревки крепится за утку.

Ременный фиксатор на тросе постепенно расплетают и трос начинает стравливаться в лунку, после начала движения шланга слабина его веревки постоянно выбирается. В результате скоба на трубке вместе с концом шланга оказываются под вершиной треноги (Рис.17.32).



Рис. 17.32

Ременный фиксатор снимается. На расстоянии 1 м от скобы крепится второй демпфер (верхний). Веревка на утке ослабляется, трос и шланг уходят в лунку до тех пор, пока дно буя не упрется в лед.

За два коротких веревочных стропа прикрепленные к рымам на крышке буя с помощью тали его немного приподнимают надо льдом. Веревка освобождается, а под буй подкладываются деревянные щиты (стенки разобранных транспортировочных ящиков), защищающие место постановки от вытаивания. Затем буй окончательно опускается и щиты засыпаются снегом.



Рис. 17.33 Буй профилографа на льду после окончания установки

В процессе работы по постановке дрейфующих профилографов накоплен положительный опыт и отмечены следующие недостатки:

-при первой постановке груз завис на подсове, оборудование пришлось переносить и заново устанавливать, а лунку пересверливать; задержка времени 60 мин.

-одна из катушек имела незатупленные кромки овальных окон в щечках, что при сматывании кабеля привело к повреждению его изоляции; для ремонта использовалась резиновая липкая лента из комплекта вспомогательного оборудования; задержка времени 5 мин;

-из-за накопившейся усталости забыли поставить нижний демпфер; для частичного подъема троса использовался способ перехватов мягкими стропами и такелажными ремнями с защелками; задержка времени 20 мин;

-стопорный палец между режущим и вторым шнеком вышел из зацепления и был утрачен; шнеки разъединились прямо в лунке на глубине 3 м; первый шнек удалось зацепить за выступающую режущую часть и поднять цепью; в последующем для крепления использовались болты с двумя гайками; затраты времени 40 мин.

-понадобилась срочная консультация у специалистов WHOI по дрейфующим профилографам, для устранения проблем, возникших при тестировании на льду последнего буя; информация получена по спутниковому телефону “Иридиум”; затраты времени 5 мин.

Предложение на будущие постановки оборудования: на лед нужно брать аптечку, т.к. были мелкие ушибы и порезы.

Приложение А

Таблица А.1

Спецификация на груз дрейфующих профилографов

№ п/п		Weight (Lb)	Weight (Kg)	Dimensions "L""xW""x H"""	Dimensions (M) "L""xW""xH"""
1	Empty Aluminum reel (Пустая алюминиевая катушка)	49	22.23		
2	Aluminum winch Base (алюминиевое основание лебедки)	57	25.85		
3	Winch Brake arm (ручной тормоз лебедки)	113	51.26		
4	Winch Rotor disk (тормозной диск для барабана лебедки)	55	24.95		
5	Shaft w/ arbors (рукоятка лебедки)	7	3.18		
6	Jack legs (ручной домкрат)	20	9.07		
7	Recovery drill with extension cord (дрель с удлинителем)	35	15.88		
8	Recovery manual handle for winch (штурвал для лебедки	20	9.07		
9	Aluminum Tripod (3 legs), (3 Each) (алюминиевая тренога)	127	57.61	120 x 5 x 5	3.0 x 0.12 x 0.12
10	"6"" 'McKissick' snatch block " (блок)	28	12.70		
11	Ross' chain hoist цепная таль	25	11.34		
12	"Aluminum cleat with 1/2"" hardware " алюминиевый зажим	7	3.18		
13	6' Fiberglass step ladder стремянка	25	11.34	72 x 12 x 8	1.8 x 0.3 x 0.2
14	Ice tools: shovels, picks, chisels, extension cord ледовые инструменты	30 10	13.61 4.54		
15	"10"" Auger flights (5) in bag w/ 11"" extension " бур с шнеками	70	31.75		
16	"2"" Auger Flights (5) in Case w/ Handle " бур с шнеками	32	14.51		
17	Jiffy Head #1 in bag (сверлильная машина в чехле)	30	13.61		
18	Jiffy Head #2 in bag (сверлильная машина в чехле)	30	13.61		
19	Jiffy head parts kit box w/ oil etc. (принадлежности к сверлильной машине в ящике)	10	4.54	86	2.1844
20	Standard 2 each orange ITP tool kits (набор инструментов в ящиках - 2шт)	57	25.85	12	0.3048
21	Milk crate: 'Yale Grip', slings, tripod	60	27.22	12	0.3048

	chain (запчасти в упаковке)				
22	2 each Akio' sled (7') (две волокуши)	50	22.68	88 x 24 x 5	2.2 x0.6 x 0.12
23	Honda 3 Kw generator in arctic field box (Генератор Хонда 3 кВт, 110в, 60Гц в специальном корпусе)	204	92.53	30 x 25 x 27	0.76x0.63x0.68
24	Ice-Tethered Profiler instrument in box (Гидрозонд в ящике)	150	68.04	76 x 14 x 20	1.9 x 0.35 x 0.5
25	ITP assorted tools/spares in kit (инструменты и ЗИП)	10	4.54		
26	ITP Surlyn buoy with batteries (буй с батареями)	138	62.60	48 x 27 x 27	1.2x0.68x0.68
27	ITP buoy plywood box (disassembled) (деревянный ящик для буя)	100	45.36		
28	Wire rope mooring tether (кабель в изоляции)	431	195.50	30 x 30 x 24	0.76x0.6x0.6
29	ITP Assembled anchor with hardware (якорь со скобами)	256	116.12		
30	ITP System Total Weight (общий вес комлекса ITP)	2236	1014.23		

Глава 18. Спутниковые методы измерения параметров морей и океанов

18.1 Классификация спутниковых датчиков (сенсоров)

Среди разнообразных методов получения гидрометеорологической информации широкое распространение получили искусственные спутники Земли (ИСЗ). Получение спутниковой информации осуществляется при помощи датчиков (сенсоров), расположенных на спутнике-носителе. Эти сенсоры могут быть разделены на три основных класса по величине пространственного разрешения, а именно:

1. Сенсоры с пространственным разрешением более 100 м.
2. Сенсоры с пространственным разрешением 10-100м.
3. Сенсоры с пространственным разрешением менее 10 м.

Сенсоры с пространственным разрешением более 100 м

Преимущество сенсоров этого типа состоит в том, что они позволяют провести съемку больших площадей и при малой временной дискретности информации, т.е. высоком временном разрешении (небольшом интервале времени между двумя последовательными съемками со спутника фиксированной точки). Данные регистрируются один раз в несколько дней (в некоторых случаях ежедневно или несколько раз в день). Однако пространственное разрешение этого вида сенсоров низко, обычно около 1 км^2.Таким образом, подобные сенсоры наиболее пригодны для наблюдения за такими параметрами как температура поверхности океана, концентрация хлорофилла на поверхности океана и цвет морской воды в конкретных регионах.

1. AVHRR-2 сенсор на спутниках NOAA 9-14.

Наблюдаемые параметры: температура поверхности океана, цвет морской воды.

Платформы: NOAA POES (Polar Orbiting Operational Environmental Satellites).

Сенсор: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).

Срок эксплуатации: 1984-настоящее время.

Пространственное разрешение: 1.1 км.

Временное разрешение: 12 часов.

Радиометрическое разрешение: 10 бит.
Доступные продукты: аналоговое и цифровое изображение.

2. ATSR сенсор на спутниках ERS.

Наблюдаемые параметры: состояние моря, приповерхностные ветры, циркуляция в океане и морская растительность в прибрежной зоне.
Платформа: европейские спутники дистанционного зондирования (ERS-1 и ERS-2).
Сенсор: ATSR-1. (Along Track Scanning Radiometer).
Срок эксплуатации: 1991- настоящее время.
Пространственное разрешение 1 км.
Временное разрешение: 3 суток.
Ширина полосы обзора: 785 км.

3. OCTS сенсор на спутнике ADEOS.

Наблюдаемые параметры: температура поверхности океана, концентрация хлорофилла в донных отложениях, концентрация Гельбстоффа как показатель солености.
Платформа: спутник ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite).
Сенсор: OCTS (Ocean Color and Temperature Scanner).
Срок эксплуатации: ADEOS-2 запущен в 1999 году.
Пространственное разрешение: 700м.
Временное разрешение: 3 суток.
Ширина полосы обзора: 1400 км.
Радиометрическое разрешение: 10 бит.

Сенсоры с пространственным разрешением 10-100 м

Сенсоры этого типа наиболее удобны для наблюдения за морской биомассой, могут быть использованы для картирования распределения различных типов водорослей, бентосных и планктонных организмов. Меньшая площадь охвата компенсируется более высоким пространственным разрешением.

1. Thematic Mapper на спутниках Landsat.

Область применения: оценка ресурсов океана, картография, общий мониторинг океана, батиметрия.
Платформы: Landsat 4, Landsat 5.
Сенсор: TM (Thematic Mapper).
Срок эксплуатации: с 1982 - по настоящее время.
Пространственное разрешение: 30 м.
Временное разрешение: 16 суток.
Ширина полосы обзора: 185 км.
Радиометрическое разрешение: 8 бит.

2. HRV и HRVIR на спутниках SPOT.

Область применения: оценка ресурсов океана, картография, общий мониторинг океана, батиметрия. SPOT 1-3 оснащены одинаковыми HRV сенсорами; на SPOT4, запущенном в марте 1998, установлен HRVIR сенсор с ультракоротковолновым инфракрасным каналом и с длинами волн 1 канала, соответствующих голубой части спектра, которые обладают большей проникающей способностью чем волны с длинами, соответствующими зеленой части спектра.
Платформы: SPOT 1-4 (Sattelite Pour l'observation de la Terre). SPOT 2,4 в настоящее время в действии.
Сенсоры: HRV (High Resolution Visible sensor), HRVIR (High Resolution Visible and Infra-Red).
Срок эксплуатации: 1986 по настоящее время.

Пространственное разрешение: мультиспектральный режим (XS) 20м, панхроматический режим (XP) 10м.

Временное разрешение 26 суток (обзор не в надир).

Радиометрическое разрешение: 8 бит.

Ширина полосы обзора: 60 км.

3. Сенсор LISS на спутниках IRS.

Область применения: оценка ресурсов океана, картография, общий мониторинг океана, батиметрия.

Платформы: IRS 1A-1D (Indian Remote Sensing satellite series).

Сенсоры: LISS (Linear Imaging Self-Scanning sensor).

Срок эксплуатации: 1988-настоящее время.

Пространственное разрешение: 23.5, 36.5, или 73 м (в зависимости от модификации).

Временное разрешение: 22 или 24 суток (в зависимости от модификации).

Радиометрическое разрешение: 7 бит.

Ширина полосы обзора: 142, 146 или 148 км (в зависимости от модификации).

4. OPS-сенсор на спутнике JERS-1.

Область применения: оценка ресурсов океана, картография, общий мониторинг океана, батиметрия.

Пратформа JERS-1 (Japanese Earth Resources satellite).

Сенсор OPS (оптический сенсор).

Срок эксплуатации: 1992- по настоящее время.

Пространственное разрешение 18.3 м.

Временное разрешение: 44 суток.

Ширина полосы обзора: 75 км.

Радиометрическое разрешение: 8 бит.

5. MESSR сенсор на спутнике MOS.

Область применения: оценка ресурсов океана, картография, общий мониторинг океана, батиметрия.

Платформа: MOS-1 (Marine Observation Satellite).

Сенсор: MESSR (Multispectral Electronic Self-Scanning Radiometr).

Срок эксплуатации: 1987-настоящее время.

Пространственное разрешение: 50 м.

Временное разрешение: 17 суток.

Ширина полосы обзора: 200 км.

Радиометрическое разрешение 8 бит.

Сенсоры с пространственным разрешением менее 10м

Такое пространственное разрешение для дистанционного зондирования используется нечасто, так как быстро приводит к накоплению огромного количества данных при получении изображения больших площадей. Но существует постоянно пополняющийся архив спутниковых данных преимущественно с российских сенсоров с пространственным разрешением около 5м.

Данные с бортовых мультиспектральных сенсоров обладают высоким пространственным (1-10м) разрешением. Это позволяет обнаруживать объекты, незаметные со спутников при установке этого типа сенсоров на борту авиационных средств (например, самолетов). Другое преимущество состоит в том, что самолет управляем, и данные могут собираться в определенное выбранное оператором время. Но в то же время, по сравнению со спутниками, аэрофотоснимки покрывают незначительную площадь, а объем собранных данных достигает огромных размеров. Геометрическая коррекция таких изображений также имеет свою специфику.

В последнее десятилетие возрос интерес к многоспектральным (а с недавних пор – к гиперспектральным) изображениям с высоким пространственным разрешением, что привело к появлению различных сенсоров такого типа. Настройка многих из этих сенсоров может производиться оператором с заданием необходимых количества и ширины каналов. Пространственное разрешение может изменяться в зависимости от высоты полета над уровнем моря. Оба эти фактора в комплексе позволяют получить большое число возможных сочетаний пространственного/спектрального разрешений и, тем самым, расширить возможность применения данных сенсоров.

Наиболее известный и популярный сенсор этого класса – CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager).

Сенсоры с пространственным разрешением более 100 м наиболее пригодны для регистрации температуры поверхности океана и биомассы фитопланктона, получения информации применяемой при рыболовном промысле, для картирования токсичных видов водорослей и аномалий температуры воды.

Изображения с пространственным разрешением 10-100 м обычно используются при работах по рациональному использованию прибрежной зоны. Для таких сенсоров как Landsat MSS и TM существуют большие архивы данных, но наличие облачности делает лишь часть из них пригодными.

Изображения с пространственным разрешением менее 10м используются реже, главным образом потому, что развитие бортовых сенсоров началось сравнительно недавно.

18.2 Анализ возможностей использования данных спутниковых наблюдений для мониторинга состояния океана и атмосферы

Спутниковые системы наблюдения

В настоящее время для наблюдения Земли используются как большие спутниковые системы (Earth Observing Satellites), оснащенные несколькими спутниковыми датчиками, позволяющими измерять комплекс разных характеристик, так и малые спутники с одним инструментом. Большие спутниковые системы создавались в результате международной кооперации: так, например, Aqua – совместный проект США, Японии и Бразилии, на ADEOS-2, помимо японской аппаратуры, были установлены приборы США и Франции.

На Рис.18.1 показан космический аппарат Aqua, оснащенный шестью приборами для наблюдения океана, атмосферы, суши, ледового и снежного покрытия, земной растительности. Этот спутник был запущен 4 мая 2002 г. (второй после спутника Terra, запущенного 18 декабря 1999 г.), планируемое время его работы – 6 лет, летал на высоте 705 км по полярной орбите. Из приборов, установленных на этом спутнике, наибольший интерес для мониторинга состояния океана и атмосферы представляют сканирующий спектрорадиометр MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), усовершенствованный микроволновый сканирующий радиометр AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer – EOS) и прибор CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System). Три других прибора предназначены главным образом для измерения характеристик атмосферы, их данные частично дублируют данные MODIS: прибор AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) измеряет температуру атмосферы и влажность; прибор AIRS (Atmosphere Infrared Sounder) – температуру атмосферы и влажность, температуру поверхности суши и океана, свойства облаков, радиационный поток; прибор HSB (Humidity Sounder for Brazil) – влажность атмосферы. Комплексный подход к сбору данных, осуществляемый на Aqua, позволяет изучать взаимодействие океана, суши, атмосферы и биосферы. Свое название спутник получил от латинского слова «aqua» (вода), поскольку приборы, установленные на этом спутнике, дают большое количество информации о водном цикле Земли. В частности, данные Aqua включают информацию о водяном паре и облаках в атмосфере, влажности почвы на суше, ледовой обстановке в океане, снежном покрытии на суше и на льду океана, о водах океанов и морей,

заливов, озер. Получаемая информация позволяет, в частности, улучшить количественную оценку глобального водного цикла и выяснить происходит ли ускорение этого цикла или нет.



Рис.18.1 Космический аппарат Aqua с шестью приборами для наблюдения океана, атмосферы, суши, ледового и снежного покрытия, земной растительности

Сканирующий спектрорадиометр MODIS

Прибор имеет высокую радиометрическую чувствительность (12 бит) в 36 спектральных каналах в спектральном диапазоне от 0.4 до 14.4мкм (Таблица 18.1). Каналы 1-2 имеют спектральное разрешение 250м, каналы 3-7 – 500м, остальные (8-36) – 1000м. Размер полосы сканирования 2330км в поперечном направлении (относительно полета спутника) и 10км вдоль направления полета; глобальное покрытие обеспечивается каждые двое суток. Калибровка во время полета обеспечивается четырьмя калибровочными устройствами на борту, включая устройство спектрорадиометрической калибровки и черное тело.

По данным измерений рассчитывается стандартный набор из 44 величин, включающих калиброванные яркости на верхней границе атмосферы, привязанные по времени и координатам, и различные геофизические параметры. Выделим среди последних параметры, представляющие наибольший интерес для решения проблемы мониторинга состояния океана и атмосферы:

- аэрозольная оптическая толщина (характеризует содержание аэрозоля в атмосфере, который непосредственно влияет на пропускание солнечной и уходящей радиации, на микрофизику облаков);
- интегральное содержание водяного пара в атмосфере (характеризует воздушные массы, влажность, вероятность выпадения осадков);
- оптическая толщина и высота облаков (один из основных факторов, определяющих тепловой баланс Земли и океана);
- концентрация хлорофилла *a* (характеризует биомассу фитопланктона, ключевая характеристика для расчета первичной продукции океанов и морей);
- концентрация взвешенных частиц (корректно рассчитывается только для вод открытого океана – тип вод 1, поэтому целесообразнее рассчитывать показатель рассеяния морской взвеси, который характеризует ее содержание в воде, определяет альбедо водной толщи и является одним из наиболее удобных параметров мониторинга);
- показатель поглощения морской воды (определяет поглощение солнечного излучения в водной толще; характеризует содержание окрашенной органики в воде и качество воды в прибрежной зоне, один из параметров мониторинга);

• дневная и ночная температура поверхности океана (обычно используется ночная температура, поскольку на нее не влияет дневной прогрев падающим солнечным излучением).

Указанные характеристики представляются данными разного уровня: Level 2 – разрешение 1 км, Level 3 – усредненные данные на сетке с различным разрешением и за разное время (дневные, недельные, месячные средние).

Таблица 18.1

Спектральные каналы прибора MODIS

Предназначение	№ канала	Ширина канала[1]	Спектральная яркость[2]	Требуемое отношение сигнал/шум[3]
Суша/Облака/Границы аэрозоля	1	620 - 670	21.8	128
	2	841 - 876	24.7	201
Суша/Облака/Свойства аэрозоля	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29.0	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1652	7.3	275
	7	2105 - 2155	1.0	110
Цвет океана/фитопланктон/ Биогеохимия	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21.0	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
	16	862 - 877	6.2	516
Содержание водяного пара в атмосфере	17	890 - 920	10.0	167
	18	931 - 941	3.6	57
	19	915 - 965	15.0	250
Поверхность/Температура облаков	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
Температура атмосферы	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
Содержание воды в облаках Cirrus	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
Свойства облаков	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Озон	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Поверхность/	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05

Температура облаков	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Верхняя граница облаков	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

[1]Ширина спектральных каналов дана в нм для каналов 1-19 и мкм для каналов 20-36;
[2]Значения спектральной яркости даны в Вт $м^{-2}$ $мкм^{-1}$ $ср^{-1}$; для каналов 20-25 и 27-36 в скобках даны соответствующие значения радиояркостной температуры;
[3] Для каналов 20-25 и 27-36 дана разность температуры, эквивалентная величине шума.

На Рис.18.2-18.5 даны примеры распределений аэрозоля, облачности и поверхностной температуры, анализ которых позволяет получить важную информацию о природных явлениях в океане и атмосфере и о происходящих изменениях.

На Рис.18.2 показана пылевая буря над Атлантическим океаном вблизи западного побережья Африки, зарегистрированная 13 декабря 2003г. Это явление представляет отнюдь не региональный интерес, поскольку пассатные ветры переносят сахарскую пыль через весь океан, и пылевые частицы выпадают в воды Карибского моря, Мексиканского залива и западной Атлантики. Многие ученые полагают, что минеральные элементы, содержащиеся в пылевых частицах, способствуют цветению вредных водорослей, порождающих так называемые «красные приливы».

На Рис. 18.3 виден тропический циклон к юго-востоку от побережья Бразилии 26 марта 2004г.; он хорошо проявляется в поле облачности. Эти данные представляют особый интерес, поскольку тропические штормы не характерны для рассматриваемого района, и здесь отсутствует какая-либо официальная система штормового предупреждения. По наблюдениям со спутника QuickSat, скорость ветра достигала 50 узлов, однако эти наблюдения не захватили центральную часть циклона, где скорость ветра максимальна, и можно полагать, что там скорость ветра превышала порог в 65 узлов, позволяющий классифицировать этот шторм как ураган 1-й категории.

На Рис.18.4 показано распределение поверхностной температуры океана, на котором хорошо видно струю Гольфстрима и его меандры. Как известно, Гольфстрим переносит огромное количество тепла из тропических в полярные широты, что во многом определяет климат и погоду в Северной Европе, поэтому постоянный мониторинг этого течения крайне необходим.

На Рис.18.5 представлены среднемесячные распределения температуры поверхности океана в январе-марте 2001 г. (слева) и 2002 г. (справа), построенные по данным MODIS. Представленные карты содержат огромный объем информации и позволяют наблюдать происходящие сезонные изменения в глобальном и региональном масштабах и провести их сравнение для 2001 и 2002 гг.

Видно, что в общих чертах распределения температуры в 2001 и 2002 гг. хорошо совпадают, однако можно наблюдать и отдельные изменения. Глобальные изменения можно характеризовать среднемесячными значениями для северной и южной половин и для всей исследованной акватории (от 60^{o} с.ш. до 60^{o} ю.ш.). Оказалось, что по этим показателям в северной половине океана в 2001 г. самым холодным месяцем был февраль (18.71^{o}C), а в 2002 г. – март (18.56^{o}C); в южной половине в 2001 г. самым холодным месяцем был июль (13.74^{o}C), в 2002 г. – август (13.95^{o}C). Наименьшая среднемесячная температура для всей рассматриваемой акватории в 2001 г. была в июле (18.14^{o}C), а в 2002 г. – в ноябре (18.42^{o}C).

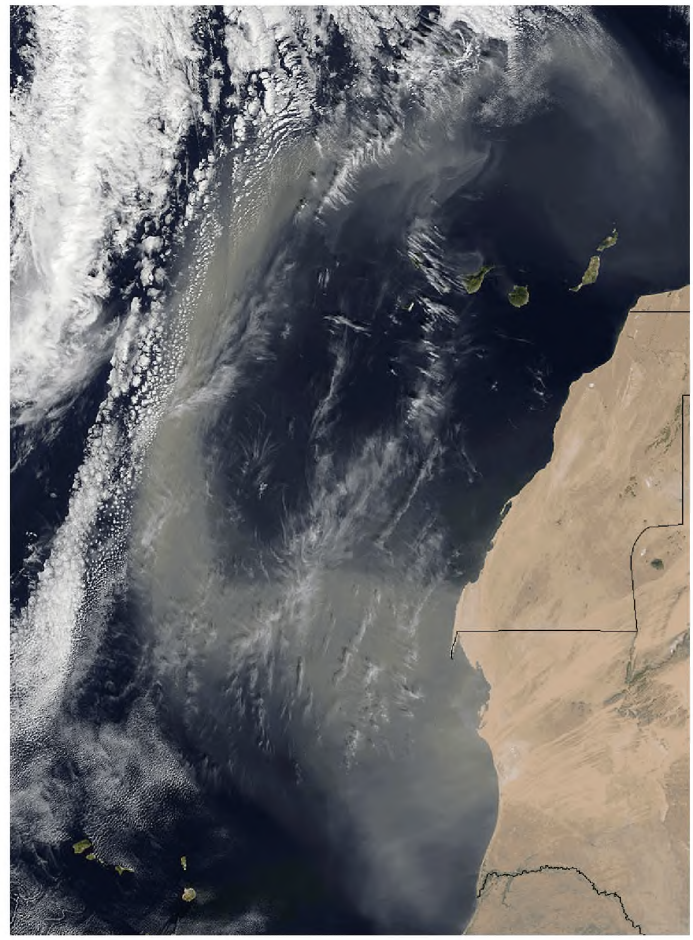


Рис. 18.2 Пылевая буря над Атлантическим океаном вблизи западного побережья Африки, зарегистрированная спутниковым сканером MODIS 13 декабря 2003 г.

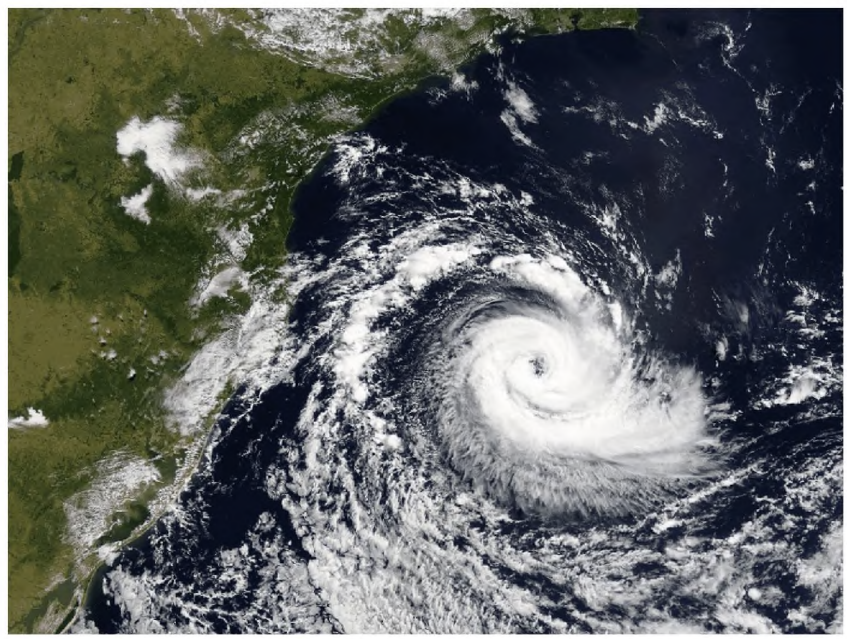


Рис.18.3 Тропический циклон, зарегистрированный спутниковым сканером MODIS к юго-востоку от побережья Бразилии 26 марта 2004 г.

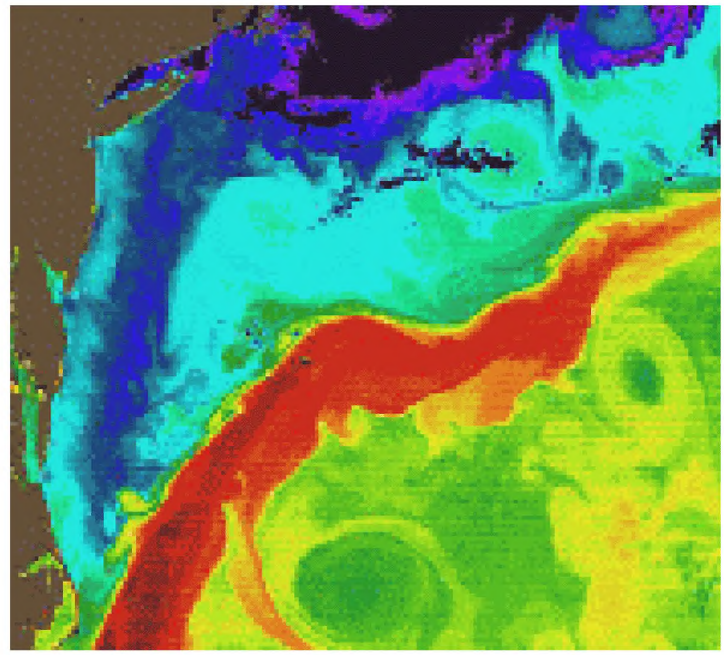
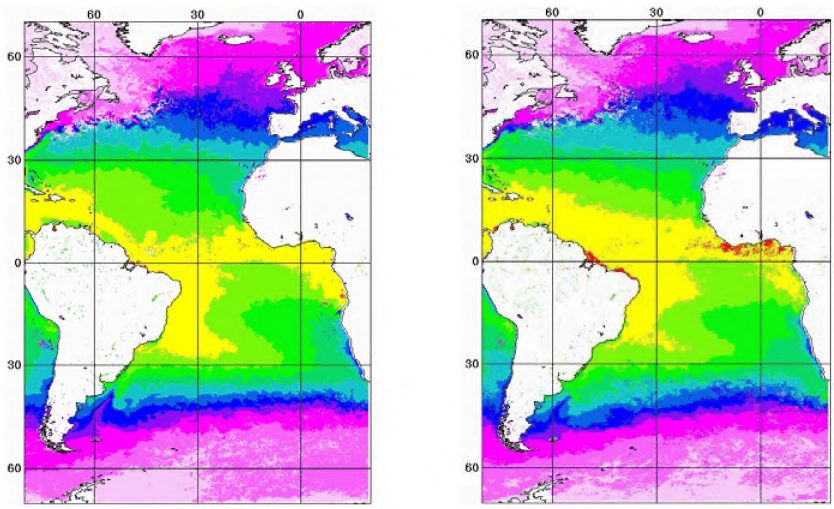


Рис. 18.4 Струя Гольфстрима и ее меандры хорошо видны на спутниковых изображениях поверхностной температуры океана



январь 2001 январь 2002

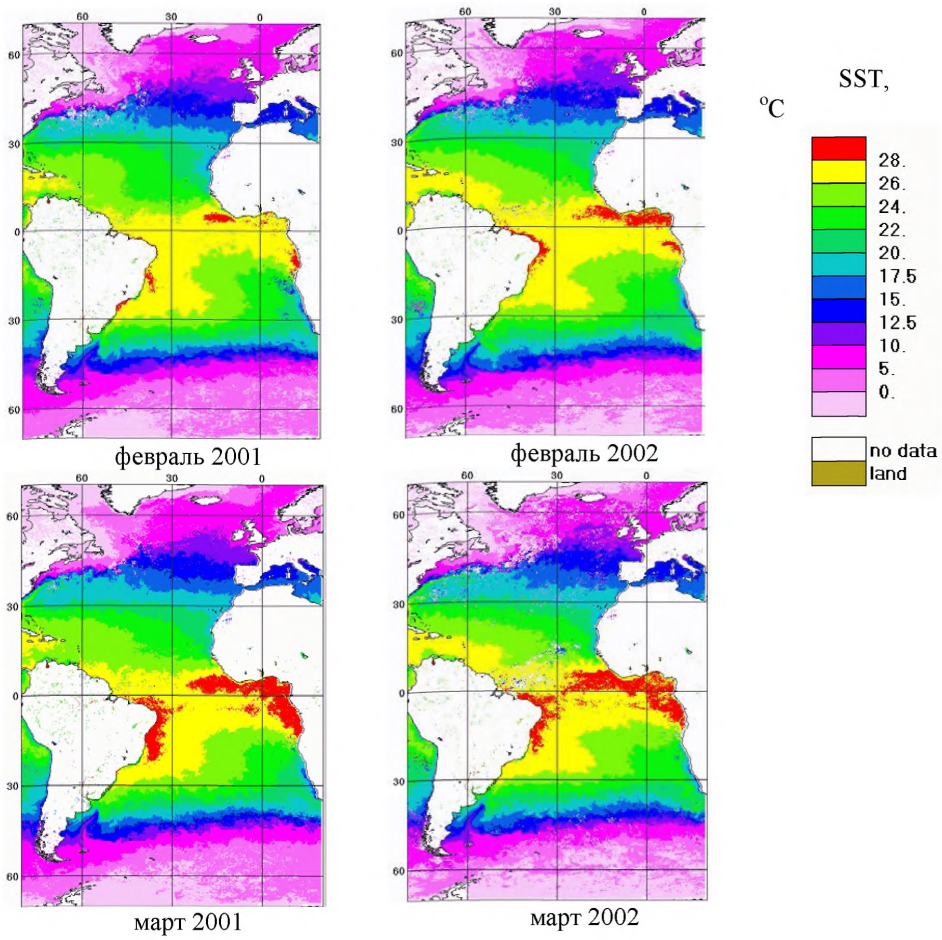


Рис.18.5 Распределения температуры поверхности океана в январе-марте 2001 г. (слева) и 2002 г. (справа) по данным спутникового сканера цвета MODIS

Микроволновый сканирующий радиометр AMSR-E

Усовершенствованный микроволновый сканирующий радиометр AMSR-E разработан японским космическим агентством NASDA. Он имеет 12 каналов на шести разных частотах в диапазоне от 6.9 до 89 гГц. Пример использования данных AMSR-E приведен на Рис. 18.6, где показана ледовая обстановка в Антарктике 7 января 2004 г.

Прибор CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System)

Прибор CERES – трехканальный радиометр, измеряющий восходящую солнечную радиацию на верхней границе атмосферы в трех спектральных каналах: 0.3-5 мкм – отраженное солнечное излучение; 8-12 мкм – тепловое излучение; 0.3-100 мкм – суммарная уходящая радиация. Эти данные используются для оценки общего теплового радиационного баланса Земли, а в комбинации с данными MODIS – для получения детальной информации об облачности. Первый прибор CERES был запущен на спутнике TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) в ноябре 1997 г., два прибора CERES были запущены на спутнике Terra и два на спутнике Aqua. Каждый из пары приборов на Terra и Aqua имеет одинаковые спектральные характеристики, но один из них осуществляет поперечное сканирование относительно направления полета, другой – азимутальное

(360°); пространственное разрешение приборов составляет 20 км (в надир). По данным измерений рассчитываются 25 параметров, включая общее альбедо Земли и альбедо чистого неба, поток отраженной коротковолновой радиации и уходящей длинноволновой, различные характеристики облачности, оценивается тип поверхности. CERES обеспечивает глобальные данные для оценки радиационных эффектов и климатического воздействия таких природных явлений, как извержения вулканов, крупные наводнения и засухи. На Рис.18.7 демонстрируется влияние аэрозоля, выброшенного в атмосферу при извержении вулкана Пинатубо, на отражение солнечной радиации земной атмосферой. Предполагается, что вулканическая активность может быть причиной короткопериодных климатических изменений, так как при мощных вулканических извержениях в атмосферу обычно выбрасывается громадное количества газов и частиц, в результате чего образуются слои аэрозоля, которые могут сохраняться в атмосфере в течение нескольких лет. Извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 г. привело к образованию в атмосфере больших вулканических облаков. Поскольку эти аэрозоли отражали в космос больше солнечной энергии, средняя глобальная температура уменьшилась на 0.5-1.0°С.

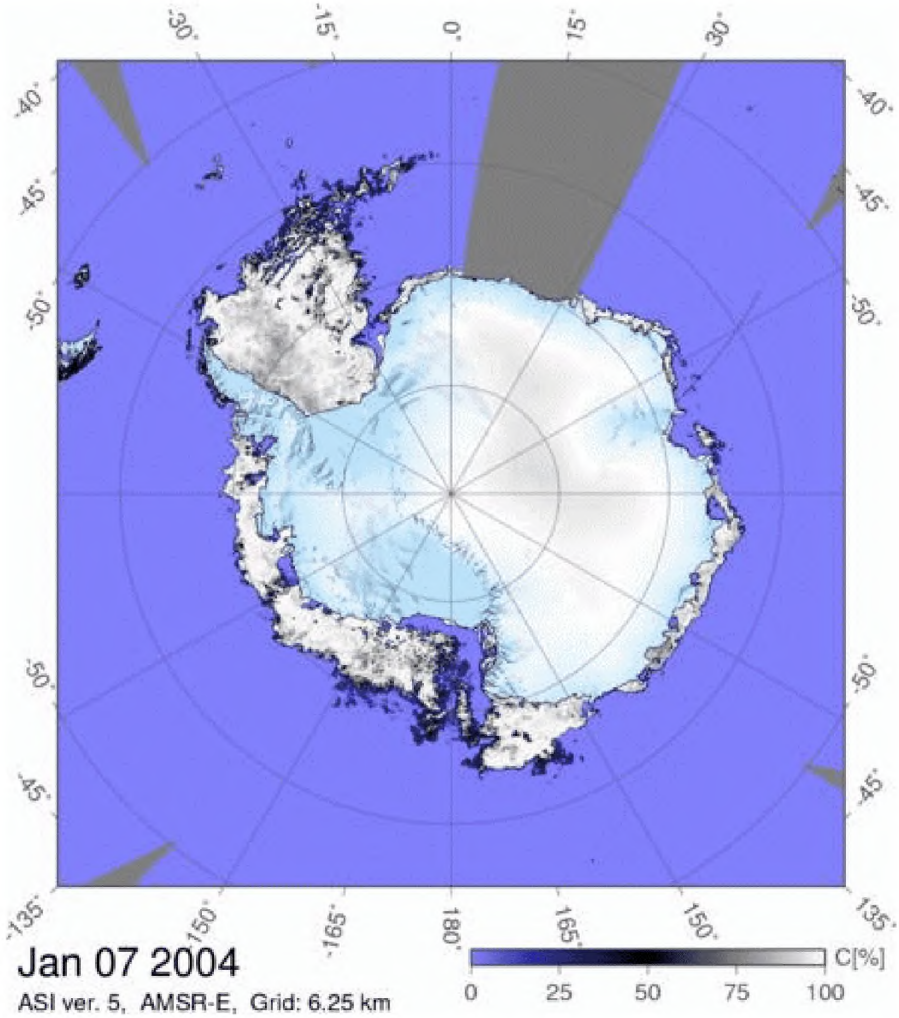


Рис. 18.6 Ледовая обстановка в Антарктике 7 января 2004 г. по данным СВЧ-радиометра AMRS-E

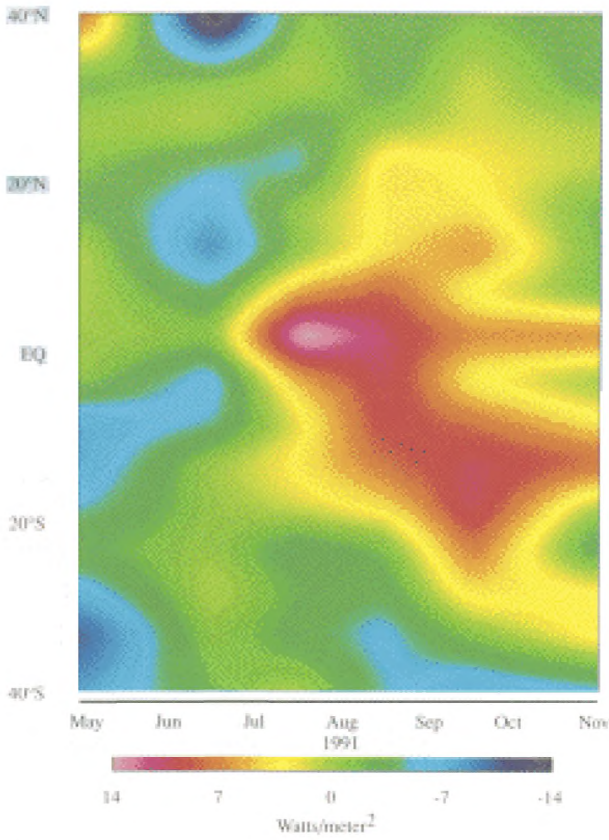


Рис.18.7 Данные CERES-ERBE демонстрируют влияние аэрозоля, выброшенного в атмосферу при извержении вулкана Пинатубо, на отражение солнечной радиации земной атмосферой

18.3 Спутниковые измерения топографии поверхности, скорости и направления ветра

Спутниковые скаттерометры

Спутниковый скаттерометр представляет собой радар, излучающий в направлении морской поверхности импульсы в микроволновом диапазоне электромагнитных волн и принимающий излучение, рассеянное поверхностью в обратном направлении. Величина сигнала обратного рассеяния зависит от состояния поверхности: гладкая поверхность дает слабый сигнал, взволнованная поверхность – сильный. По величине принятого сигнала после специальной обработки удается оценивать скорость и направление приводного ветра.

Можно отметить спутниковый скаттерометр SeaWinds, работавший на спутнике QuickScat. Идентичный прибор был установлен на борту японского спутника ADEOS-2, однако, из-за выхода ADEOS-2 из строя, данные от этого прибора удалось получить лишь с 10 апреля по 24 октября 2003 г.

SeaWinds проводил измерения в полосе шириной 1800км с пространственным разрешением 25 км. Возможность измерять направление ветра обеспечивается тем, что антенна скаттерометра излучает не один, а два луча, направленные под углом примерно 6^{o} друг относительно друга. Точность измерения скорости ветра составляет 2 м/с, направления – 20^{o}. С использованием

данных SeaWinds опасные погодные явления прогнозировались на 6-12 ч. раньше, чем без этих данных.

Пример измерения поля ветра скаттерометром SeaWind показан на Рис.18.8. В поле ветра, измеренном скаттерометром SeaWinds в восточной части тропической зоны Тихого океана, хорошо виден ураган Дора, в центре которого скорость ветра достигает 40 м/с, или ~ 90 узлов.

Спутниковые альтиметры

Спутниковые альтиметры обеспечивают информацией об изменениях топографии океанской поверхности, связанных с океанской циркуляцией. Получение такой информации - сложная задача, для решения которой требуется, помимо высокоточного альтиметра, целый комплекс обеспечивающей аппаратуры. Прежде всего, необходимо с очень высокой точностью отслеживать орбиту спутника, что обеспечивается несколькими системами. Во-первых, это лазерная система, включающая специальный лазерный отражатель на борту спутника и 10-20 лидарных станций на поверхности Земли. Во-вторых, это система DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite), которая включает примерно 50 радиомаяков на поверхности Земли и приемник на спутнике, который измеряет допплеровский сдвиг микроволновых сигналов. В-третьих, это GPS приемник на спутнике, который непрерывно принимает сигналы одновременно от 6 GPS спутников. С помощью этого комплекса систем удается обеспечить измерение высоты орбиты спутника с точностью 2-3 см.

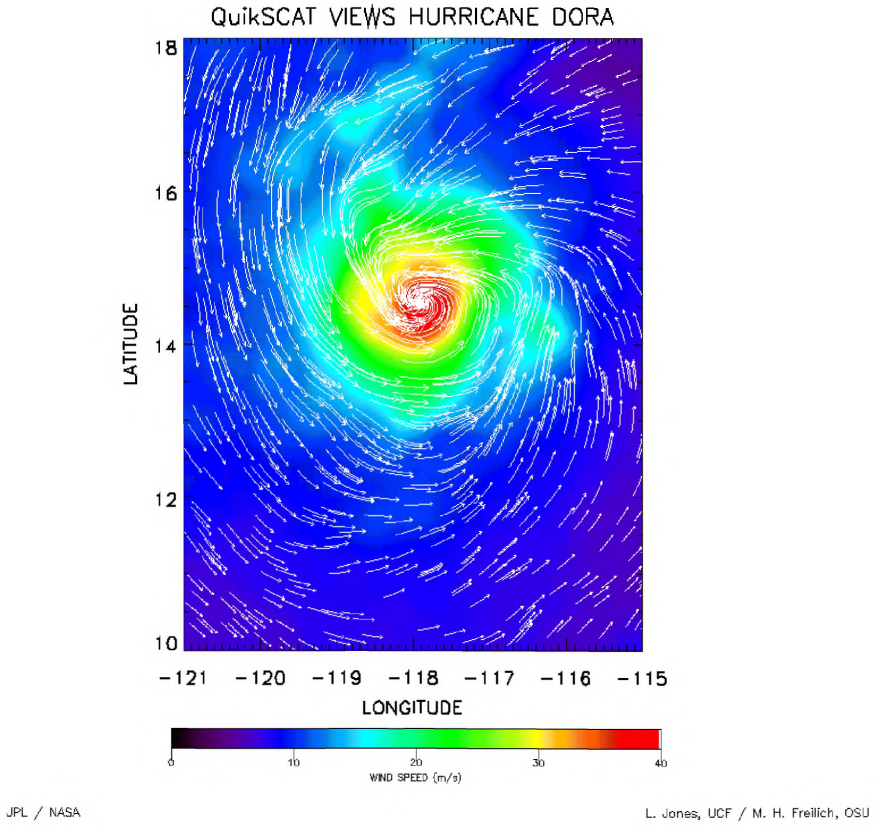


Рис.18.8 Ураган Дора в восточной части тропической зоны Тихого океана хорошо виден в поле ветра, измеренном скаттерометром SeaWinds 10 августа 1999 г.

Далее необходимо точно измерить расстояние между спутником и океанской поверхностью. Это обеспечивается с помощью двух радарных альтиметров, работающих на разных частотах, и микроволнового радиометра, измеряющего интегральное содержание водяного пара вдоль трассы полета спутника.

Последнее нужно, чтобы учесть влияние атмосферы на скорость распространения радарных сигналов. Результирующая точность измерений расстояния между спутником и океанской поверхностью, после учета атмосферных и приборных эффектов, составляет 3-4 см. Окончательно уровень морской поверхности с учетом изменения высоты орбиты удается измерять с точностью 4-5см. Изменения уровня отсчитываются относительно геоида Земли, форма которого, хотя и неизвестна достаточно точно, но изменяется относительно медленно – временные масштабы этих изменений составляют сотни лет.

На Рис.18.9 представлены данные спутникового альтиметра TOPEX/Poseidon, показывающие возникновение и развитие явления Эль-Ниньо в марте-апреле 1997 г. На Рис. 18.9А видно образование области с повышенным уровнем морской поверхности к северо-востоку от Австралии (красный цвет указывает превышение уровня морской поверхности относительно среднего примерно на 10 см; белый – на 14-32 см, зеленый соответствует нормальному уровню, пурпурный – уровню на 18 см ниже среднего). Предполагают, что это связано с ослаблением пассатов, обычно устойчиво дующих с востока на запад, и возникновением ветров противоположного направления. В результате изменения ветра большие массы теплой воды, нормальное расположение которых около Австралии, начинают двигаться на восток. На Рис.18.9Б видно, что примерно через месяц эти массы достигают побережья Южной Америки. Нагон теплой воды продолжается, и в июне область воды с повышенным уровнем поверхности начинает распространяться вдоль побережий как Южной, так и Северной Америки (Рис.18.9С). Такое распространение приводит к катастрофическим последствиям для перуанского рыболовства: пришедшая масса теплой воды препятствуют развитию апвеллинга (подъема вод) у побережья Перу, вследствие чего резко снижается биопродуктивность этих вод. Рис.18.9Д показывает, что возрастание массы теплой воды сохраняется и в ноябре, а завершилось явление Эль Ниньо 1997-98 гг. только к лету 1998 г.

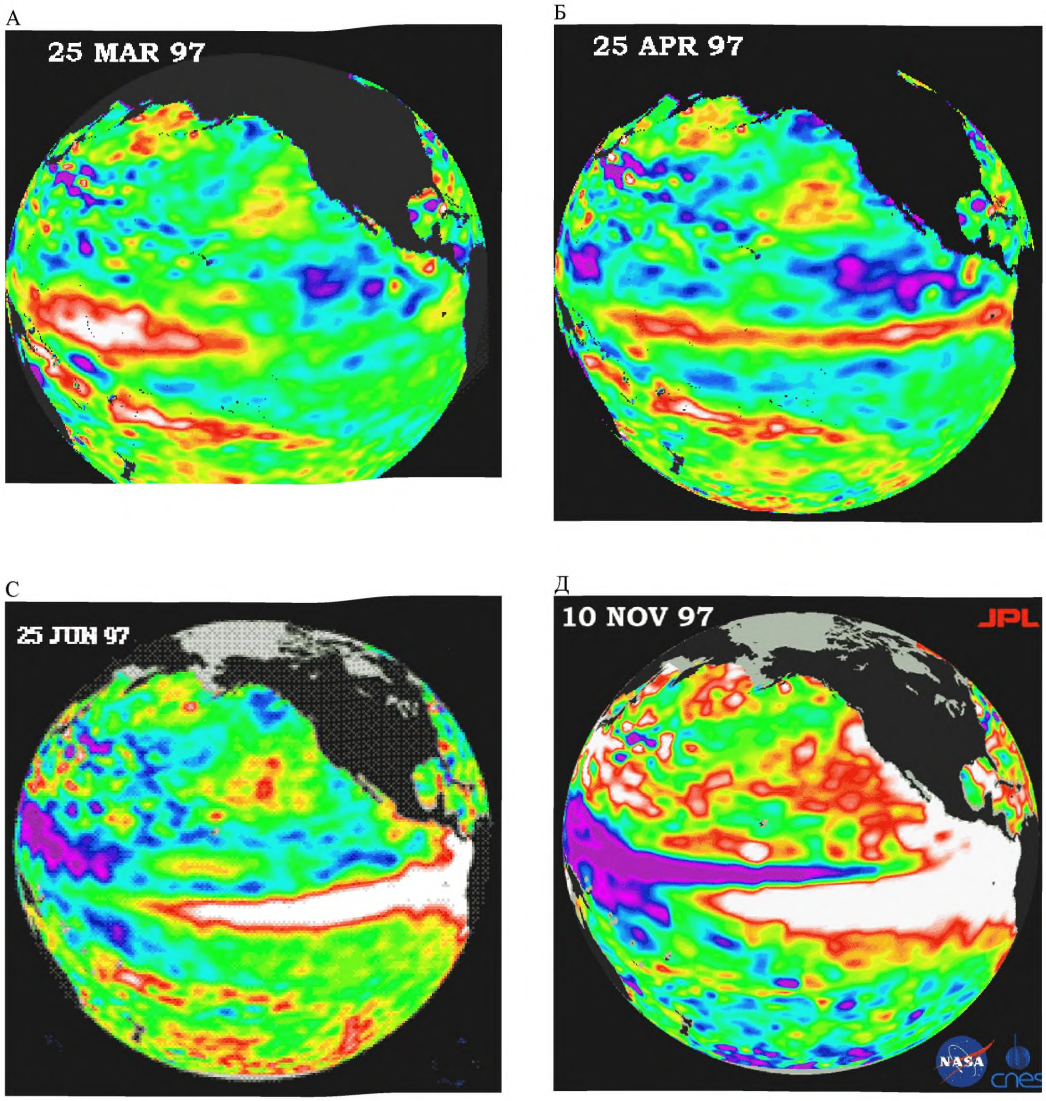


Рис.18.9 Данные спутникового альтиметра TOPEX/Poseidon показывают возникновение и развитие явления Эль-Ниньо в марте-апреле 1997г. Белый цвет указывает превышение уровня морской поверхности относительно среднего примерно на 14-32 см

18.4 Использование данных спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА)

Анализ радиолокационных изображений на примере района Гибралтарского пролива

На Рис.18.10 дан пример радиолокационного изображения (РЛИ), полученное радаром с синтезированной апертурой, установленного на европейском спутнике ERS-1, в районе Гибралтарского пролива. Это изображение интересно тем, что содержит информацию и о внутренних волнах, и о нефтяном загрязнении, и о рельефе морского дна.

Задача получения количественной информации состоит, прежде всего, в том, чтобы подобрать оптимальное число независимых пространственных осреднений при формировании РЛ кадра. Далее требуется прокалибровать шкалу яркости (в дБ относительно выбранного среднего значения интенсивности), и в определенных областях рассматриваемой акватории (т.е. там, где расположены интересующие нас объекты) провести калиброванные «разрезы».

РЛИ на Рис.18.10 содержит 1250 элементов по обеим осям кадра размером 100 х 100км. Это соответствует выбранному оптимальному осреднению на площадке 80 х 80м, при накоплении 32 независимых отсчетов амплитуды. Углы визирования составляли 22-25°, поляризация ВВ; скорость ветра в левой части РЛИ была около 10 м/с, в правой части - около 4 м/с. Поскольку в данном РСА удельное число отсчетов 50 км$^{-2}$, то расчетная пороговая контрастно-яркостная чувствительность (при слабом ветре) должна составить ~2дБ. В левой части РЛИ контрастно-яркостная чувствительность хуже – при скорости ветра ~10м/с она составляет ~4дБ.

Калиброванные разрезы представлены на Рис.18.11. Они дают возможность получить количественные оценки контрастов объектов, наблюдаемых на РЛИ. Это следующие объекты (Рис.16.12):

а) следы внутренних волн (ВВ) с контрастом +(6-8) дБ. ВВ здесь имеют приливное происхождение, а столь значительный контраст интенсивности ряби объясняется значительной величиной скоростного градиента в области, соответствующей конвергенции (схождению) склонов волны, при передаче момента ВВ на поверхность. Если пользоваться одной из распространенных моделей, можно вычислить значение скоростного градиента – он получается ~20см/с на 100м в направлении движения ВВ.

б) область нефтяного слика за танкером (танкер виден на РЛИ на расстоянии ~5км от начала слика). Контраст составляет ~(+8) дБ, что говорит об интенсивной промывке танков. Предположим, что во всей видимой на РЛИ области слика толщина пленки лежит в пределах (1 – 10) мкм при коэффициенте поверхностного натяжения 40 дин/см – что соответствует одному из опытов ИПФ РАН при близком значении РЛ контраста в сантиметровом диапазоне радиоволн.

Тогда, для разлитого объема нефти получим оценку в пределах (25 – 250) м^3, т.е. с учетом ее плотности ~(20 – 200)тонн. Более точную оценку на базе имеющихся данных произвести нельзя – для этого необходим хотя бы двухволновый РСА.

в) область шельфового склона. Согласно батиметрии, плоский шельф на глубине ~200м здесь резко обрывается, крутой обрыв заканчивается на глубине ~1км. Контраст составляет ~(- 4) дБ. На сегодня еще не существует приемлемой гидрофизической модели этого явления, т.е. взаимосвязи интенсивности мелких ветровых волн со структурой придонных течений.



Рис.18.10 Радиолокационное изображение района Гибралтарского пролива, полученное радиолокатором с синтезированной апертурой на европейском спутнике ERS-1.

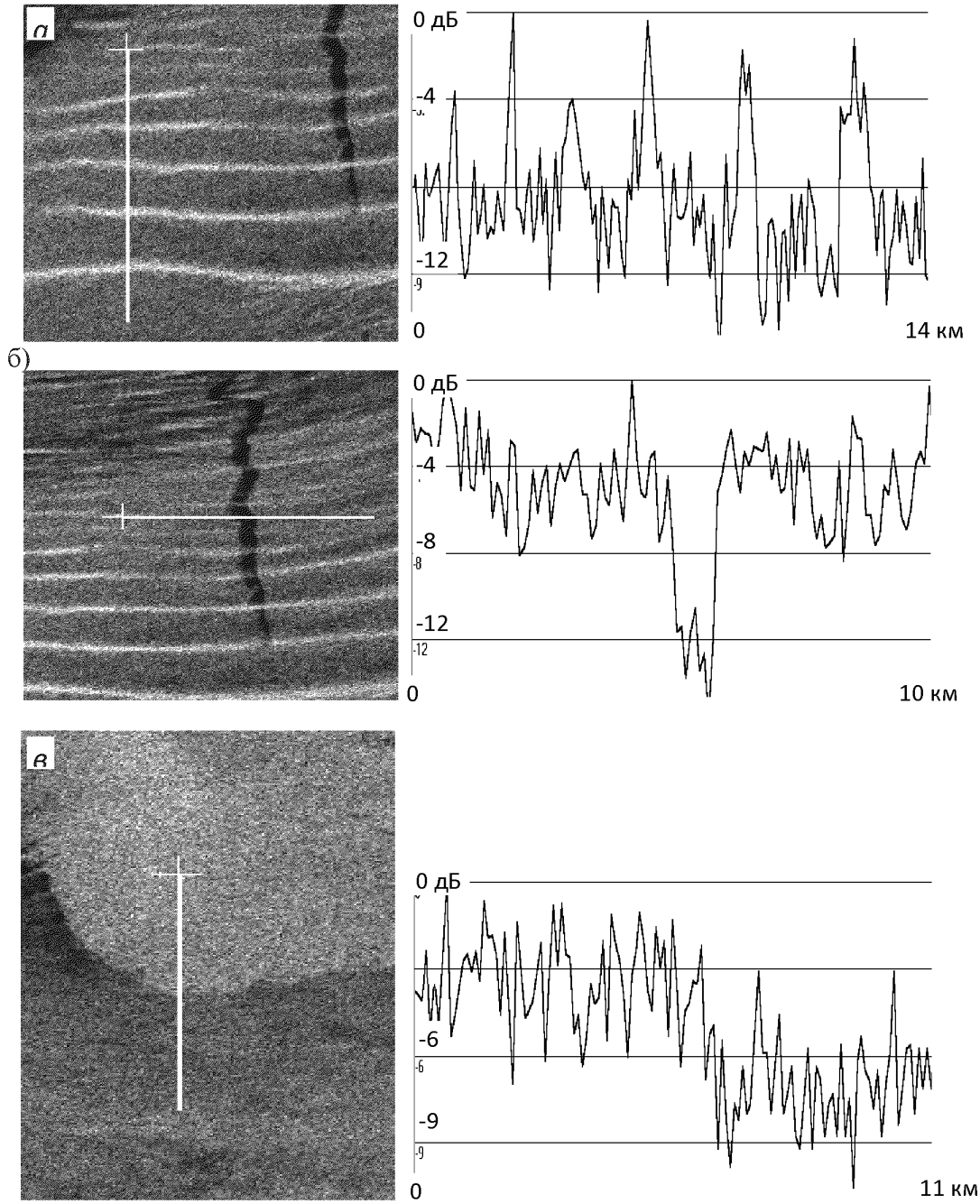


Рис.18.11 Калиброванные разрезы для количественной оценки контрастов на радиолокационном изображении на Рис.18.10.

Возможность получения скоростного портрета

Для формирования скоростных портретов использовались радиоголограммы от РСА на спутнике ERS, специально отобранные для районов, где существуют сильные течения с выраженной пространственной структурой – в данном случае для Флоридского пролива и района Куросио.

Усовершенствованный алгоритм обработки исходной радиоголограммы включал:

а) вычисление доплеровского спектра для каждой строки по дальности и определение его центра тяжести;

б) построение гистограммы отсчетов центра тяжести строк для выбранного участка осреднения d_x;

в) осреднение отсчетов центра тяжести спектра в пределах выбранного участка дальности d_y и получение результирующего отсчета центра тяжести на площадке $d_x d_y$;

г) повторение шагов *а, б, в* – для всего анализируемого участка;

д) компенсация дрейфа центра тяжести спектра в пределах анализируемого участка, вызванного угловыми вариациями аппарата и вращением Земли;

е) выбор центра тяжести спектра, соответствующего «нулевой» скорости течения. вычитание постоянной составляющей в пределах осредняемого участка;

ж) пересчет значений центра тяжести спектра в значения радиальной скорости с учетом геометрии визирования. Построение двумерного изображения (скоростного портрета).

Предложенный метод (алгоритм) обработки РСА-радиоголограмм позволил сформировать скоростные «портреты» сильных течений. При этом, несмотря на восстановление лишь одной (радиальной) составляющей скорости, в обоих случаях хорошо просматривается сложная (вихревая) структура течений. Измеренные значения флуктуационно-скоростной чувствительности соответствуют расчетным. Сравнение соответствующих сечений скоростного и амплитудного изображений показывает, что корреляция между ними отсутствует, исключая области суши и области моря, непосредственно прилегающие к суше – где градиенты вариаций амплитуды очень высоки.

Разработанная методика позволяет диагностировать пространственно-временную изменчивость сильных океанских течений с космических аппаратов, используя первичную РЛ информацию (радиоголограммы), получаемые на действующих аппаратах ERS, RADARSAT и ENVISAT. Однако, для подобного рода океанологических исследований необходимо заказывать десятки последовательных съемок во многих акваториях – что требует отдельного (финансируемого) проекта. Скоростной портрет района Флоридского пролива показан на Рис.18.12г.

18.5 Совместный анализ оптических и радиолокационных изображений

Представляет интерес совмещение изображений пяти полей, получаемых спутниковыми датчиками: температуры и концентрации хлорофилла по данным спутникового сканера MODIS, скорости приводного ветра по данным скаттерометра SeaWinds, интенсивности мелких волн (калибровка по контрастам радиолокационной отражающей способности, спутники ERS и RADARSAT) и скорости течений – с тех же спутников по методике, изложенной выше. Формирование калиброванных изображений указанных полей в единой проекции, едином масштабе и совмещенных не только в пространстве, но и во времени – дало бы возможность получать принципиально новую информацию об океанских явлениях. Например, известно, что структура поля скорости теплого течения и температуры в нем могут сильно различаться, что дает возможность моделирования процессов циркуляции в океане непосредственно по спутниковым данным. Большой интерес вызывают особенности поведения планктона в условиях сильного волнения, а также при изменении локальной температуры и появлении градиента скорости течения.

Основная трудность – это получение оптических и радиолокационных изображений, совмещенных во времени, тогда как их совмещение в пространстве проблемы не составляет.

Кроме того, для изображений различной природы разработаны совершенно различные методы калибровки, а также методы автоматического исключения участков, заведомо непригодных для анализа (области суши, сильной облачности и т.п.).

Пример такого совмещения показан на Рис. 18.12.

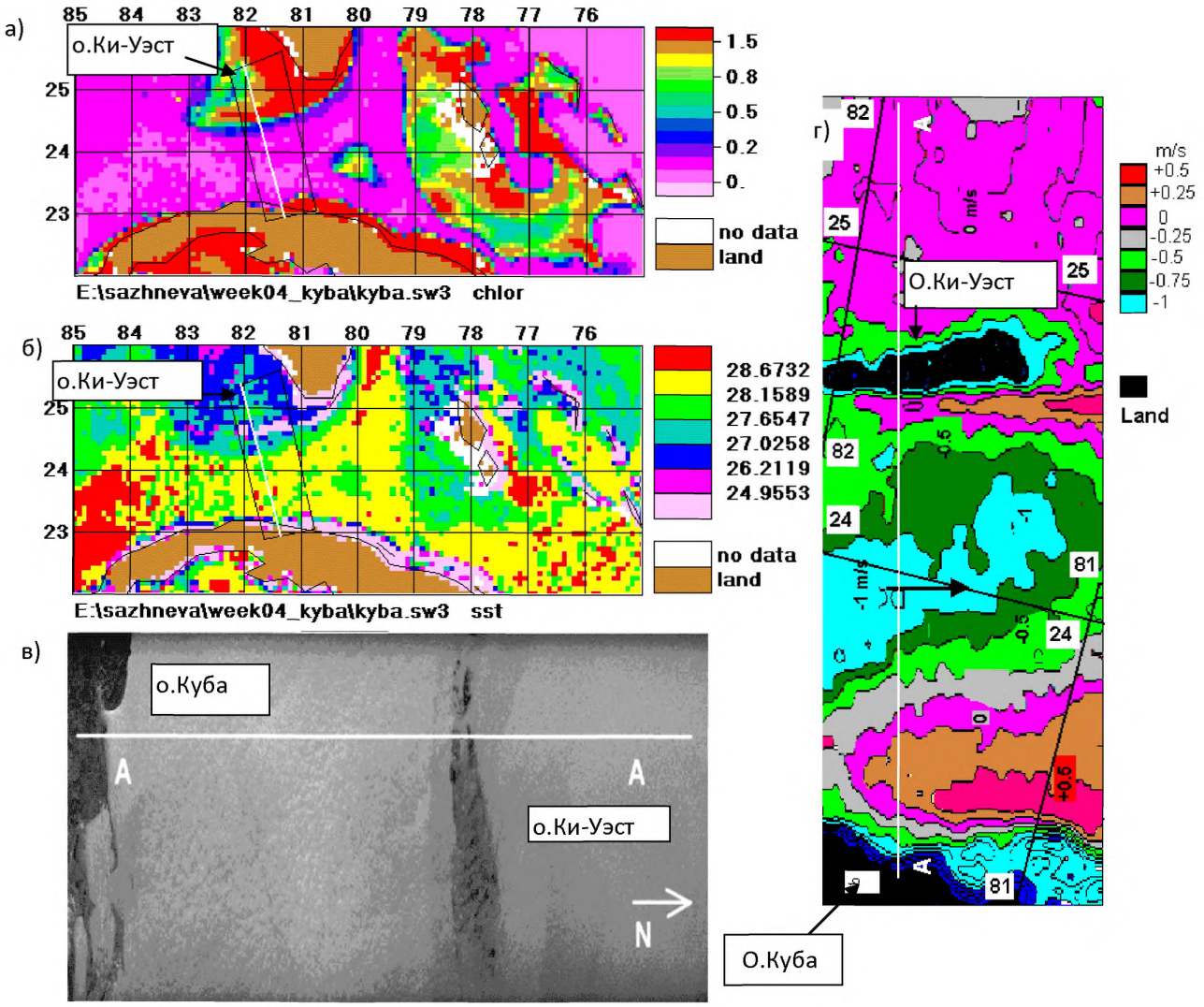


Рис.18.12 Оптические и радиолокационные изображения для района, включающего южную часть Гольфстрима с Флоридским проливом:
а) концентрация хлорофилла;
б) температура поверхности;
в) контраст радиолокационной отражательной способности;
г) радиальная составляющая скорости течения, от –1 до +0,5м/с; генеральное направление с запада на восток соответствует отрицательным значениям скорости.

На этом рисунке представлены изображения полей концентрации хлорофилла в приповерхностном слое (Рис.18.12а), температуры поверхности (Рис.18.12б), радиолокационной отражательной способности (Рис.18.12в) и радиальной составляющей скорости течения (Рис.18.12г) для района, включающего южную часть Гольфстрима с Флоридским проливом.

Не забывая о том, что оптические и РЛ изображения получены в разное время, при их сопоставлении (с учетом «разрезов») можно проследить следующие закономерности. В средней части Флоридского пролива, где высока температура вследствие притока тепла («русло» Гольфстрима), регистрируется низкая концентрация хлорофилла. Скорость течения в этой части пролива, имея сложную структуру, со структурой температурного поля не связана. Это можно объяснить, возможно, тем, что образуемые здесь вихревые структуры недолговечны, в то время как температурный режим формируется длительное время. В то же время, в примыкающей к Кубе части пролива картина совершенно иная: температура понижена и концентрация хлорофилла повышена. Здесь регистрируется довольно сильное течение, по направлению совпадающее с генеральным. В примыкающей к Флориде (о.Ки-Уэст) части пролива примерно такая же картина, но концентрация хлорофилла здесь выше при более высокой температуре. Что же касается течения, то его структура здесь еще сложнее, чем вблизи Кубы, имеется даже область «противотечения».

Глава 19. Система сопряжения судовой и спутниковой информации

19.1 Комплекс аппаратуры для мониторинга состояния океана и атмосферы по данным судовых и спутниковых наблюдений

Состав и структура построения

В этой главе рассматривается аппаратурный комплекс, осуществляющий комплексирование в рамках одной системы разнородной информации о гидрометеорологических параметрах, поступающей от судовых и спутниковых источников. При выполнении комплексных океанологических исследований в судовых условиях необходимо объединить на аппаратно-программном уровне следующий перечень приборов и вспомогательного оборудования, предназначенного для выполнения судовых гидрометеорологических наблюдений.

1. Гидрологический CTD-зонд, позволяющий регистрировать температуру и электрическую проводимость морской воды
2. Измеритель скорости и направления течения типа «Вектор-2»
3. Акустический доплеровский профилограф течения
4. Аппаратура приема и отображения спутниковой метеорологической информации типа «Сюжет-К».
5. Судовая метеорологическая станция на базе процессора MILOS-500.

Рассматриваемая судовая информационно-измерительная система (ИИС) строится на основе информационно-вычислительной сети (ИВС), связывающей между собой автономные рабочие места (АРМ). АРМ представляет собой персональный компьютер, входы которого подключены к источникам измерительной информации (см. Рис. 19.1). Источники измерительной информации:

1. Акустический доплеровский профилограф скорости течения (АДПТ);
2. Система позиционирования (GPS);
3. Система судовой навигации;
4. Измеритель скорости течения (*Вектор-2*);
5. CTD-зонд;
6. Мареограф (*Прилив-2*);
7. Комплекс приема спутниковой информации (*Сюжет-К*)
8. Метеорологическая станция.

Следует отметить, что в составе ИИС измерителей скорости течения (ИСТ) и CTD-зондов может быть несколько.

Перечислим АРМ`ы и источники измерительной информации, к которым они подключены:

Акустический АРМ. Источники измерительной информации: АДПТ и GPS, подключенные в режиме реального времени.

Гидрологический АРМ. Источники измерительной информации: Мареограф *Прилив-2*, подключенный в режиме реального времени; через два дополнительных порта (на схеме выделены серым цветом) могут быть подключены ИСТ *Вектор-2* и CTD-зонд для переноса информации, накопленной приборами во время их автономной работы.

Спутниково-факсимильный АРМ. Источники измерительной информации: комплекс приема спутниковой информации *Сюжет-К*, подключенный в режиме реального времени.

Метеорологический АРМ. Источники измерительной информации: метеостанция и GPS, подключенные в режиме реального времени.

Измерительно-вычислительная сеть

Физическим центром ИВС является коммутатор, к которому через сетевые карты и кабели подключаются все персональные компьютеры ИВС. Коммутатор имеет 8 входов, четыре из которых – резервные. Таким образом АРМы связываются между собой (см. Рис. 19.1 и 19.2).

Каждый компьютер должен имеет необходимое число входов (портов) для подключения к ним источников измерительной информации (на Рис. 19.2 они обозначены отдельными сегментами прямоугольника). Серым цветом выделены порты, к которым подключаются автономные приборы

только для передачи данных, остальное время порты остаются не занятыми. Для передачи данных от ИСТ и CTD-зондов в компьютере гидрологического АРМа выделено два порта. В общем случае к свободным портам через интерфейс RS-232 могут быть подключены и другие измерительные устройства, в том числе и для работы в режиме реального времени. Все остальные источники измерительной информации передают данные в режиме реального времени через интерфейс RS-232.

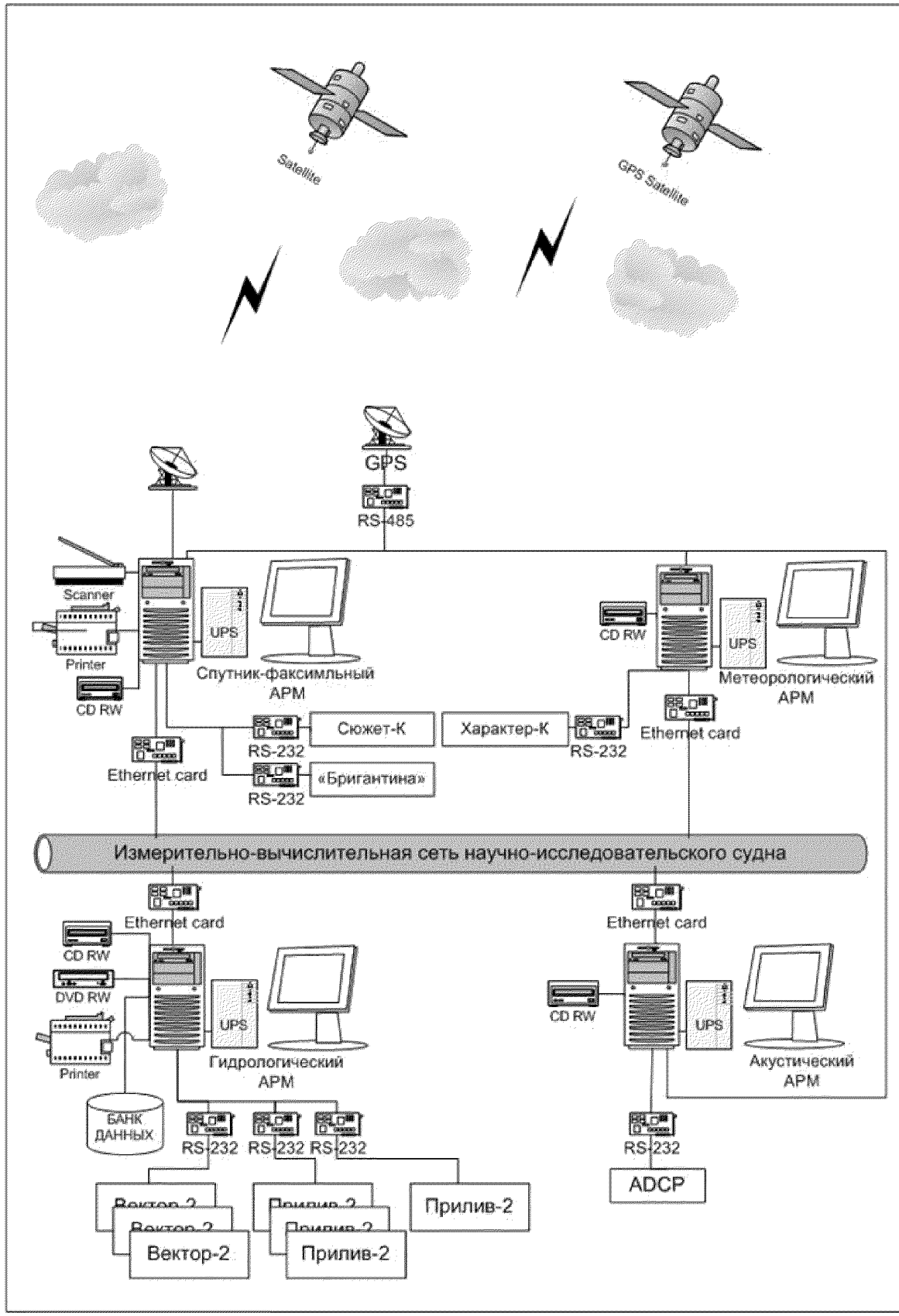


Рис.19.1 Состав ИВС научно-исследовательского судна

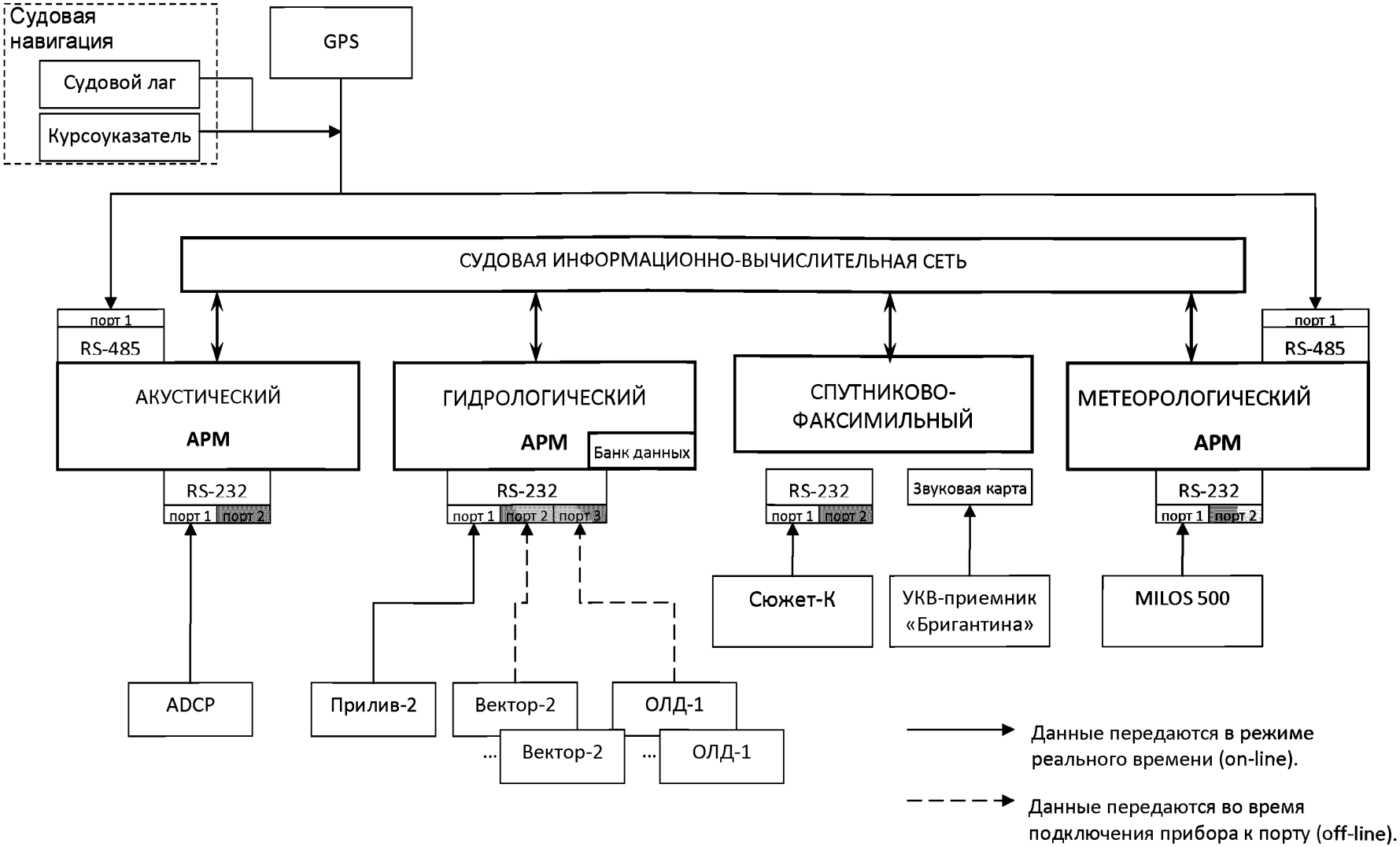


Рис. 19.2 Структура ИВС научно-исследовательского судна.

Таблица 19.1

Источники измерительной информации и форматы данных

Прибор	Протокол	Формат данных	Дискретность
ADCP RD Instruments	RS-232 (On-line)	Данные сохраняются в собственном формате, но могут конвертироваться в следующие форматы данных: *.bmp (графический), *.png (собственный формат данных ADCP), *.txt (текстовый), *.mat (формат файлов пакета MatLab).	5 с
GPS Furuno	RS-485 (On-line)		3 с
Вектор-2 НПП МАРС	RS-232 (Off-line)	Сохраняются в табличном виде редактора MS Excel	5 с
Прилив-2 НПП МАРС	RS-232 (On-line)	Данные записываются в файл в кодах ASCII, поля данных разделяются символом горизонтальной табуляции.	1 с
ОЛД-1 НПП МАРС	RS-232 (Off-line)	Данные записываются во внутренний модуль памяти, а затем переносятся в память компьютера.	1 час (дискретность записи во внутреннюю память)
Сюжет-К	RS-232 (On-line)		
MILOS 500	RS-232 (On-line)	Данные записываются в файл в кодах ASCII, поля данных разделяются символом горизонтальной табуляции.	

Примечание: каждый прибор записывает данные в файлы, расположенные в отдельных директориях (у каждого прибора она своя). Имя файла yymmdd.txt уникально в пределах папки отведенной для хранения данных с того или иного датчика. Файл содержит данные за сутки наблюдений.

19.2 Конфигурации компьютеров

Для выработки требований к конфигурациям компьютеров, на базе которых создаются АРМы, необходимо также отметить функции и задачи, которые должен решать каждый конкретный АРМ.

Таблица 19.2

Функции компьютеров, входящих в состав АРМов и устройства сопряжения, подключенные к ним

АРМ	Функции	Устройства сопряжения
Акустический	Получение информации от устройств сопряжения;	ADCP, GPS, судовая навигация
Гидрологический	Получение информации от устройств сопряжения; Накопление информации в банк данных; Запись информации на долговременные	*Вектор-2*, *Прилив-2*, *ОЛД-1*

	носители данных.	
Спутниково-факсимильный	Получение информации от устройств сопряжения; Просмотр снимков со спутника.	*Сюжет-К*, *Бригантина*
Метеорологический	Получение информации от устройств сопряжения;	*Характер-К*, GPS, судовая навигация

Таблица 19.3

Конфигурации компьютеров, входящих в состав АРМ

АРМ	Конфигурация компьютера	Периферийные устройства	Монитор
Акустический	Частота ЦП 600 MHz, ОЗУ 256 Mb, HDD 20.5 Gb	CD-RW Drive, UPS	LCD 15’
Гидрологический	Частота ЦП 2,5 GHz, ОЗУ 1 Gb, HDD 120 Gb	CD-RW Drive, DVD-RW Drive, Printer, UPS	LCD 17’
Спутниково-факсимильный	Частота ЦП 600 MHz, ОЗУ 256 Mb, HDD 20.5 Gb	Printer, CD-RW Drive, Sound Card, UPS	Электронно-лучевой 19’
Метеорологиче-ский	Частота ЦП 600 MHz, ОЗУ 256 Mb, HDD 20.5 Gb	CD-RW Drive, UPS	LCD 15’

19.3 Программные средства

Для обеспечения обмена информацией внутри ИВС научно-исследовательского судна необходим комплекс программных средств. Построение программного комплекса должно быть основано на программах, поставляемых вместе с измерительной аппаратурой, а также дополнительных программных средствах, осуществляющих специальные функции.

Программный комплекс в целом должен осуществлять следующие функции:

1. Сбор информации от источников измерительной информации (измерительной аппаратуры);
2. Предварительную обработку измерительной информации;
3. Передачу измерительной информации пользователям в обработанном и не обработанном виде;
4. Графическое отображение обработанной и необработанной измерительной информации;
5. Хранение измерительной информации в обработанном и необработанном виде.

Функцию сбора измерительной информации от источников измерительной информации могут выполнять программы, поставляемые вместе с измерительной аппаратурой. Как правило, эти программы уже имеют в своем составе формализованные алгоритмы обработки измерительных данных. В тех случаях, когда встроенный алгоритм программной обработки измерительных данных подходит, данные результатов измерений должны быть переданы пользователю в необработанном виде для обработки специальными программными средствами.

Для осуществления передачи данных пользователям и в банк данных, необходимо использование специальных программных средств, приводящих все данные в единый формат, в котором они будут храниться в банке данных. Специальная программа должна собирать результаты измерений со всех АРМов и передавать их в банк данных (или пользователю). Информация, хранящаяся в банке данных, может быть заархивирована и записана на другие носители информации: компакт диски, оптические диски, переносные жесткие диски. Дискретность опроса АРМов программным средством должна строго соотноситься с дискретностью измерения гидрофизических характеристик (см. Таблица 19.4).

Таблица 19.4

Дискретность измерения гидрофизических характеристик

Наименование характеристики	Дискретность измерений
Вертикальный профиль температуры морской воды	1 час
Вертикальный профиль солености морской воды	1час
Вертикальный профиль давления морской воды;	1 час
Скорость течения морской воды на различных горизонтах, см/с;	5 с
Направление течения морской воды на различных горизонтах,°	5 с
Высота поверхностного волнения, м;	1 с
Период поверхностного волнения, с;	1 с

В случае, если дискретность опроса будет превышать дискретность измерений, программ будет многократно считывать одни и те же данные, бесполезно нагружая ИВС. Если дискретность опроса будет существенно меньше дискретности измерения, то данные не будут поступать в оперативном режиме, а в случае сбоя работы прибора или компьютера, могут быть безвозвратно утеряны.

Для графического отображения обработанной и необработанной измерительной информации могут быть использованы как базовые программные продукты, поставляемые с измерительной аппаратурой, так и специальные программные средства. Для этого данные конвертируются в соответствующий формат и загружаются в специальное программное средство (см. Таблица 19.1).

При передаче данных от автономных измерительных средств должны использоваться их собственные программные средства. В случае необходимости могут быть использованы специальные программы для преобразования данных в формат банка данных.

19.4 Аппаратура получения метеорологической спутниковой информации в судовых условиях

Для приема спутниковой метеорологической информации в судовых условиях используется «Сюжет-К». Эта аппаратура приема и обработки метеорологической информации предназначена для освещения дальней зоны гидрометеорологической обстановки. «Сюжет-К» производит прием гидрометеорологической информации, поступающей от метеорологических космических аппаратов типа «Метеор-2,3», «NOAA» в международном формате APT и прием факсимильных карт фактической погоды и прогностических карт от радиометеорологических центров в формате FAX и RTTY. В данном случае информация, поступающая от метеорологических ИСЗ (МИСЗ), является основной при анализе гидрометеорологической обстановки, составлении прогноза погоды и выработки рекомендаций по учету возможных аномальных природных явлений, способных оказать негативное влияние на безопасность эксплуатации подвижных подводных объектов. В этой связи, одним из важнейших источников освещения гидрометеорологической обстановки в дальней зоне обеспечения, является автономный пункт приема информации (АППИ), предназначенный для получения, обработки, анализа, документирования снимков подстилающей поверхности (ледовые характеристики, ТПО, зоны опасных метеорологических явлений и т.д.), а также барических образований и связанных с ними облачных систем и вихрей.

Для комплексирования судовой и спутниковой метеорологической информации возможно объединение метеостанции «Характер-К» и комплекса «Сюжет-К». В этом случае в состав аппаратуры «ГМО-С» войдут следующие устройства, указанные в Таблице 19.5.

Таблица 19.5

Состав комплекса аппаратуры «ГМО-С»

Наименование	Кол. шт.	Примечание
1. Аппаратура приема спутниковой, факсимильной и телеграфной метеорологической информации "Сюжет-К", в ней:	1	*
1.1 Устройство антенное МВ	1	*
1.2 Блок приема и обработки Б-2361М	1	*
1.3 Стойка регистраторов СР-2, в ней:	1	*
1.3.1 Принтер формата А3 1.3.2 Принтер формата А4	1 1	
1.4 Устройство приема и отображения информации, в нем:	1	*
1.4.1 Прибор управления и индикации ПУИ-1 1.4.2 Блок бесперебойного питания ББП-1 1.4.3 Клавиатура 1.4.4 Манипулятор «трекбол» 1.4.5 Коробка распределительная КР-1	1 2 1 1 2	* * * * *
1.5 Коробка распределительная КР-2	2	*
1.6 Заглушка	2	*
1.7 Блок сопряжения с корабельными системами БСКС-1	1	*
1.8 Устройство сопряжения АММ 212	1	Покупное
2. Аппаратура контроля гидрометеорологических параметров (АКГМП), в ней:	1	
2.1 Блок процессорный MILOS-500 2.3 Табло выносное ТВ-1 2.4 Датчик скорости и направления ветра анемометрический комбинированный ДСНВ-2 2.5 Датчик атмосферного давления ДАД-1 2.7 Датчик температуры и относитель-ной влажности воздуха ДТВВ-1 2.8 Датчик метеорологической (оптической) дальности видимости ДМДВ-1 2.9 Датчик высоты нижней границы облаков ДВГО-1	1 4 3 1 2 1 1	** ** ** ** ** ** **

19.5 Методы проверки функционирования измерительных каналов аппаратуры ГМО-С

Проверку функционирования измерительного канала скорости кажущегося ветра выполняют при значении истинного ветра не менее 3 м/с в следующей последовательности:

а) на ходу судна по показаниям измерительного канала направления кажущегося ветра в режиме осреднения 2 мин, выведенным на индикаторное табло ТВ-1, устанавливают направление движения судна «на ветер» и набирают ход (12±2) узлов. Выбранные курс и скорость хода судна должны сохраняться постоянными в пределах погрешностей гирокомпаса и лага в течение (5 ± 1) мин;

б) после выбора курса и набора хода в командной строке программы «Гидрометеопост» выбирают окно «Режим», в нем – строку «Контроль», в ней – строку «Контроль 1» и активируют ее. Через 2-5 с после появления на экране монитора сообщения «Контроль разрешен» нажимают мнемоническую клавишу «Начало контроля», после чего в течение 2 мин осуществляется автоматическая проверка функционирования измерительных каналов параметров ветра, температуры и относительной влажности воздуха. В ходе проверки происходит сравнение показаний измерительных каналов однотипных датчиков правого и левого бортов. Допустимая разность показаний Δ между датчиками скорости кажущегося ветра левого и правого бортов рассчитывается автоматически с учетом погрешности измерений соответствующих параметров по следующим соотношениям:

- по скорости кажущегося ветра $\Delta_{ск}$

$\Delta_{ск} \leq 1,5 + 0,075 (W_{лб} + W_{пб})$, м/с , где $W_{лб}$ и $W_{пб}$ – показания измерительных каналов скорости кажущегося ветра левого и правого бортов соответственно, м/с.

Допустимая разность показаний Δ между остальными однотипными датчиками левого и правого бортов составляет:

- по направлению кажущегося ветра $\Delta_{нк} \leq 18°$;
- по температуре воздуха $\Delta_{тв} \leq 1,5°$;
- по относительной влажности воздуха $\Delta_{ов} \leq 24\%$.

в) если в ходе проверки вместо сообщения «Контроль разрешен» появляется сообщение «Контроль повторить», это означает, что направление истинного ветра за время проведения проверки изменилось более, чем на 15°.

Результаты проверки выводятся на экран монитора в виде таблицы «Проверка функционирования измерительных каналов. Контроль 1». При положительных результатах проверки в графе «Результаты проверки» вышеупомянутой таблицы появляются сообщения «Канал исправен».

При исправности всех контролируемых измерительных каналов в нижней части экрана монитора через 3 мин после начала контроля появляется сообщение «Контроль завершен. Результат положительный» зеленого цвета. При отрицательном результате проверки появляется сообщение «Контроль завершен. Результат отрицательный», окрашенное в красный цвет.

Контролируемые измерительные каналы считаются прошедшими проверку, если в результате проверки на экране монитора появилось сообщение «Контроль завершен. Результат положительный» зеленого цвета.

После завершения проверки сообщение распечатывают на принтере для включения в отчетные материалы.

Проверка функционирования измерительного канала метеорологической (оптической) дальности видимости проводится следующим образом:

- на датчик измерительного канала метеорологической (оптической) дальности видимости в соответствии с руководством по эксплуатации устанавливают калибровочное стекло;
- в командной строке программы «Гидрометеопост» выбирают окно «Режим», в нем – строку «Контроль», в ней – строку «Контроль 2» и активируют ее. Через 2-5 с после появления на экране монитора сообщения «Контроль разрешен» нажимают мнемоническую клавишу «Начало контроля», после чего в течение 2 мин осуществляется автоматическая проверка функционирования измерительного канала метеорологической (оптической) дальности видимости. В ходе проверки происходит сравнение показаний измерительного канала с контрольным значением, соответствующим параметрам калибровочного стекла.

Результаты проверки выводятся на экран монитора в виде таблицы «Проверка функционирования измерительных каналов. Контроль 2».

При положительных результатах проверки в графе «Результаты проверки» вышеупомянутой таблицы появляется сообщение «Канал исправен». При исправности измерительного канала в нижней части экрана монитора появляется сообщение «Контроль завершен. Результат положительный» зеленого цвета.

При отрицательном результате проверки появляется сообщение «Контроль завершен. Результат отрицательный», окрашенное в красный цвет.

Измерительный канал метеорологической (оптической) дальности видимости считается прошедшим проверку, если в результате проверки на экране монитора появилось сообщение «Контроль завершен. Результат положительный» зеленого цвета.

После завершения проверки сообщение распечатывают на принтере для включения в отчетные материалы.

Проверку функционирования канала приема навигационной информации выполняют при значении истинного ветра не менее 3 м/с в следующей последовательности:

а) на ходу судна по показаниям измерительного канала направления кажущегося ветра в режиме осреднения 2 мин, выведенным на индикаторное табло ТВ-1, устанавливают направление движения «на ветер» и набирают ход (12±2) узлов. Выбранные курс и скорость хода судна должны сохраняться постоянными в пределах погрешностей гирокомпаса и лага в течение (5 ± 1) мин;

б) после выбора курса и набора хода в командной строке программы «Гидрометеопост» выбирают окно «Режим», в нем – строку «Контроль», в ней – строку «Контроль 3» и активируют ее. Через 2-5с после появления на экране монитора сообщения «Контроль разрешен» нажимают мнемоническую клавишу «Начало контроля», после чего в течение 2мин. осуществляется автоматическая проверка функционирования канала приема навигационной информации и расчет значений скорости и направления истинного ветра. В ходе проверки происходит сравнение разности значений скорости кажущегося и истинного ветра с показаниями лага, а также значений направления истинного ветра с показаниями СИНС судна. Допустимая разность $\Delta_{си}$ между показаниями измерительного канала скорости кажущегося ветра, истинного ветра и лага, осредненными за 2 мин., рассчитывается автоматически с учетом погрешности измерений соответствующих параметров по следующему выражению:

$$\Delta_{си} \leq 0{,}15 + (0{,}5 + 0{,}07U) + |\Delta_{хк.макс}|, \text{ м/с},$$

где U – показания измерительного канала скорости истинного ветра, м/с;

$\Delta_{хк.макс}$ - максимальное отклонение хода судна, определяемое по показаниям лага, от среднего значения за время проведения проверки, м/с.

Допустимая разность $\Delta_{ни}$ между показаниями измерительного канала направления истинного ветра и показаниями гирокомпаса, осредненными за 2 мин, определяется по следующему выражению:

$\Delta_{ни} \leq (14 + \Delta_{кк.макс})$ град,

где $\Delta_{кк.макс}$ - максимальное отклонение курса судна, определяемое по показаниям гирокомпаса, от среднего значения за время проведения проверки, град.

в) если в ходе проверки вместо сообщения «Контроль разрешен» появляется сообщение «Контроль повторить», это означает, что направление истинного ветра за время проведения проверки изменилось более, чем на 15°. В этом случае операции необходимо повторить.

Результаты сравнений выводятся на экран монитора в виде таблицы «Проверка функционирования измерительных каналов. Контроль 3». При исправном функционировании канала приема навигационной информации в нижней части экрана монитора появляется сообщение «Контроль завершен. Результат положительный» зеленого цвета. При отрицательном результате проверки появляется сообщение «Контроль завершен. Результат отрицательный», окрашенное в красный цвет.

Канал приема навигационной информации считается исправным, если в результате проверки на экране монитора появилось сообщение «Контроль завершен. Результат положительный» зеленого цвета.

После завершения проверки сообщение распечатывают на принтере для включения в отчетные материалы.

Проверку комплекса ГМО «Сюжет-КМ» на возможность приёма и обработки разнородной ГМИ проводят следующим образом.

Включают блоки и устройства комплекса ГМО «Сюжет-КМ» в порядке, указанном в руководстве по эксплуатации ТЭ1.130.271-02.02РЭ.

В соответствии с "Руководством по эксплуатации" включают режим приёма сигналов АРТ от среднеорбитальных спутников в соответствии с рассчитываемым аппаратурой «Сюжет-КМ» расписанием;

а) в расчётное время сеанса связи по приёму информации от метеорологического искусственного спутника Земли (МИСЗ) в формате АРТ наблюдают на экране монитора построчное заполнение информационного окна изображением, передаваемым с МИСЗ;

б) после приёма изображение подвергают коррекции по яркости и контрастности, проводят его географическую привязку и распечатку на принтере формата А4 для включения в отчетные материалы.

Аппаратура комплекса ГМО «Сюжет-КМ» считается прошедшей проверку, если после приема, обработки и распечатки полученное изображение пригодно для анализа. При этом во время приема информации допускается наличие искажений, не нарушающих устойчивость наблюдаемого изображения.

Проверку приёма комплексом факсимильной информации в формате FAX проводят следующим образом.

Включают изделие и в соответствии с "Руководством по эксплуатации" задают режим приёма факсимильной информации. На вход изделия подают низкочастотный сигнал от судового РПУ «Бригантина», настроенного на приём факсимильной информации.

Наблюдают на экране монитора построчное заполнение информационного окна кадром карты погоды или сообщением, при этом допускается наличие шумов, связанных с условиями радиоприёма, но не мешающими чтению информационных знаков и кодов карты.

После приёма факсимильной информации она анализируется и распечатывается на принтере формата А3 для включения в отчетные материалы.

Аппаратура комплекса ГМО «Сюжет-КМ» считается прошедшей проверку, если после приёма осуществляется распечатка изображения в виде, пригодном для анализа.

Проверку приема телеграфной информации в формате RTTY следующим образом.

В соответствии с "Руководством по эксплуатации" задают комплексу режим приёма телеграфной информации. На вход изделия подают низкочастотный сигнал от судового РПУ «Бригантина», настроенного на приём телеграфной информации. При этом наблюдают на экране монитора построчное заполнение информационного окна кадром цифро-буквенной (телеграфной) информации.

Распечатывают на принтере формата А4 принятую телеграфную информацию для включения в отчетные материалы.

Аппаратура комплекса ГМО «Сюжет-КМ» считается прошедшей проверку, если после приема осуществляется распечатка текста телеграммы в виде, пригодном для прочтения.

Включение комплекса

Включают блоки и устройства комплекса ГМО «Сюжет-КМ» в порядке, указанном в разделе «Включение аппаратуры» Руководства по эксплуатации ТЭ1.130.271-02РЭ, кроме блока процессорного БПР-1 и индикаторных табло ТВ-1. После появления на экране монитора прибора управления и индикации ПУИ-1 комплекса изображения «рабочего стола» программы «WINDOWS_XP» находят на нём ярлык программы «Гидрометеопост» и запускают её.

Через 10-15с убеждаются в том, что на экране монитора прибора управления и индикации ПУИ-1 появляется форма программы «Гидрометеопост», в нижнем правом углу информационного окна которой подсвечивается индикатор "Состояние станции" серого цвета, а в центральной части экрана монитора появляются два набора концентрических табло. Через 10-15с убеждаются в том, что на экране монитора прибора управления и индикации ПУИ-1 появляется форма программы «Гидрометеопост», в нижнем правом углу информационного окна которой подсвечивается индикатор "Состояние станции" серого цвета, а в центральной части экрана монитора появляются два набора концентрических табло. При этом в окошках

формы, предназначенной для индикации метеорологических параметров и навигационной информации, индицируется надпись «Н.Д.», означающая отсутствие данных.

Затем устанавливают тумблер "Сеть" на процессорном блоке БПР-1 в положение «Включено» и убеждаются в том, что индикатор включения сети на лицевой панели блока процессорного БПР-1 засветился.

Через 15 мин. убеждаются в том, что в окошках формы, предназначенных для индицирования метеорологической и навигационной информации, появились цифровые данные о текущих значениях метеорологических параметров, а также о координатах, курсе и скорости корабля, дате и времени.Концентрические табло должны заполняться графическими данными о скорости и направлении ветра. При этом индикатор "Состояние станции" изменяет цвет свечения на зеленый.

Устанавливают тумблер "Сеть" на выносных табло ТВ-1 в верхнее положение и убеждаются в том, что индикатор сети на лицевой панели выносных табло ТВ-1 засветится. При этом после включения индикаторных табло ТВ-1 через 1 мин на них также должны индицироваться текущие значения метеорологических параметров.

Включают блоки и устройства комплекса ГМО «Сюжет-КМ» в порядке, указанном в руководстве по эксплуатации ТЭ1.130.271-02.02 РЭ.

После появления на экране монитора прибора управления и индикации ПУИ-1 изображения «рабочего стола» программы «WINDOWS_XP»:

а) находят на нем ярлык программы «SPUTNIK», запускают ее и убеждаются в том, что на экране монитора появляется меню программы приема спутниковой гидрометеорологической информации, после чего возвращаются на «рабочий стол»;

б) находят на рабочем столе ярлык программы «Fax-Map», запускают ее и убеждаются в том, что на экране монитора появляется меню программы приема факсимильных сообщений, после чего возвращаются на «рабочий стол»;

в) находят на рабочем столе ярлык программы «TLG», запускают ее и убеждаются в том, что на экране монитора появляется меню программы приёма телеграфной гидрометеорологической информации, после чего возвращаются на «рабочий стол».

Аппаратура комплекса ГМО «Сюжет-КМ» включена и функционирует, если при вышеперечисленных действиях оператора на экран монитора последовательно выводятся меню «SPUTNIK», «Fax-Map», «TLG», в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации ТЭ1.130.271-02 РЭ.

19.6 Компоновка блока совместной обработки данных спутниковых и судовых наблюдений

Мониторинг состояния океана и атмосферы на основе сочетания спутниковых и судовых наблюдений подразумевает совместную обработку спутниковых и судовых данных, для чего необходима система передачи данных, и в первую очередь, спутниковых данных на судно. Обеспечение научно-исследовательских экспедиционных работ спутниковой информацией в реальном времени позволяет оперативно планировать судовые исследования, выбирая точки выполнения станций и отбора проб исходя из океанологических и гидрометеорологических условий на момент проведения исследований. Первый опыт в этом направлении был получен в октябре-ноябре 2003 г. в трансатлантическом рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов», в котором для передачи на судно спутниковых данных использовался терминал спутниковой связи TT-3080A Capsat Messanger системы Инмарсат стандарта M4 GAN (Global Area Network).

Характеристики спутникового терминала TT-3080A

Общий вид терминала TT-3080A (с антенной в собранном виде) показан на Рис.19.3. Терминал обеспечивал работу в трех режимах: Мини-М (голос 4,8 Кбит/с, данные и факс – 2,4 Кбит/с), высокоскоростной передачи (64 Кбит/с) с доступом в сети ISDN (Integrated Signal

Digital Network) и пакетной передачи данных – MPDS (Mobile Packet Data Service) со скоростью 64 Кбит/с. Основные технические характеристики терминала приведены в Таблице 17.6 (составлена на основе данных ООО «Альфа-Телеком» - http://www.alphatelecom.ru/index.htm).

Спутниковый терминал TT-3080A полностью соответствует требованиям системы Инмарсат для терминалов с использованием технологии зональных лучей. На орбите одновременно находятся 4 спутника Inmarsat-3F: два над Атлантическим океаном, один – над Индийским и один – над Тихим (Рис.19.5). Спутники запущены на геостационарные орбиты и расположены над экватором на высоте около 30 000 км на 54°з.д., 15,5°з.д., 64°в.д. и 178°в.д., соответственно. Благодаря этому система спутников Инмарсат позволяет покрывать 98% поверхности Земли и Мирового океана от 78°с.ш. до 78°ю.ш.

Достоинство системы – возможность получать широкий спектр телекоммуникационных услуг практически в любой точке районов Земли. Пользователь терминалов стандарта М4 становится удаленным пользователем наземных сетей и ему не требуется создавать кабельные средства доступа до абонентов телекоммуникационных сетей на суше. Терминал имеет интерфейс, позволяющий подсоединять его к телефону, факсу, принтеру к настольному или переносному компьютеру (ПК).



Рис.19.3 Общий вид терминала TT-3080A (с антенной в собранном виде)



Рис.19.4 Общий вид терминала Fleet77 (приемопередатчик, антенна и телефонная трубка)

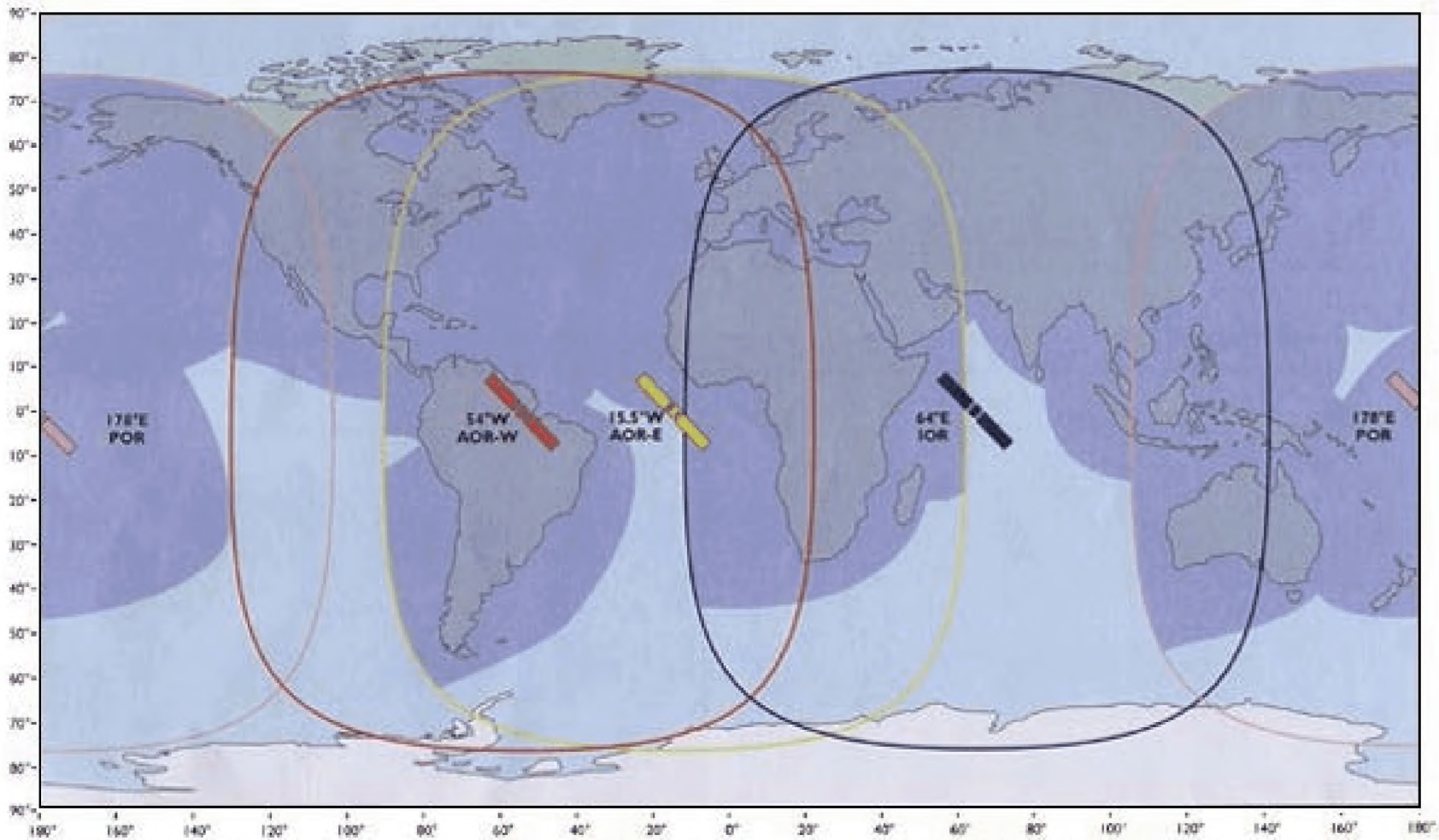


Рис.19.5 Схема покрытия поверхности Земли спутниками Инмарсат. Четыре спутника (AOR-West и AOR-East над Атлантическим океаном, IOR – над Индийским и POR – над Тихим) обеспечивают покрытие 98% поверхности Земли.

Таблица 19.6

Технические характеристики спутникового терминала Thrane&Thrane-3080A

Характеристика	Значение
Используемые спутники связи/стандарт связи	Инмарсат 3F/M4 (GAN)
Зона покрытия	98 % земной поверхности (от 78° с.ш. до 78° ю.ш.)
Антенна	Направленная антенная решетка с ручной настройкой на спутник
Диапазон частот при передаче, МГц	1626,5-1660,5
Диапазон частот при приеме, МГц	1525,0-1559,0
Частотная сетка канала, КГц	1,25
Скорость передачи, Кбит/с	голос 4,8/64, данные и факс – 2,4/56/64
Характеристики интерфейса: -голосовой -аудио -передача/прием факса -передача/прием данных	 RJ-11, RJ-45 (ISDN) Стандартный аудио вход/выход RJ-11, RJ-45 RJ-45 (ISDN), RS 232 (DB-9), USB
Габариты, мм: в собранном виде в разобранном виде	 антенна: 437x27x41; блок 43x205x200 антенна: 414x753x12; блок 43x205x200
Вес, кг: передатчика (трансивера) антенны	 1,8 3,0
Звуковой/визуальный сигнал настройки	+/+
Питающее напряжение, В	10-32 (аккумуляторы), 90-264 (сеть)
Потребляемая мощность, Вт: -режим ожидания -режим передачи -максимальная	 <0,1 40 60
Тип аккумулятора	Ni-MH
Время работы аккумуляторной батареи: -в режиме ожидания -голосовой обычной высококачественной связи -передачи данных обычной высококачественной	 70 ч 4 ч 2 ч 2 ч / 45 мин
Рабочие параметры среды: -температура, °С -относительная влажность, %	 -25 ÷ +55 до 95

Высокая скорость передачи данных позволяет оперативно работать в Интернете, подключаться к локальной сети и пересылать высококачественные изображения. Несколько решений, запатентованных компанией Thrane&Thrane, были реализованы именно в этом

оборудовании; одно из них – возможность пакетной передачи данных, когда пользователь платит не за время работы, а только за количество переданной информации (услуга MPDS).

Корпус ТТ-3080А сделан из материалов, которые позволяют эксплуатировать его практически при любых погодных условиях. Антенна быстро приводится в рабочее состояние, легко настраивается и может быть удалена на расстояние до 70 м от основного блока. Спутниковый телефон может быть легко подсоединен через разъём RS232 (нуль-модемный кабель) к ПК или ноутбуку и управляется в среде Windows-95/98/2000/ME стандартным программным обеспечением (ПО) модемной связи.

19.7 Особенности приема спутниковой информации в морских условиях

Приведем пример практической работы по приему спутниковой информации в морских условиях.

Спутниковый телефон ТТ-3080А был взят в аренду в российской фирме «Альфа-Телеком» и прошел тестовые испытания в 17 рейсе НИС «Академик Сергей Вавилов» в реальных морских условиях при волнении на море до 7 баллов и ветре до 18 м/с. Терминал и принимающий персональный компьютер (ПК) во время сеанса связи располагались в лаборатории космической океанологии, расположенной на пеленгаторной палубе НИС. Антенна терминала устанавливалась непосредственно на палубе и вручную ориентировалась на спутник с помощью специальных схем и корабельного компаса (встроенный в антенну компас на судне давал большие ошибки; имелась возможность использования вспомогательного звукового сигнала). При ветре от умеренного до сильного антенну необходимо было располагать в зоне ветровой тени (например, за палубными надстройками) для избежания неконтролируемых смещений под воздействием потоков набегающего ветра, что существенно влияло на устойчивость связи. Умеренная качка при волнении 3-5 баллов приводила к колебанию уровня сигнала в диапазоне 6-8 дБ, результатом чего в отдельных случаях был разрыв соединения. Изменения курса судна во время сеанса связи удавалось компенсировать ручным подворотом антенны в нужном направлении. Таким образом, в результате испытаний спутникового терминала установлено, что ветер оказывал значительное влияние на устойчивость положения (фиксации) антенны в пространстве, и, следовательно, на устойчивость связи.

Стандартное ПО модемной связи в среде Windows позволяло вести протокол для каждого сеанса связи от времени подключения и до времени разрыва соединения. В объем информации, переданной или принятой через спутник, входит не только размер пересылаемого файла, но и служебная информация, передаваемая вместе с файлом (которая зависит, в том числе, от качества связи); она также учитывается в трафике. От 10 до 50 Кб уходило на каждое соединение и отсоединение телефона (обмен командами для: установки связи, авторизации телефона, подтверждения ID и пароля пользователя и т.п.). При неустойчивой связи (в зависимости от количества подсоединений и разрывов связи) эти значения могли существенно возрасти. Неустойчивая связь характерна для облачной и дождливой погоды и резких изменениях курса судна.

Связь при правильной ориентации антенны устанавливалась достаточно быстро (в течение 10-30 сек). Иногда соединение или поиск наземных ретрансляционных станций замедлялся, однако при разрыве и повторном соединении связь вскоре устанавливалась. Это происходило из-за того, что каждый раз соединение происходило через новый IP-адрес (так называемый динамический IP-адрес), влияющий на количество промежуточных серверов, через которые модем соединялся с ftp-сервером manta.sio.rssi.ru (в ИО РАН).

Некоторое количество килобайт затрачивалось на авторизацию и обмен командами при работе с ftp и почтовыми серверами. Например, 14 ноября с ftp были скачаны три изображения MODIS общим размером 34 Кб и положен файл с текущими координатами судна; на эту процедуру – подсоединение к ftp, обмен командами, непосредственную перекачку файлов и

отсоединение – ушло около 55 Кб. 17 ноября на перекачку с ftp 7 файлов общим вложенным файлом размером около 330 Кб затрачено 541 Кб размером 199 Кб ушло около 245 Кб, а на прием по электронной почте письма с вложенным файлом размером около 330 Кб затрачено 541 Кб.

Главная задача использования спутникового терминала заключалась в организации получения оперативной спутниковой информации непосредственно на судне в квазиреальном масштабе времени. Для этой цели на ftp-сервере Лаборатории оптики океана ИОРАН выкладывались ежедневные и осредненные карты распределения температуры поверхности океана (ТПО), концентрации хлорофилла и показателя рассеяния взвешенными частицами в поверхностном слое, а также аэрозольной оптической толщины, построенные по данным сканера MODIS на спутниках EOS Terra и Aqua. Данные были получены из Центра данных DAAC в США и соответствующим образом обработаны и подготовлены (в виде изображений в графическом формате) в Лаборатории оптики океана ИОРАН. Подготовленные изображения загружались на судовой компьютер в ежедневные сеансы связи, которые обычно проходили в 16-17 часов по судовому времени. Одновременно в ИОРАН передавались текущие и прогнозные координаты судна, другая полезная оперативная информация в текстовом формате посредством электронной почты.

Всего на судно было передано 166 спутниковых изображений, общий объем переданной информации составил 21.4 Мбт. Примеры спутниковых изображений, принятых по спутниковому каналу связи, приведены на Рис.19.6-19.8. В частности, с их помощью удалось обнаружить линзу амазонских вод на значительном расстоянии от устья р.Амазонка (Рис. 19.6), сложную структуру океанического фронта между Бразильским и Фолклендским течениями (Рис.19.7) и протяженный вынос сахарской пыли над Атлантическим океаном (Рис. 19.8). Благодаря наличию спутниковой информации на борту судна удалось провести детальные измерения и исследования этих явлений.

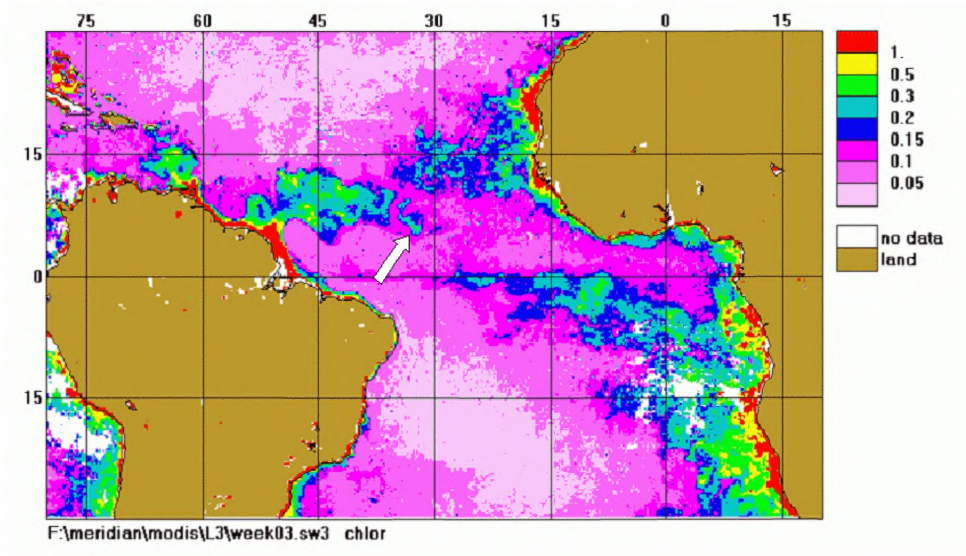


Рис. 19.6 Усредненное распределение концентрации хлорофилла в поверхностном слое океана, мг/м^3, по данным сканера MODIS. Стрелкой указано положение линзы трансформированных амазонских вод. Изображение получено на борту НИС «Академик Сергей Вавилов» с ftp Лаборатории оптики океана ИО РАН с помощью спутникового терминала.

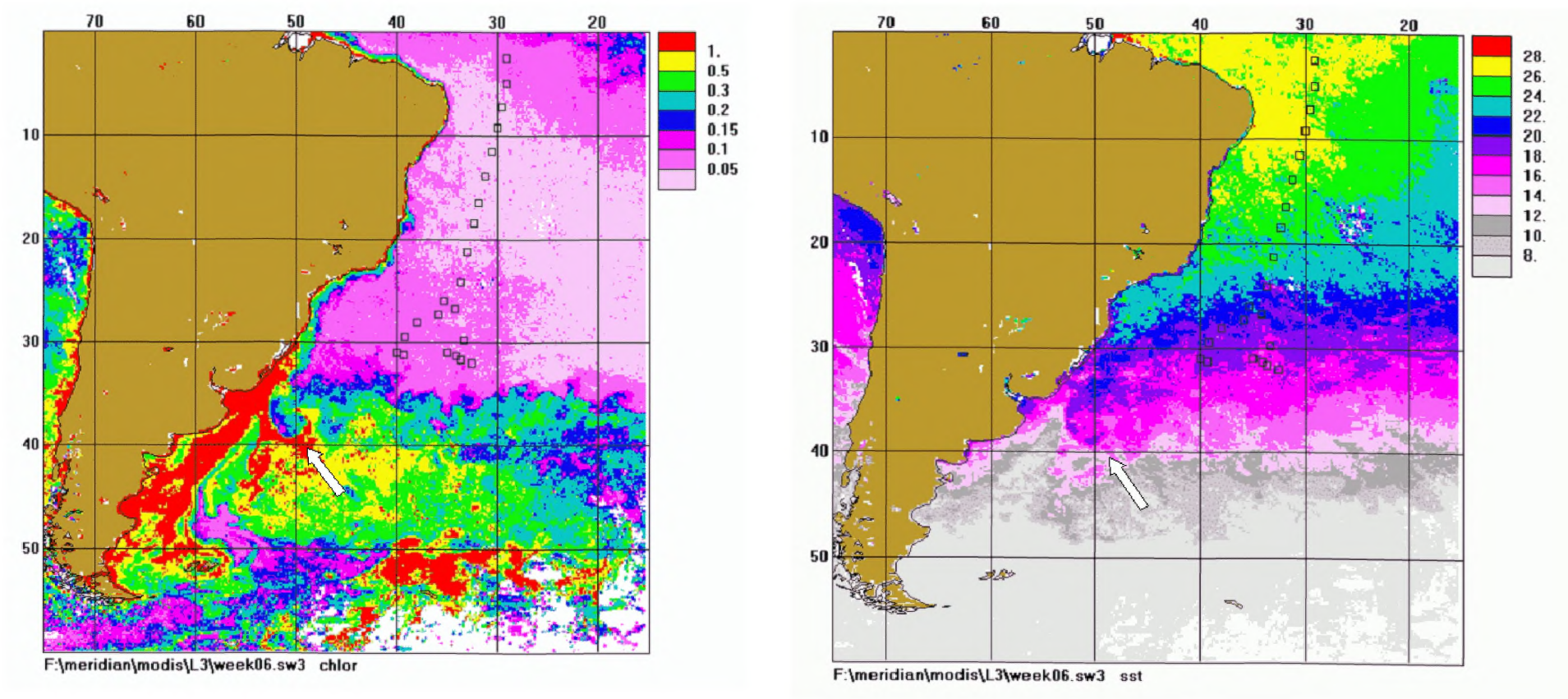
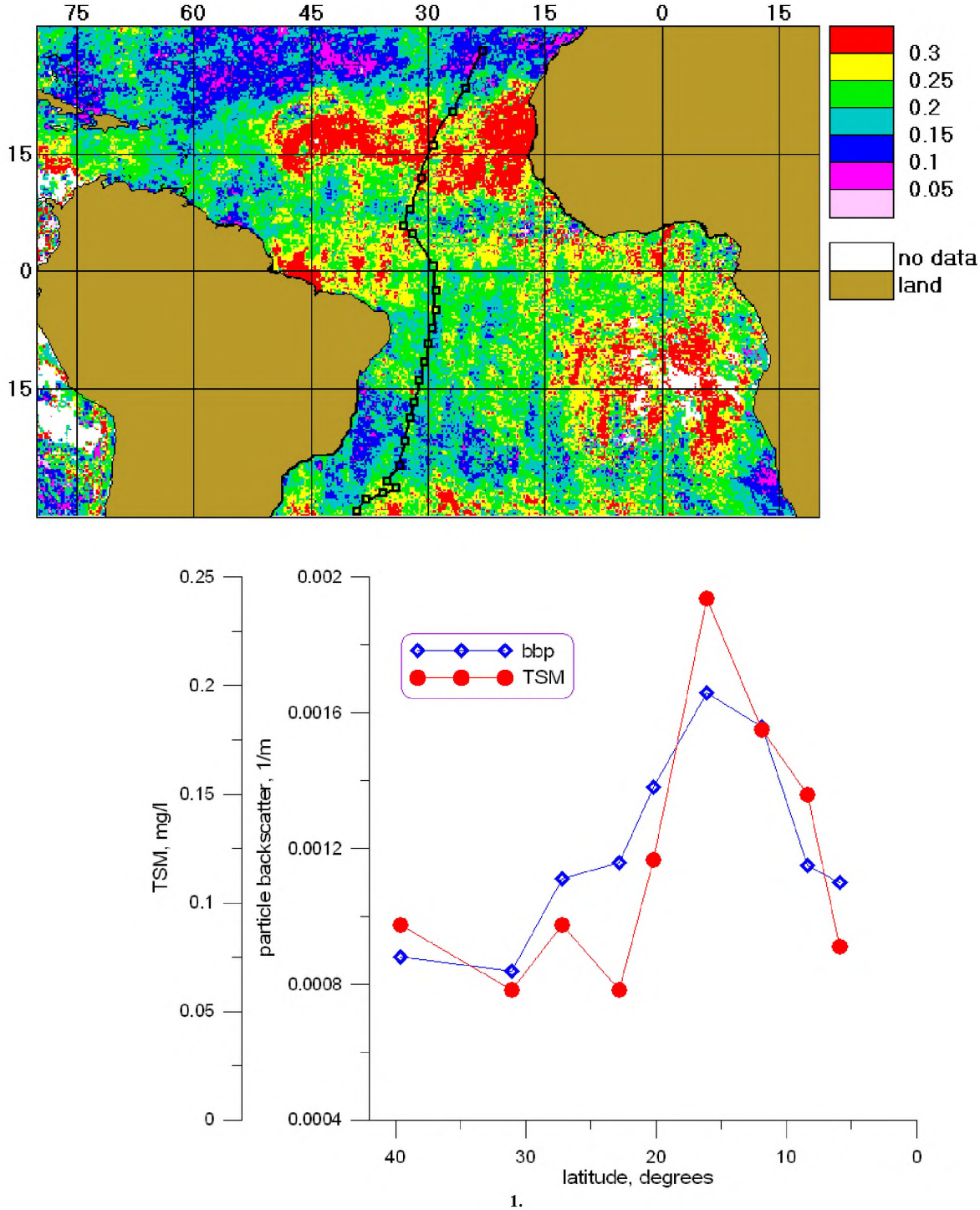


Рис.19.7 Усредненные распределения концентрации хлорофилла (слева) и поверхностной температуры (справа) вблизи побережья Южной Америки по данным спутникового сканера MODIS. Стрелкой указан район проведения исследований во фронтальной зоне между Бразильским и Фолклендским течениями. Изображение получено на борту НИС «Академик Сергей Вавилов» с ftp Лаборатории оптики океана ИО РАН с помощью спутникового терминала.



1.

Рис.19.8 Наверху показано усредненное распределение аэрозольной оптической толщины по данным спутникового сканера MODIS. Внизу изменение концентрации водной взвеси на разрезе через зону выноса сахарской пыли. Черным показан маршрут судна с точками отбора проб.

Спутниковый терминал Fleet 77

В настоящее время стали доступны спутниковые терминалы следующего поколения: Nera F33, Nera F55, Nera F77, TT-3088A Capsat® Fleet33, TT-3086A Capsat® Fleet55 и TT-3084A Capsat® Fleet77. Терминалы Fleet33 предназначены, главным образом, для передачи голоса и данных для малых рыболовных и спортивных судов, а Fleet55 и Fleet77 – для высококачественной передачи данных и голоса на основе режимов MPDS и ISDN для использования на крупных торговых и научно-исследовательских судах. Основное отличие терминалов серии «Fleet33» от терминалов «Fleet55» и «Fleet77» заключается в том, что первые не поддерживают глобальное покрытие в режиме MPDS и высокоскоростной режим передачи данных и голоса (ISDN), а последние («Fleet77») оснащены встроенной Глобальной морской системой связи для обеспечения безопасности на море – ГМССБ.

Спутниковый терминал Fleet 77 показан на Рис.19.4; он состоит из приемопередатчика, антенны и телефонной трубки и адаптирован для работы в морских условиях. Его технические характеристики даны ниже.

Технические характеристики Fleet 77

Скорость передачи данных

в режиме EURO ISDN 64 Кбит/с,

US ISDN 56 Кбит/с;

Диапазон частот

Прием 1525.0 - 1559.0 МГц,

Передача 1626.5 - 1660.5 Мгц;

Питающее напряжение 18 - 32 V;

Потребляемая мощность до 200 Вт;

Интерфейс передачи данных - последовательный EIA совместимый с RS-232E,

Euro ISDN Interface: ISDN NTI S/T bus, ITU-TL430, ISO 8877 - RJ 45;

USB Interface: USB slave interface.

Интерфейс передачи данных - последовательный EIA совместимый с RS-232E,

Euro ISDN Interface: ISDN NTI S/T bus, ITU-TL430, ISO 8877 - RJ 45;

USB Interface: USB slave interface.

Вес приемопередатчика (TT-3038C) 2.6 кг;

Размеры 53.75mm x 377mm x 163.7mm;

Морская стабилизированная антенна

вес - 27 кг

диаметр 840 мм,

высота 880mm;

Условия работы: влажность – до 95% (без конденсации)

температура – от –25°С до +55°С;

бортовая качка - +/-25°,

килевая качка - +/-15°,

рыскание - +/-8°

скорость судна – до 30 узлов.

Как видно, терминал может эксплуатироваться при бортовой качке до ±25°, килевой – до ±15° и рыскании судна до ±8°, при скорости его движения до 30 узлов и изменениях курса до ±12 °/с. Антенна этих терминалов оборудована автоматическим слежением за спутником, имеет удобный интерфейс для подключения и обслуживания и размещена в радиопрозрачном колпаке для защиты от неблагоприятных условий внешней среды; она может быть установлена стационарно на судне. Приемопередатчик обеспечивает постоянную двухстороннюю связь через спутники Инмарсат посредством режима MPDS. Антенна может быть удалена на расстояние от 50 до 70 м от приемопередатчика.

Спутниковый терминал Fleet 77 может быть основой телекоммуникационного центра, позволяющего всегда быть на связи, посредством подключаемых к нему настольных/переносных (DECT) телефонов, ПК, факсимильных аппаратов и принтеров. Соединенный с IP-маршрутизатором терминал может объединить судно с береговыми системами связи, включая электронную почту и интернет.

Заключение

Наиболее эффективная система мониторинга состояния океана и атмосферы основана на эффективном сочетании спутниковых и судовых измерений. Спутниковые измерения дают возможность осуществлять долговременные квазинепрерывные наблюдения, охватывающие весь Мировой океан; судовые измерения необходимы для разработки и верификации алгоритмов обработки спутниковой информации, для привязки спутниковых данных к реперным точкам, где по данным натурных измерений получена наиболее точная и полная информация о комплексе параметров, характеризующее состояние океана и атмосферы.

В число таких параметров входит комплекс гидрометеорологических параметров, контроль за изменениями которых позволяет своевременно обнаруживать и прогнозировать опасные явления и тенденции в различных временных и пространственных масштабах. Выполненный анализ возможностей использования данных спутниковых наблюдений показал, что современные спутниковые инструменты обеспечивают достаточно надежную информацию о концентрации аэрозоля (аэрозольной оптической толщине), облачности, температуре поверхности океана, радиационных потоках в различных спектральных диапазонах, скорости и направлении приводного ветра, топографии океанской поверхности. Полезную дополнительную информацию дают радиолокаторы с синтезированной апертурой, которые, правда, не обеспечивают глобального покрытия океана. Наиболее полная информация о состоянии океана и атмосферы может быть получена путем совместного анализа различных спутниковых данных и данных судовых измерений.

Судовой аппаратурный комплекс должен включать, прежде всего, современную метеорологическую станцию, обеспечивающую непрерывное измерение важнейших гидрометеорологических параметров, запись их в цифровом виде для дальнейшей обработки и анализа совместно с данными спутниковых измерений. Для измерения концентрации аэрозоля, оценки облачности и радиационных потоков в состав аппаратурного комплекса должны быть включены солнечный фотометр и радиометр.

Основой блока совместной обработки данных спутниковых и судовых наблюдений является терминал спутниковой связи, позволяющий объединить судно и береговые центры посредством электронной почты и Интернета. Обеспечение научно-исследовательских экспедиционных работ спутниковой информацией в реальном времени позволяет оперативно планировать судовые исследования, выбирая точки выполнения станций и отбора проб исходя из океанологических и гидрометеорологических условий на момент проведения исследований. В качестве подходящего варианта такого терминала можно рекомендовать спутниковый терминал Fleet 77, специально приспособленный для работы в морских условиях. Он позволяет осуществлять высокоскоростную пакетную передачу данных (со скоростью 64 Кбит/с) и оснащен встроенной Глобальной морской системой связи для обеспечения безопасности на море (ГМССБ).

Глава 20. Автоматизация судовых измерений

20.1 Общие замечания

Развитие современных информационных и компьютерных технологий сделало возможным повысить качество и комплексность океанологических исследований, осуществить модернизацию гидрофизического комплекса научно-исследовательского судна, основной целью которой является наиболее полное использование возможностей конструкции судна и имеющегося на нем научного оборудования с переходом на современные технологические схемы океанологических исследований, позволяющие значительно расширить объем и комплексность исследований в экспедиционном рейсе.

Одним из основных направлений работ является расширение и развитие судовой локальной вычислительной сети с включением в состав единой информационно-измерительной системы современных средств навигационной, измерительной и компьютерной техники. При этом в рамках имеющейся локальной судовой сети необходимо осуществить переход на стандартный интерфейс (RS-485) передачи данных и применение стандартных компьютерных аппаратных средств.

Таким образом, в состав модернизированной локальной вычислительной сети будут включены все работающие измерительные и навигационные приборы, восстановлены требующие ремонта и добавлены новые, что существенно снизит затраты на реализацию системы, в отличии от полной замены оборудования. Это позволяет практически неограниченно расширять сеть как по составу входящих в нее компьютеров, так и по составу датчиков и измерительных средств.

Для обеспечения автоматизации судовых измерений необходимо централизовать сбор данных и управление измерительным экспериментом, в той степени в какой это возможно. Для решения этой задачи необходимо создать локальную вычислительную сеть (ЛВС) на основе уже существующей, либо создание целиком новой ЛВС.

Переход к централизованной системе продиктован рядом причин. В первую очередь это связано с тем, что информация от некоторых измерительных устройств может быть необходима другим измерительным устройствам. Примером может служить система судовой навигации на основе GPS навигатора, потребителями информации от GPS навигатора могут быть CTD-зонды, акустический доплеровский профилограф течения, батометрические секции, различные датчики. В свою очередь потребителем информации, поступающей от CTD-зонда, может быть акустический доплеровский профилограф течения. Таким образом, чем сложнее структура комплекса научно-исследовательского судна, тем больше необходимость интегрировать все находящиеся на борту измерительные средства, которые позволяют это сделать, в единое информационное пространство. Следует также отметить экономический выигрыш от перехода к локальной вычислительной сети. Интеграция всех судовых компьютеров в единую сеть позволяет устанавливать специализированные сетевые программные продукты на едином сервере, от которого все остальные пользователи могут получать к ним доступ. К такого рода программам можно отнести программные пакеты, содержащие большие информационные базы и требующие больших объемов памяти (библиотеки результатов измерений, базы знаний, библиотеки морских карт и т.п.). В этом случае отпадает необходимость предварительного планирования вычислительной мощности конкретного компьютера и объема его памяти. Локальная вычислительная сеть обладает некоторой общей характеристикой (объем памяти всей сети, вычислительная мощность), на основе которой вырабатываются приоритеты доступа к вычислительной мощности сервера (сети) и доступ к памяти. Такая структура позволяет перестраивать локальную вычислительную сеть под конкретную задачу без серьезных аппаратных изменений отдельных элементов ее структуры.

Для интеграции в локальную вычислительную сеть измерительных средств, находящихся на борту научно-исследовательского судна, необходимо чтобы все интегрируемые измерительные средства обладали необходимыми устройствами сопряжения (интерфейсные карты, контроллеры, адаптеры и т.п.). Также необходима установка программных продуктов, обеспечивающих сбор данных от измерительных средств и их предварительную запись на жесткий диск компьютера с

тем, чтобы в дальнейшем передать их в систему более высокого уровня, например в *геоинформационную систему* (ГИС).

Централизация управления ресурсами локальной вычислительной сети также упрощает процедуру администрирования сети. Имея возможность доступа к любому терминалу с сервера, системный администратор сможет контролировать функционирование сети в целом и каждого компьютера в отдельности. Это помогает заранее предупреждать сбои в работе сети, а в случае сбоя быстро восстанавливать работоспособность сети.

Следует также отметить, что для грамотного использования ресурсов сети необходима дополнительная подготовка всех пользователей, выражающаяся в формировании определенных инструкций и руководств пользователей, с которыми должны ознакомиться все пользователи, а также определение старшего пользователя, или *системного администратора*, если нет возможности выделить отдельную должность. Помочь решению этой задачи может установка специальных программных пакетов, распределяющих привилегии между отдельными пользователями в отношении ресурсов сети.

К достоинствам локальных вычислительных систем следует также отнести их открытость для включения в их состав дополнительных пользователей. Очередному пользователю (источнику или потребителю информации) сети практически сразу же после аппаратного включения в ее состав и установки минимально необходимого набора программных средств становятся доступны все ее ресурсы, что делает процедуру расширения сети предельно простой и быстрой.

20.2 Создание судовой локальной сети

Главным требованием, которому должна удовлетворять информационно-измерительная система, реализованная на базе локальной вычислительной сети на научно-исследовательском судне, заключается в том, чтобы данные, получаемые от измерительных устройств, были доступны для всех потребителей этой информации (гидрологическая лаборатория, метеорологическая лаборатория, штурманская, другие потребители). К основным же требованиям можно отнести:

- открытость системы, т.е. возможность быть расширенной дополнительными измерительными устройствами;
- метрологическое сопровождение экспериментальных данных в режиме реального времени;
- наличие возможности создания банка данных (геоинформационной системы данных океанологических исследований) для результатов измерительных экспериментов.

Таким образом, локальная вычислительная сеть строится на основе сформулированных выше требований.

Для обеспечения получения и обмена данными между пользователями, получаемыми от измерительных средств, необходимо чтобы все измерительные средства были соединены с узлами (компьютерами) через соответствующие интерфейсы. Как было отмечено, только узлы обладают сетевыми адресами, поэтому для получения данных от разных измерительных средств, соединенных с одним узлом, нужно сначала обеспечить доступ к узлу (компьютеру), а затем уже к соответствующему ИС. Все эти проблемы решаются сначала на аппаратном, а затем на программном уровне.

Оборудование локальной вычислительной сети можно подразделить на *активные* и *пассивные* устройства. К первым относятся: интерфейсные карты компьютеров, повторители, концентраторы и т.п., ко вторым: кабели, соединительные разъемы, коммутационные панели и т.п. Кроме того, в составе ЛВС может находиться вспомогательное оборудование: устройства бесперебойного питания, кондиционирования воздуха и аксессуары – монтажные стойки, шкафы, кабелепроводы различного вида. С точки зрения физики, активное оборудование – это устройства, которым необходима подача энергии для генерации сигналов, пассивное оборудование подачи энергии не требует.

В локальной вычислительной сети научно-исследовательского судна должны присутствовать следующие устройства: компьютеры (узлы), интерфейсные карты, коммутаторы, кабели, соединительные разъемы, адаптеры.

Общие сведения о локальной вычислительной сети научно-исследовательского судна можно свести к следующим:

Передача данных между узлами осуществляется через кабель типа – *витая пара*.

Максимальная длина сегмента кабеля – 90 м.

Применяемые соединители – RG 45.

Интерфейсные карты под шину PCI.

Основная используемая топология сети – *дерево*.

Некоторые компьютеры имеют в своем составе дополнительные устройства сопряжения.

Узлом локальной сети является коммутатор – сетевое устройство, к которому через кабели подключаются компьютеры, входящие в сеть. Базовый коммутатор поддерживает сеть до 8 пользователей, в локальной вычислительной сети устанавливается 6 компьютеров (гидрологическая лаборатория - 3 шт., метеорологическая лаборатория, штурманская, и сервер в вычислительном центре) и два коммутатора, таким образом, в перспективе сеть может быть увеличена дополнительно еще на 10 компьютеров. Для дальнейшего увеличения количества пользователей потребуется второй коммутатор, который может быть подключен в любой точке сети и позволит ввести в сеть еще 8 компьютеров.

Компьютеры, входящие в сеть, подключены к коммутатору через сетевую карту, каждый компьютер имеет отдельную сетевую карту, которая соединена через кабель с коммутатором. Все лаборатории соединяются между собой сетевыми кабелями, каждая лаборатория должна иметь сетевую розетку – физический конец кабельного сегмента. В принципе, можно вообще отказаться от использования розеток и напрямую подключать кабель от коммутатора к компьютеру, но удешевление это может не оправдаться, если кто-то случайно дернет провод и оборвет или перетянет его. В этом случае может оказаться, что придется заменять весь кусок кабеля от коммутатора до рабочего места.

Минимальный радиус изгиба для кабеля - четыре диаметра кабеля (или 1 дюйм=2,5 см), но существуют рекомендации размещать кабель таким образом, чтобы обеспечивать изгиб радиусом 2 дюйма (5 см).

Конец кабеля (сетевая розетка) соединяется с сетевой картой компьютера с помощью патч-корда, представляющего собой короткий сегмент сетевого кабеля, обжатый с обеих сторон штекерами.

При прокладке кабеля необходимо соблюдать следующие условия. Максимальная длина кабеля между розетками или между розеткой и коммутатором - 90 метров. Это правило разработано исходя из ограничения максимального расстояния в 100 метров между компьютером и коммутатором. Причем,оставшиеся 10 метров отводятся на провод (патч-корд) между розеткой и компьютером, а также розеткой и коммутатором.

20.3 Функции компьютеров, входящих в сеть

Каждый компьютер, входящий в локальною сеть, имеет кроме функции связи всех измерительных устройств между собой, также функцию обеспечения потребностей измерительного устройства, сопряженного с ним. Это индикация, обработка данных, управление экспериментом или какие-либо другие специфические функции.

Конфигурация и тип компьютера для каждой лаборатории выбраны индивидуально – согласно требованиям и особенностям проводимых там исследований. Все компьютеры установленные на научно-исследовательском судне промышленного типа, т.е. отвечают требованиям пыле-, влаго-, виброустойчивости, а также имеют возможность работы в экстремальных термических условиях и повышенно надежны в эксплуатации.

Промышленные компьютеры по их способу установки можно условно разделить на четыре основные группы это: переносные, ноутбуки, встраиваемые (панельные) и настольные

(настенные). Выбор типа компьютера, как правило, определяется условиями, в которых он работает и целями, которые выполняет.

Ниже приведены функции всех компьютеров входящих в локальную сеть.

Вычислительный центр. Компьютер, находящийся в центре администрирует сеть, в первую очередь. Во-вторых, обеспечивает сбор информации от измерительных устройств и создает условия для работы с геоинформационной системой (ГИС). Для этого компьютер в вычислительном центре снабжен высококачественными принтером и сканером, а также в центре устанавливается электроннолучевой монитор размером активной площади экрана 20 дюймов высокого разрешения. Системный блок вмонтирован в промышленную 19 дюймовую стойку, консоль (клавиатура, мышь, монитор) установлена за рабочим столом.

Гидрологическая лаборатория. В этой лаборатории установлено 3 компьютера одинаковой конфигурации, каждый из которых сопрягается с соответствующим измерительным устройством и обслуживает их. В лаборатории имеется принтер, который через сеть доступен любому компьютеру, находящемуся в лаборатории. Каждый компьютер снабжен жидкокристаллическим монитором. Компьютер, сопряженный с ADCP выполняет также функцию связи ADCP с системой навигации DGPS.

Метеорологическая лаборатория. Единственный компьютер, находящийся в этой лаборатории, обслуживает метеостанцию. В его задачи входит отображение данных метеообстановки, данных поступающих по спутниковых каналам из международных центров. Для этого в метеорологической лаборатории установлен электроннолучевой монитор (20 дюймов) высокого разрешения и высококачественный принтер. Дополнительно в функции компьютера входит распространение для пользователей (штурманская рубка, гидрологическая лаборатория) информации о параметрах погоды. полученной со станции погоды. Реализован компьютер в виде настольного системного блока.

Штурманская рубка. Компьютер, установленный в штурманской рубке, сопряжен с системой навигации DGPS (*4000 DS*) и дублирующей системой навигации DGPS (*NT-200D*). В комплект входит электроннолучевой монитор (19 дюймов) и принтер. В задачи компьютера входит отображение данных системы навигации, отображение данных дублирующей системы навигации, сравнение и контроль данных, полученных от этих устройств. Также компьютер обеспечивает работу с электронными картами. К дополнительным функциям можно отнести сопряжение компьютера с Gyrocompass, интеграция DGPS в локальную вычислительную сеть судна, распространение данных полученных от DGPS среди пользователей. Реализуется компьютер в виде настольного системного блока.

20.4 Связь между компьютером и измерительным устройством

Связь между компьютером и измерительными устройствами осуществлена либо через соответствующий контроллер, который преобразует данные из устройства в формат «понимаемый» компьютером, либо непосредственно в порт, в том случае, если устройство поддерживает такую форму соединения. Форма соединения в каждом случае выбрана отдельно, в зависимости от объема передаваемых данных и способности порта принимать информацию с такой скоростью. Практически во всех случаях поставляемое оборудование снабжено соответствующими устройствами сопряжения.

Банк данных

В банке данных хранятся результаты всех проводимых на судне измерений, физически банк данных находится на жестком диске сервера, доступен он может быть всем пользователям. Результаты после проведения экспериментов могут храниться непосредственно на компьютере, к которому подключено ИС, затем они могут быть перенесены на *сервер* для занесения в *банк данных* (БД), который может формироваться на базе собственного накопителя (HDD) сервера, а также на базе дополнительных внешних носителей (CD-WR, FlashMemory, RaidSystems и др.). Создание централизованного БД позволяет систематизировать все исследования и эксперименты, проводимые на судне, с точки зрения временной и географической привязки. Таким образом БД

будет являться обобщенным протоколом проводимых исследований и экспериментов на НИС, в котором сведены воедино все данные от всех ИС.

20.5 Комплекс работ по созданию судовой локальной сети

Комплекс работ по созданию судовой локальной сети осуществляется в несколько этапов:

1-й этап

- Прокладка кабелей на судне и установка в лабораториях сетевых выходов (розеток);
- Создание технической документации по прокладке кабелей;
- Установка сетевых устройств (коммутаторы);
- Соединение коммутаторов с розетками через патч-корды;
- Тестирование кабельных прокладок с использованием специального диагностического оборудования;
- Приемка работ;

2-й этап

- Установка в лабораториях (гидрологическая, метеорологическая) и штурманской пяти IBM совместимых компьютеров и установка еще одного отдельного компьютера (сервера) в вычислительном центре;
- Сопряжение измерительных средств с компьютерами, установка и наладка необходимого оборудования;
- Установка необходимого программного обеспечения;
- Тестирование компьютеров и программных средств;
- Приемка работ.

3-й этап

- Интеграция компьютеров в локальную вычислительную сеть;
- Генерация сетевого программного обеспечения (Novell 4.x и 5.x, Windows NT4 и 2000), конфигурирование рабочих станций;
- Определение реальной производительности локальной вычислительной сети с учетом установленного системного и предполагаемого прикладного программного обеспечения;
- Подготовка сетевого администратора (обучение основам поддержки и системного сопровождения ЛВС).
- Окончательная приемка локальной вычислительной сети судна.

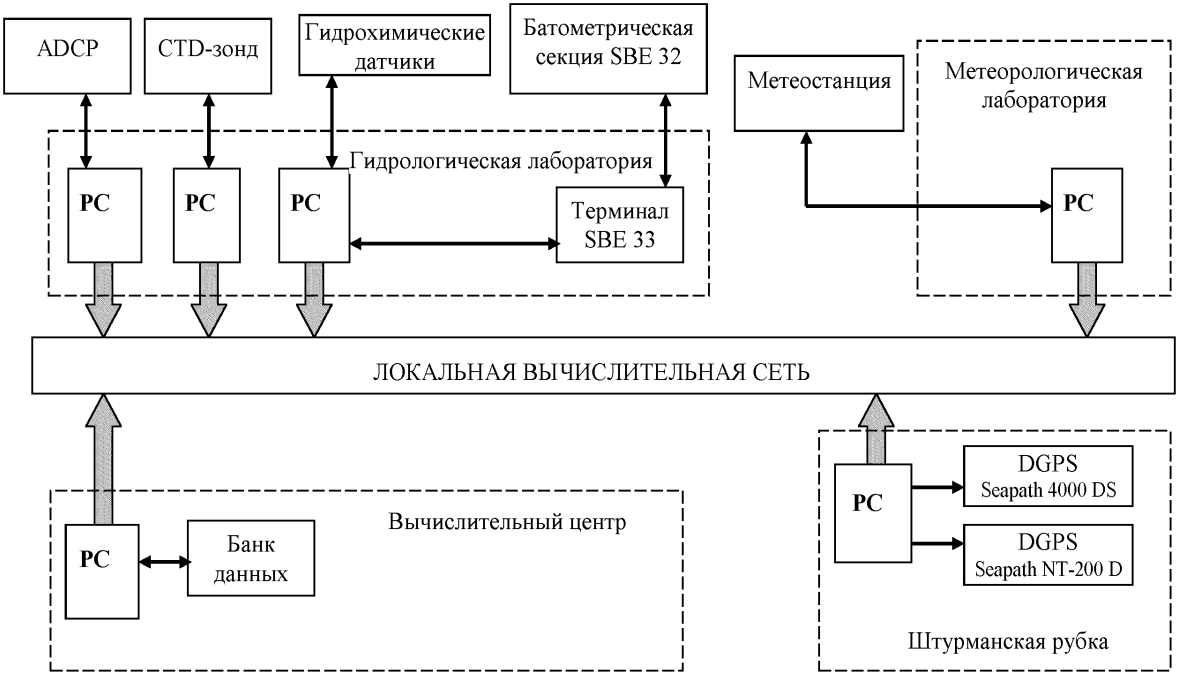


Рис.20.1 Схема локальной вычислительной сети научно-исследовательского судна.