

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
ГЛАВА 4. МОРСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ	87
4.1 Общие сведения	87
4.2 Наблюдения с судов	88
4.2.1 Функционирование схемы судов добровольного наблюдения ВМО	88
4.2.2. Наблюдения с судов, добровольно проводящих наблюдения	89
4.2.2.1 Наблюдаемые элементы	89
4.2.2.2 Необходимое оборудование	90
4.2.2.3 Автоматизация судовых наблюдений	90
4.2.2.4 Сроки наблюдений	91
4.2.2.5 Передача данных судовых наблюдений	92
4.2.2.6 Ветер	92
4.2.2.7 Атмосферное давление, тенденция давления и характеристика тенденции давления	97
4.2.2.8 Температура и влажность воздуха	99
4.2.2.9 Температура поверхности моря	100
4.2.2.10 Облачность и погода	103
4.2.2.11 Видимость	104
4.2.2.12 Осадки	104
4.2.2.13 Океанские волны	106
4.2.2.14 Лед	111
4.2.2.15 Наблюдения за особыми явлениями	115
4.3 Заякоренные буи	116
4.3.1 Атмосферное давление	118
4.3.2 Измерения ветра	119
4.3.3 Температура	120
4.3.3.1 Температура воздуха	120
4.3.3.2 Температура воды	120
4.3.4 Оценки океанских волн	120
4.3.5 Оценки ненаправленного волнения океана	121
4.3.6 Оценки направленных океанских волн	121
4.3.7 Высота водного столба для обнаружения цунами	122
4.3.8 Относительная влажность	122
4.3.9 Океанские датчики	122
4.3.10 Поверхностные океанские течения	122
4.3.11 Профили океанских течений	123
4.3.12 Соленость	123
4.3.13 Осадки	123
4.3.14 Измерения солнечной радиации	123
4.3.15 Видимость	124
4.4 Автоматические плавучие маяки	124
4.5 Вышки и платформы	124
4.6 Дрейфующие буи	125
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.А. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ МОРСКИХ ПРИБОРОВ ВМО/МОК	127
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.В. ОПИСАНИЯ ОСАДКОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУДОВЫМИ НАБЛЮДАТЕЛЯМИ ТЕКУЩЕЙ ПОГОДЫ	130
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.С. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ О ЗЫБИ С СУДОВ С НЕАВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ДАННЫХ	133
СПРАВОЧНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	134

ГЛАВА 4. МОРСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

4.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Морские наблюдения в самом широком смысле этого понятия охватывают любые метеорологические и связанные с ними наблюдения за окружающей средой на границе между атмосферой и морской поверхностью, ниже поверхности моря и в атмосфере над поверхностью моря. Наблюдения могут проводиться с использованием стационарных или подвижных платформ, *in situ* или дистанционно, с использованием наземных и спутниковых методов. Измерения *in situ* в основном представляют собой наблюдения в одном пункте, который предполагается репрезентативным для окружающего морского района, как это делается в синоптической метеорологии. Методы дистанционного зондирования обеспечивают охват большого района или объемное представление, что особенно подходит для наблюдений за морским льдом.

В настоящей главе рассматриваются наблюдения на границе между воздушной средой и морской поверхностью, проводимые *in situ*, которые включают обычные приземные параметры, которые также измеряются над поверхностью суши и в этом контексте рассматриваются в части I настоящего Руководства. В этой главе рассматриваются и другие виды наблюдений, имеющие важное значение для физики моря и физической океанографии, включая температуру поверхности моря, океанические волнения, морской лед, айсберги и обледенение, а также соленость. Аэрологические измерения проводятся методами, которые по сути являются одинаковыми для измерений над поверхностью моря и над поверхностью суши.

Подробные официальные требования к наблюдениям с морских станций приводятся в *Наставлении по Глобальной системе наблюдений* (ВМО, 2010, 2011а). Рекомендации в отношении требований и процедур содержатся в *Руководстве по морскому метеорологическому обслуживанию* (ВМО, 2001). Морские измерения *in situ* или наблюдения проводятся с самых разных платформ. К ним относятся суда, нанятые Членами ВМО для участия в схеме судов, добровольно проводящих наблюдения (СДН); неавтоматические или автоматические плавучие маяки; заякоренные буи; дрейфующие буи; вышки; нефтяные и газовые платформы и буровые установки; островные автоматические метеорологические станции (АМС) и установленные на судах системы АМС. Таким образом, суда, задействованные в схеме СДН, используя как инструментальные, так и неавтоматизированные методы наблюдения, сообщают весь спектр данных наблюдений, необходимых для синоптической метеорологии. В отличие от этого большинство дрейфующих буев сообщают не более трех параметров, а именно местоположение, атмосферное давление на поверхности моря и температуру поверхности моря (ТПМ). Данные этих наблюдений чаще всего компилируются и передаются на берег в согласованном на национальном уровне формате передачи данных с судна на берег, а затем распространяются на международном уровне в соответствующем коде ВМО (например, FM 94 BUFR примерно с 2012 г.). Коды ВМО представлены в *Наставлении по кодам* (ВМО, 2011b, 2011c); общая информация содержится в томе I.2, часть В, а образцы кодов для конкретных видов морских наблюдений, таких как образец кода В/С10 для сводок SHIP, прописаны в томе I.2, часть С.¹ Дополнительную информацию можно найти в трудах совещания 2009 г., посвященного системе океанических наблюдений (Hall et al., 2010), включая информацию о СДН (Kent et al., 2010), исследовательских судах (Smith et al., 2010), океанографических наблюдениях с судов (Goni et al., 2010), ныряющих

¹ В *Наставлении по кодам*, том I.1, в настоящее время также содержится описание традиционных буквенно-цифровых кодов (ТБК), которые использовались на протяжении многих лет для распространения данных по Глобальной сети телесвязи (ГСТ), главным образом, в контексте СДН, что касается FM 13 SHIP. Однако ВМО находится в процессе полного прекращения использования ТБК для передачи данных по ГСТ. В этой связи *Наставление по кодам* в будущем поменяет структуру таким образом, чтобы совсем не использовать первый том.

буях (Freeland et al., 2010), буях (Meldrum et al., 2010; McPhaden et al., 2010; Send et al., 2010; Dohan et al., 2010; Keeley et al., 2010), а также волнении и уровне моря (Swail et al., 2010a; Swail et al., 2010b; Merrifield et al., 2010).

По рекомендации Совместной технической комиссии ВМО/МОК по океанографии и морской метеорологии (СКОММ) была создана сеть региональных центров морских приборов (РЦМП) ВМО/Межправительственной океанографической комиссии (МОК) для содействия стандартизации данных наблюдений, метаданных, обработанной продукции наблюдений, а также для повышения уровня стандартов для приборов и методов наблюдений. Эти РЦМП обеспечивают возможности для: (i) калибровки и технического обслуживания морских приборов и мониторинга работы приборов; и (ii) оказания помощи во взаимных сравнениях приборов, а также для надлежащей подготовки кадров в дополнение к тому, что уже предоставляется производителями. Их круг обязанностей и местоположения приводятся в приложении 4.А.

4.2 НАБЛЮДЕНИЯ С СУДОВ

В этом разделе содержатся подробные руководящие указания и рекомендации по проведению измерений и наблюдений на судах. Еще одним источником является публикация ВМО (WMO, 1991a). В главе 6 публикации ВМО (2001) приводятся подробности о наблюдениях за морской поверхностью, которые должны осуществляться в рамках схемы СДН ВМО. В публикации ВМО (2001) также содержится информация о различных классах СДН. Сведения об исследованиях качества наблюдений с судов содержатся в публикациях ВМО (WMO, 1991b; 1999), Kent et al. (1993), ВМО/МОК (WMO/ИОС, 2003a, 2003b), Kent и Berry (2005), Ingleby (2010) и Kennedy et al. (2012). В публикации Bradley и Fairall (2006) анализируется эффективная практика наблюдений исследовательского сообщества, тогда как информация о датчиках, которые используются в морской среде, содержится в публикации Weller et al. (2008).

4.2.1 Функционирование схемы судов добровольного наблюдения ВМО

Схема СДН реализуется национальными метеорологическими и гидрологическими службами (НМГС) под руководством Группы СКОММ по наблюдениям с судов (ГНС) и, в частности, экспертов СДН ГНС (ГСДН). Полная информация о схеме СДН содержится в публикации ВМО (2001). Руководители программы СДН работают совместно с портовыми метеорологами (ПМ), которые обычно выступают в роли связующего звена между оператором СДН и судном. Важным первым шагом в привлечении судов, добровольно проводящих наблюдения, является получение разрешения судовладельцев и капитана судна. Когда разрешение получено и судно определено, портовый метеоролог должен сделать следующее:

- a) смонтировать прошедшие калибровку приборы, обеспечив при этом наиболее оптимальную установку;
- b) обеспечить необходимые формуляры или установить программное обеспечение для электронного судового журнала;
- c) провести обучение наблюдателей, связанное с уходом за приборами и их эксплуатацией;
- d) провести учебную подготовку наблюдателей по всем аспектам практики наблюдений;
- e) провести демонстрацию использования программного обеспечения для электронного судового журнала и компиляции данных наблюдений;
- f) зарегистрировать необходимые метаданные судна в соответствии с требованиями для ВМО (1955–);

- g) провести демонстрацию методов передачи данных наблюдений;
- h) объяснить НМГС суть морской прогностической продукции.

После того, как судно привлечено к участию, портовый метеоролог должен в идеальном варианте постараться посещать его, по меньшей мере, один раз в три месяца (в зависимости от передвижений судна и ресурсов персонала; если же это практически невозможно, то можно рассмотреть вопрос о менее частых посещениях) с тем, чтобы проверять точность приборов и пополнять поставляемые формуляры, документы и т.д. Для автоматических метеорологических станций и цифровых датчиков может быть установлен более длительный период проверки сроком в один год. Портовому метеорологу следует воспользоваться представившейся возможностью для повышения интереса к метеорологии и объяснения взаимной заинтересованности моряков и метеорологов в получении точных данных метеорологических наблюдений.

В некоторых случаях компания (обычно нефтяная или газовая), эксплуатирующая судно или платформу, проводит наблюдения/измерения для своего собственного пользования и предоставляет их через ГСТ; портовый метеоролог в этом практически не участвует. Монтаж и техническое обслуживание оборудования для передачи метеорологической и океанографической информации, а также обучение работе с ним, может осуществляться в соответствии с контрактом. В том случае, если судно/станция не были привлечены портовым метеорологом, следует приложить усилия для обеспечения того, чтобы соответствующие метаданные были доступны через соответствующие каналы ВМО.

4.2.2. **Наблюдения с судов, добровольно проводящих наблюдения**

4.2.2.1 **Наблюдаемые элементы**

Суда, участвующие в программе СДН² и выполняющие метеорологические наблюдения, должны в идеале осуществлять наблюдения за следующими элементами:

- a) местоположение судна (по навигационной системе судна);
- b) курс и скорость судна (по навигационной системе судна);
- c) скорость и направление ветра (измерения или визуальная оценка);
- d) атмосферное давление (измерения);
- e) барическая тенденция и ее характеристики (измерения или оценка на основе барограммы);
- f) температура воздуха (измерения);
- g) влажность (измерения);
- h) температура поверхности моря (измерения);
- i) погода в срок наблюдения и прошедшая погода, и метеорологические явления (визуальная оценка);
- j) облака (их количество, тип и высота нижней границы облаков (визуальная оценка));
- k) осадки (часто визуальная оценка);

² <http://www.bom.gov.au/jcomm/vos/resources.html>

- l) видимость (визуальная оценка);
- m) ветровое волнение в океане и зыбь, включая высоту, период и направление волн (часто визуальная оценка);
- n) морской лед (часто визуальная оценка) и/или обледенение (часто визуальная оценка) судна, в случае необходимости;
- o) особые явления (визуальная оценка).

Некоторые специально оборудованные суда, например исследовательские суда или плавучие маяки, могут выполнять инструментальные измерения и передавать данные об осадках, радиации, видимости, параметрах облачности или параметрах волнения.

Как правило, инструментальные наблюдения, требующие освещения ночью, должны в идеальном случае выполняться после неинструментальных наблюдений, с тем чтобы не ухудшать адаптацию глаз наблюдателя к темноте.

4.2.2.2 **Необходимое оборудование**

Для использования на судах пригодны следующие приборы:

- a) прецизионный, циферблатный или электронный цифровой барометр-анероид (часть I, глава 3);
- b) барограф, предпочтительно с открытой шкалой (желательно, но не обязательно), или цифровой барометр, который обеспечивает прослеживание барометрической тенденции (часть I, глава 3);
- c) жидкостный стеклянный (ртутный³ или спиртовой) термометр или электрический термометр сопротивления (часть I, глава 2);
- d) гигрометр или психрометр (часть I, глава 4);
- e) термометр для измерения температуры морской воды и подходящий сосуд для взятия пробы морской воды или постоянно погруженный датчик или датчик в корпусе судна с дистанционным указателем.

Поощряется использование анемометров с подходящей установкой как альтернатива визуальной оценке силы ветра, при том условии, что такие приборы регулярно проверяются для обеспечения их постоянного нахождения в пределах калибровки. Дождемеры редко предусматриваются для использования на СДН.

Приборы, используемые на судах, должны соответствовать требованиям, изложенным или рекомендуемым в других главах настоящего Руководства, кроме модификаций, описанных в нижеследующих разделах этой главы. Поставляемые на суда приборы должны проходить регулярные испытания и проверки, организуемые соответствующими НМГС.

4.2.2.3 **Автоматизация судовых наблюдений**

Автоматические метеорологические станции или полуавтоматизированные системы все более широко используются на судах, осуществляющих наблюдения, как для проведения наблюдений, так и для передачи данных. Применяются следующие три основных режима работы:

³ Рекомендации по безопасному использованию ртути приводятся в части I, глава 3, 3.2.7. Конвенция Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) (Минаматская конвенция по ртути) вступила в силу в октябре 2013 г. и будет оказывать серьезное влияние на использование ртути для метеорологических применений.

- a) данные наблюдения, которое производится вручную, как правило, вносятся в электронный журнал⁴ компьютера, необходимым образом кодируются и форматируются до начала передачи сводки автоматически или вручную;
- b) наблюдения производятся автоматически с использованием стандартных методов АМС, как это описано в части II, глава 1. Данные о местоположении, курсе и скорости судна получают из его навигационной системы или рассчитываются независимым образом с использованием спутниковой навигационной системы, как правило Глобальной системы определения местоположения (ГСОМ). Передача данных таких наблюдений может осуществляться либо в чисто автоматическом режиме, либо вручную, в зависимости от имеющихся средств связи;
- c) наблюдения, составляющие морскую сводку, – это комбинация автоматизированных и ручных наблюдений, а именно: к данным автоматизированных наблюдений добавляются данные визуальных наблюдений, введенных наблюдателем перед началом передачи данных (т.е. добавление данных о видимости; метеорологических кодах; количествах, типах и высотах облаков; высотах, периодах и направлениях волн; параметрах льда, а также скорости и направления ветра при проведении измерений без использования анемометра).

4.2.2.4 **Сроки наблюдений**

В тех случаях, когда наблюдения за элементами, иными нежели атмосферное давление, осуществляются вручную, они должны выполняться в пределах 10 мин до стандартного времени синоптических наблюдений. Атмосферное давление должно измеряться в точное время или как можно ближе к стандартному времени.

Наблюдения за поверхностью на борту судов выполняются, как правило, следующим образом:

- a) синоптические наблюдения с проводящих наблюдения судов с неавтоматизированным представлением данных должны проводиться в основные стандартные сроки: 0000, 0600, 1200 и 1800 ВСВ. При необходимости проведения дополнительных наблюдений их следует выполнять в один или несколько промежуточных стандартных сроков: 0300, 0900, 1500 и 2100 ВСВ;
- b) почасовые наблюдения следует проводить, когда используется автоматизированная система (используя исходные данные в ручном режиме, судовые наблюдатели могут дополнительно обеспечить полные синоптические наблюдения в синоптические сроки, включая дополнительные визуальные элементы);
- c) в случаях, когда на борту судов возникают оперативные трудности, делающие практически невозможным проведение синоптического наблюдения в основной стандартный срок, фактическое время наблюдения должно быть как можно более близким к основным стандартным срокам;
- d) наблюдения следует проводить чаще, чем в стандартные сроки, в случае угрозы или преобладания штормовых условий;
- e) в тех случаях, когда наблюдаются внезапные и опасные метеорологические явления, наблюдения следует проводить немедленно с целью передачи данных, невзирая на стандартные сроки наблюдений (например, в пределах 300 морских миль названной тропической системы);
- f) морские наблюдения являются столь же ценными в прибрежных зонах, что и в открытом море, и наблюдения следует продолжать во время всего плавания.

⁴ <http://sot.jcommops.org/vos/resources.html>

4.2.2.5 **Передача данных судовых наблюдений**

Широко распространенным является сейчас использование спутниковых систем связи для распространения данных судовых наблюдений. Подробности приводятся в публикации ВМО (2001), раздел 6.6. Наиболее часто используются четыре следующих метода:

- a) Международная система сбора данных через метеорологические геостационарные спутники (ГОЕС, МЕТЕОСАТ, МТСАТ). Эта система, финансируемая главным образом НМГС, обеспечивает полностью автоматическую передачу данных один раз в час в заранее определенные промежутки времени. Передача данных осуществляется в одну сторону, и количество ошибок может быть значительным. Она в основном используется в сочетании с заякоренными буями, а также с некоторыми системами АМС, установленными на судах;
- b) коммерческие спутниковые системы, действующие через систему ИНМАРСАТ-С, которая находится на большинстве океанских судов, согласно Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС) и требованиям Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ). Данные метеорологических наблюдений, как правило, направляются на соответствующую сухопутную земную станцию (СЗС) в сообщении с использованием специального кода доступа (СКД) 41, что дает возможность НМГС покрывать расходы, связанные со сводкой. Перечень приемлемых СЗС для сообщений СКД доступен на веб-сайте ВМО по адресу http://www.wmo.int/pages/prog/amp/mmop/inmarsat_les.html. ИНМАРСАТ-С обеспечивает почти глобальный охват, однако очень высокие широты остаются пока неохваченными. Между тем, в настоящее время создаются другие специальные СКД для того, чтобы можно было отправлять сообщения с судна на берег в сжатой форме, что позволило бы национальным метеорологическим службам уменьшить расходы на свои национальные группы судов, проводящие наблюдения. Для отправки метеорологических данных некоторых систем АМС в сжатой форме используется также система сообщения данных ИНМАРСАТ-С. ИНМАРСАТ-С используется большинством проводящих наблюдения судов с неавтоматизированным представлением данных;
- c) коммерческие спутниковые системы, такие как Iridium все более широко используются для систем АМС на борту судна. Система Iridium Short Burst Data, использующая сообщения в двоичном формате, может значительно снизить расходы на передачу данных. Преимущество Iridium заключается в том, что она обеспечивает глобальный спутниковый охват, а также может повысить своевременность данных;
- d) система Аргос: эта система спроектирована, главным образом, для привязки и передачи данных и ограничена количеством и орбитальными характеристиками полярно-орбитальных спутников, несущих полезную нагрузку Аргос. Система Аргос использовалась как для передачи, так и для обработки данных судовых наблюдений в ГСТ (ВМО/ИОС, 1995), однако при использовании этой системы могут быть задержки в несколько часов в зависимости от местоположения станции наблюдения и наземной станции приема. Расходы при этом могут быть значительными по сравнению с другими спутниковыми системами. Она, как правило, используется для небольших дрейфующих буйев, хотя все чаще ее заменяют системой Iridium. Некоторые автономные судовые системы АМС также используют Аргос для передачи данных.

4.2.2.6 **Ветер**

Наблюдения за скоростью и направлением ветра могут выполняться либо посредством визуальных оценок, либо с помощью анемометров или анемографов. Измерения ветра следует проводить только в случае использования прибора в хорошем состоянии и недавно откалиброванного, который правильно размещен вдали от воздействия надстройки, мачты и рангоута. Передаваемые данные о скорости ветра

могут записываться либо в узлах, либо в $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; при этом сводки в узлах являются предпочтительными, если данные передаются с судна в формате, не позволяющем записывать десятые доли.

4.2.2.6.1 Визуальные наблюдения

Визуальные наблюдения основаны на оценке состояния внешнего вида поверхности моря. Скорость ветра получают по шкале Бофорта (см. таблицу ниже). Баллы Бофорта, полученные оценкой, переводят в метры в секунду или в узлы с использованием соответствующей колонки таблицы Бофорта с эквивалентной скоростью ветра, так что скорость ветра передается в виде конкретного значения в метрах в секунду или узлах в соответствии с наилучшей оценкой наблюдателя, взятого из значений эквивалентного диапазона. В национальных инструкциях могут содержаться руководящие указания в отношении того, какой метод является предпочтительным. Направление ветра определяют, наблюдая за ориентацией гребней ветровых волн (т.е. волн, возникающих в результате воздействия ветра, а не зыби) или направлением полос пены, которая движется по направлению ветра. Характеристики величин шкалы Бофорта относятся к условиям в открытом море. Практика показывает, что оценки значений направления ветра, получаемые визуальными методами, имеют хорошее качество.

Высота волны не всегда является надежным критерием, поскольку зависит не только от скорости ветра, но также и от области разгона и продолжительности воздействия ветра, глубины мелководья и наличия бегущей по морю зыби. Поэтому шкала Бофорта учитывает взаимосвязь между состоянием моря и скоростью ветра. Однако при оценке скоростей ветра должны приниматься во внимание и другие факторы, влияющие на эту взаимосвязь. Такими факторами являются запаздывание изменения состояния поверхности моря по сравнению с усилением ветра, сглаживание или ослабление воздействия ветра на морскую поверхность при сильном дожде и влияние сильных поверхностных течений (например, приливных) на видимое состояние поверхности моря. Критерии, принимаемые для открытого моря, становятся менее надежными на мелководье или вблизи берега из-за приливных течений и ограничений, вызываемых сушей. В таких районах, или когда поверхность моря становится плохо видимой (например ночью), сила относительного ветра по шкале Бофорта может оцениваться по звуковым явлениям, вызываемым ветром, по судовым предметам, таким, как флаги, и по дыму из трубы. В последнем случае также может оцениваться направление относительного ветра, например, при наблюдении за дымом из трубы. По этим оценкам может быть рассчитана скорость и направление истинного ветра (United Kingdom Meteorological Office, 1995). Если нет никаких иных средств для оценки направления ветра, полезным инструментом может быть движение облачности на низкой высоте.

4.2.2.6.2 Инструментальные измерения

Если приборы для измерения ветра устанавливаются на судах, то данное оборудование должно обеспечивать измерение как скорости, так и направления ветра, а также быть способным сводить к минимуму влияние качки (правильно сконструированные чашечные анемометры и флюгеры с демпферами способны гасить воздействия килевой и бортовой качки до такой степени, что они становятся незначительными). Морская среда является агрессивной, и поэтому чашечные или пропеллерные анемометры требуют регулярного технического обслуживания и калибровки с тем, чтобы обеспечивать получение надежных данных о ветре. Ультразвуковые анемометры не имеют никаких движущихся частей, требуют меньшего технического обслуживания, и поэтому они все чаще используются на судах.

Шкала Бофорта, применяемая в оперативной деятельности для сводок ВМО с оценками расчетного ветра на высоте 10 м над уровнем моря

Балл по шкале Бофорта (сила)	Описательный термин	Средняя эквивалентная скорость ветра		Эквивалентная скорость ветра		Спецификации для наблюдений	Вероятная высота волн	Вероятная максимальная высота волн
		узлы	м·с ⁻¹	узлы	м·с ⁻¹			
						<i>С борта судна (в открытом море)</i>	<i>м</i>	<i>м</i>
0	Штиль	0	0	< 1	0–0,2	Море как зеркало		
1	Тихий ветер	2	0,8	1–3	0,3–1,5	Образуется рябь, напоминающая чешую, но без пенистых гребней	0,1	0,1
2	Легкий ветер	5	2,4	4–6	1,6–3,3	Небольшие слабые волны, еще короткие, но более выраженные; гребни гладкие и без разрыва	0,2	0,3
3	Слабый ветер	9	4,3	7–10	3,4–5,4	Крупные слабые волны; гребни начинают разрываться; гладкая пена; возможно, разбросанные белые барашки	1,6	1,0
4	Умеренный ветер	13	6,7	11–16	5,5–7,9	Небольшие волны, становящиеся более длинными; довольно частые белые барашки	1,0	1,5
5	Свежий ветер	19	9,3	17–21	8,0–10,7	Умеренные волны, принимающие более выраженную продолговатую форму; образуется много белых барашков (иногда появляются некоторые брызги)	2,0	2,5
6	Сильный ветер	24	12,3	22–27	10,8–13,8	Начинают образовываться крупные волны; повсюду более распространены гребни с белой пеной (вероятно, некоторые брызги)	3,0	4,0
7	Крепкий ветер	30	15,5	28–33	13,9–17,1	Море вздымается, и белая пена от разрывающихся волн начинает вытягиваться в полосы вдоль направления ветра	4,0	5,5
8	Очень крепкий ветер	37	18,9	34–40	17,2–20,7	Умеренно высокие волны большей длины; кромки гребней начинают разрываться на брызги; пена вытягивается в четко выраженные полосы вдоль направления ветра	5,5	7,5

Балл по шкале Бофорта (сила)	Описательный термин	Средняя эквивалентная скорость ветра		Эквивалентная скорость ветра		Спецификации для наблюдений	Вероятная высота волн	Вероятная максимальная высота волн
		узлы	м·с ⁻¹	узлы	м·с ⁻¹			
9	Шторм	44	22,6	41–47	20,8–24,4	Высокие волны; плотные полосы пены вдоль направления ветра; гребни волн начинают опрокидываться, падать и переворачиваться; брызги могут влиять на видимость	7,0	10,0
10	Сильный шторм	52	26,4	48–55	24,5–28,4	Очень высокие волны с длинными свешивающимися гребнями; появляющаяся в результате пена (большими пятнами) вытягивается в полные белые полосы вдоль направления ветра; в целом поверхность моря принимает белый вид; «падение» моря становится тяжелым и напоминает удары; видимость ухудшается	9,0	12,5
11	Жестокий шторм	60	30,5	56–63	28,5–32,6	Исключительно высокие волны (небольшие и средние суда могут иногда теряться из виду за волнами); море полностью покрыто длинными белыми клочьями пены, располагающимися вдоль направления ветра; повсюду кромки гребней волн выдуваются в пену; видимость ухудшается	11,5	16,0
12	Ураган	64 и более	32,7 и более	64 и более	32,7 и более	Воздух наполнен пеной и брызгами; море полностью белое от брызг; видимость очень серьезно ухудшается	14 и более	–

Следует учитывать, что высота волн дает лишь приближенное указание на то, что можно ожидать в открытом море. Эти высоты волн никогда не следует использовать для записи погоды в вахтенный журнал или для сообщения о состоянии моря. В замкнутых водах или вблизи суши при ветре с берега высота волн будет меньше, а волны круче.

Источник: OMI-CMI (1947)

Трудно обеспечить правильную установку судовых приборов для измерения параметров ветра (WMO/ИОС, 2003b; Yelland et al., 2001; Moat et al., 2005; Moat et al., 2006). Местные воздействия, вызываемые надстройкой, мачтой и рангоутом, должны быть сведены к минимуму, насколько это возможно, посредством выдвижения прибора вперед и на максимальную высоту, насколько это практически возможно. Если прибор крепится на рее, то предпочтительно применять автономные датчики для измерения скорости и направления ветра, поскольку таким образом достигается более равномерное распределение их веса на рее, и приборы могут быть установлены дальше от борта. Независимо от того, крепится ли прибор на рее или на кронштейне, установленном на фок-мачте, каждый приборный блок должен монтироваться на расстоянии от мачты, составляющем не менее 10 размеров ее диаметра. Если это практически невозможно, то хорошим способом является крепление двух приборов по одному с каждой стороны фок-мачты, с тем чтобы всегда использовать тот прибор, установка которого является более открытой. Верхушка фок-мачты, если таковая имеется, обычно считается самым лучшим местом для размещения анемометра. Ультразвуковые датчики ветра отличаются эффективностью и обеспечивают хорошую точность при их размещении на вершине основной мачты.

Иногда в море применяются различные виды переносных анемометров (часто для содействия швартовке судна). Их главный недостаток состоит в том, что им трудно найти репрезентативное место для их установки, и поэтому проводимые с их помощью измерения дают большой разброс (Kent et al., 1993). Только наблюдатель, который понимает природу воздушного потока над судном при различных условиях, будет способен выбрать наилучшее место для проведения таких наблюдений и таким образом достичь удовлетворительных результатов. Этот метод может быть полезен, если визуальные оценки силы ветра затруднены или невозможны, например при слабых ветрах ночью.

Если наблюдения выполняются на движущемся судне, необходимо проводить различие между относительным и истинным ветром; для всех метеорологических задач должны сообщаться параметры истинного ветра (хотя для судов, проводящих климатические наблюдения в рамках схемы СДН (СДНКлим), сообщаются также данные о кажущемся ветре). Процедура вычисления скорости и направления истинного ветра по относительной скорости ветра, относительному направлению ветра, скорости, направлению движения и курсу судна описана подробно в WMO/МОК (WMO/ИОС, 2003c). Следует отметить, что направление движения судна и курс судна могут значительно различаться, особенно при малых скоростях судна и большом дрейфе. При вычислении параметров истинного ветра по результатам наблюдений за относительным ветром и с учетом скорости и направления движения судна можно использовать простую векторную диаграмму или таблицу (Bowditch, 2002). Эти дополнительные данные желательно получать при помощи магнитного компаса и из информации о скорости судна. Их также можно получить на основе данных о направлении движения судна, полученных из приемника ГСОМ, однако в таком случае не учитывается дрейф. В прошлом векторное преобразование часто являлось источником ошибок в сообщаемых данных о ветрах. Однако все более широкое использование программного обеспечения электронного судового журнала, которое рассчитывает истинный ветер, уменьшает этот источник ошибок. Для АМС всю необходимую информацию можно получить напрямую из данных анемометра и навигационной системы судна.

Передаваемые скорость и направление ветра представляют собой усредненные скорость и направление за десятиминутный период, непосредственно предшествовавший сроку наблюдения. Однако, когда в течение десятиминутного периода наблюдались резкие изменения характеристик ветра, только данные, полученные после резкого изменения, должны быть использованы для сообщения средних значений и, следовательно, период усреднения в этих случаях должен быть соответственно уменьшен.

Регистрация судовых метаданных для ВМО (1955–) представляет особую важность для наблюдений за ветром (Yelland et al., 2001). Метаданные должны предоставляться с указанием используемого приборного обеспечения и того, как оно установлено на борту судна (где именно на судне и на какой высоте), а также для сообщения подробных

сведений о типе судна (Kent et al., 2007). Метаданные используются, в частности, для правильного толкования данных и повышения согласованности данных (например поправка на смещение), а также обеспечивают прослеживаемость соответствия стандартам.

4.2.2.7 **Атмосферное давление, тенденция давления и характеристика тенденции давления**

4.2.2.7.1 **Методы наблюдений**

Давление может измеряться либо при помощи прецизионного барометра-анероида, циферблатного барометра-анероида, либо электронного цифрового барометра. Показания барометра снимаются как можно ближе ко времени наблюдения. При неавтоматических наблюдениях показания барометра снимаются последними и вносятся в данные наблюдения непосредственно перед завершением составления сообщения. Автоматические системы должны иметь период усреднения 1 мин (часть I, глава 1, приложение 1.E). Большинство судов сообщают давление до одного десятичного знака. Однако на вспомогательных судах СДН, использующих грубую шкалу, некалиброванные судовые барометры, на которых нельзя получить давление в десятых гектопаскаля (гПа), давление следует записывать в целых гПа, в идеале с соответствующим условным обозначением или другим механизмом кодирования для того, чтобы четко отразить в документах уменьшение точности (например, в прежнем коде FM 13 SHIP (ВМО, 2011b) десятая позиция заменялась дробной чертой для обозначения более низкой точности наблюдений).

При проведении неавтоматических наблюдений характеристику и значение тенденции давления за последние 3 ч обычно получают по морскому барографу, предпочтительно имеющим шкалу с крупными делениями с ценой 1 гПа. Однако все более часто используются цифровые барометры с жидкокристаллическим дисплеем тенденции давления.

В случае АМС характеристика и значение барической тенденции за последние 3 ч рассчитываются по значениям давления за последние 4 ч.

4.2.2.7.2 **Приборы**

Все барометры должны соответствовать общим требованиям, изложенным в части I, глава 3, и должны поставляться с паспортом, содержащим поправки (если таковые имеются), которые должны применяться к показаниям каждого отдельного прибора. Барометры должны иметь шкалу, которая дает возможность отсчитывать показания с точностью до 0,1 гПа. Требования к погрешности оперативных измерений и эксплуатационным характеристикам прибора изложены в части I, глава 1, приложение 1.E. Требуемая погрешность измерений менее 0,1 гПа (после приведения к уровню моря: < 0,2 гПа). Достижимая погрешность измерения никогда не должна быть больше 0,3 гПа. Морские барографы должны иметь встроенное демпферное устройство, например масляную ванную, в которой находится анероидная коробочка или успокоитель, соединенный с рычажным механизмом, для предохранения от больших скачков на ленте в результате быстрых колебаний давления, вызываемых порывистым ветром и движением судна. Как барометр, так и барограф, должны также сообщаться с атмосферой посредством датчика статического давления, с тем чтобы показания можно было снимать более точно и на них не сказывались воздействия закрытых мостиков или условий внутри помещения. Если это невозможно, необходимо дать инструкции для обеспечения того, чтобы двери на крыле мостика открывались перед проведением наблюдения. Это особенно важно на новых судах с герметизированными жилыми модулями или на судах, которые перевозят опасные грузы и на которых рулевая рубка может быть герметически закрыта.

Как правило, большинство НМГС (но не все) устанавливают свои прецизионные анероиды и электронные барометры на давление «на уровне станции», и поэтому данные наблюдений необходимо корректировать с учетом высоты барометра, с тем чтобы получить выходные данные о давлении на уровне моря. Эта поправка к высоте рассчитывается автоматически программным обеспечением электронного судового журнала. Циферблатные барометры-анероиды обычно устанавливаются таким образом, чтобы показывать давление на уровне моря.

4.2.2.7.3 Установка и эксплуатация

Цифровые барометры-анероиды и барографы

Барометры-анероиды и барографы должны устанавливаться на амортизирующем материале в таком положении, чтобы они как можно меньше зависели от сотрясения, вибрации или движения судна. Наилучшие результаты обычно получаются при размещении приборов как можно ближе к центру надводной части судна. Барографы следует устанавливать так, чтобы пишущий рычаг прибора был ориентирован поперек судна (для уменьшения риска соскальзывания рычага с ленты).

4.2.2.7.4 Поправки

Следует предусмотреть внесение следующих поправок:

- a) ошибка (смещение) прибора;
- b) приведение к уровню моря;
- c) поправка на температуру (если это применимо и имеются соответствующие таблицы).

Барометры должны быть соответствующим образом компенсированы на температуру; в противном случае приборы следует снабдить таблицей температурных поправок и средствами для измерения температуры. Таблица для приведения давления к уровню моря должна предоставляться, когда барометры устанавливаются на высоту станции, хотя это не является обязательным для судов, использующих электронные судовые журналы, которые способны автоматически вносить поправку на высоту (Bowditch, 2002, таблицы 29–34).

4.2.2.7.5 Источники ошибок

Вопрос об ошибках обсуждается в части I, глава 3, однако значительные ошибки, в особенности на судах, могут быть вызваны воздействием ветра на давление в том помещении, в котором находится барометр. По мере возможности они должны быть сведены к минимуму путем помещения прибора в кожух, соединенный с датчиком статического давления, или путем соединения устройства непосредственно с этим датчиком статического давления.

На неавтоматизированных барометрах самые частые (субъективные) погрешности объясняются отсутствием приведения к уровню моря, неправильной оценкой высоты барометра или неумышленной двойной поправкой (поправка, внесенная применительно к барометру, который уже показывает давление на уровне моря).

4.2.2.7.6 Проверка по эталонным приборам

Барометры и барографы следует проверять там, где это возможно, приблизительно с трехмесячными интервалами, по эталонному барометру ПМБ или переносному

эталонному барометру. Однако это не всегда может быть возможно, поскольку перемещения судна могут характеризоваться высокой динамикой. Отчет о всех сравнениях должен вноситься портовым метеорологом в журнал, а к данному барометру должна прикрепляться этикетка с отметкой о калибровке, в которой указывается дата проверки барометра и та поправка, которая должна вноситься.

Цифровые барометры характеризуются гораздо лучшей стабильностью, а у некоторых моделей промежутки времени между калибровками могут составлять целых два года.

4.2.2.8 **Температура и влажность воздуха**

Наблюдения за температурой (часть I, глава 2) и влажностью воздуха (часть I, глава 4) рассматриваются вместе, поскольку они часто измеряются психрометрическими методами при помощи сухого или смоченного термометра. Однако с более широким использованием АМС все чаще эти параметры измеряют отдельно, используя термометр и отдельный гигрометр. Независимо от того, какой метод используется, приборы должны иметь хорошую вентиляцию и быть правильно установлены в потоке воздуха, идущего непосредственно с моря, который не был в контакте с судном и не проходил над ним, и должны быть соответствующим образом защищены от радиации, осадков и брызг.

В случае неавтоматизированных наблюдений, если используется жалюзийная будка, то их должно быть две, при этом с каждой стороны судна закрепляется по одной такой будке, с тем чтобы наблюдение можно было также проводить с наветренной стороны. При такой установке термометры в гигрометре могут быть полностью открыты для воздушного потока и не подвергаются воздействию искусственных источников тепла и водяного пара. В качестве альтернативы можно также использовать одну переносную жалюзийную будку, которая вывешивается на любой стороне, которая является подветренной, с тем чтобы обеспечить такую же установку. Батистовый фитиль, вставленный в смоченный термометр в жалюзийной будке, следует менять не реже одного раза в неделю, и более часто в штормовую погоду.

Было признано допустимым применение пращевых или аспирационных психрометров, установленных с наветренной стороны мостика. Если применяются неавтоматические психрометры, то показания термометров должны сниматься как можно скорее после прекращения действия вентиляции. Ручным гигрометрам необходимо несколько минут для адаптации к открытой окружающей среде, если они хранились в помещении перед их использованием.

При общем обслуживании психрометров следует выполнять рекомендации, содержащиеся в части I, глава 4. Для влажного термометра следует использовать дистиллированную воду. Если это невозможно, то, как правило, больше подходит конденсат по сравнению с обычной пресной водой. Никогда нельзя использовать воду, загрязненную примесями морской воды, поскольку любые примеси соленой воды существенным образом повлияют на температуру по смоченному термометру.

В случае АМС или дистанционного цифрового дисплея более не требуется ручного снятия показаний приборов, находящихся внутри будки; единый экран может быть установлен и выставлен достаточно далеко от конструкции корабля, с тем чтобы обеспечивать хорошую экспозицию. Это означает, однако, что заполнение сосуда смоченного термометра становится затруднительным и вследствие этого для АМС, как правило, используют электронные датчики температуры и относительной влажности. Эти приборы требуют по крайней мере ежегодной калибровки. Как отмечается в части I, глава 4, точность таких датчиков относительной влажности возможно ниже, чем у психрометрических датчиков, однако систематической оценки точности этих датчиков в морских условиях пока что не проводилось. АМС должны передавать как температуру, так и влажность в виде значений, усреднённых за 1 минуту.

Влажность может передаваться несколькими переменными, например, температурой точки росы, температурой смоченного термометра или относительной влажностью

(часть I, глава 4) и должна записываться как измеренный параметр. Любое преобразование между параметрами влажности добавляет погрешность и испытывает воздействие любых погрешностей в других используемых параметрах, а также усечения до подходящих форматов передачи. В психометрических измерениях температура сухого и смоченного термометра должна записываться с точностью 0,1 °С. Точку росы следует рассчитывать на основе стандартных таблиц, действующих на национальном уровне, или используя стандартные формулы ВМО (часть I, глава 4, приложения 4.A и 4.B) и психометрический коэффициент, соответствующий используемому прибору. Температуру точки росы следует передавать с точностью 0,1 °С. Перевод данных измерений температуры смоченного термометра или точки росы в относительную влажность, которая записывается как целые проценты, вносит значительную погрешность и этого следует избегать.

На вспомогательных судах СДН, использующих грубую шкалу, некалиброванные судовые термометры, которые не выдают данные до десятых градуса, температуру следует записывать в целых градусах, в идеале с соответствующим условным обозначением или другим механизмом кодирования для того, чтобы четко отразить в документах уменьшение точности (например, в прежнем коде FM 13 SHIP десятая позиция заменялась дробной чертой для обозначения более низкой точности наблюдений). Все другие суда должны передавать температуру до одного десятичного знака.

4.2.2.9 **Температура поверхности моря**

Обычно измеряют температуру морской воды вблизи или непосредственно под поверхностью моря. Реже измеряют радиометрическую температуру поверхностной пленки океана.

Температуру поверхности моря следует измерять очень тщательно. Это связано с тем, что она также используется для получения разности с температурой воздуха, которая служит мерой стратификации температуры, влажности и других характеристик приводных воздушных масс. Температура морской воды должна отсчитываться с точностью до 0,1 °С.

Для измерений температуры поверхности моря невозможно использовать стандартный прибор из-за большого разнообразия размеров и скоростей судов, а также соображений стоимости, удобства эксплуатации и технического обслуживания.

За ТПМ можно вести наблюдения посредством:

- a) отбора пробы воды с поверхности моря специально предназначенным для этой цели ведром;
- b) измерения температуры воды в заборниках;
- c) измерения температуры воды электрическим термометром, опускаемым прямо в морскую среду либо укрепленным в корпусе судна (т.е. используя установленный внутри корпуса контактный датчик);
- d) использования инфракрасного радиометра, установленного на судне в направлении поверхности моря;
- e) использования батитермографа одноразового действия¹.

В течение многих лет, в основном, используются методы (a) и (b). При исследовании расхождений в температуре, полученной этими двумя методами, было выявлено (ВМО, 1972), что температура воды в заборнике в среднем на 0,3 °С выше температуры, измеренной в пробах, полученных с помощью ведра. Последние исследования свидетельствуют о том, что такое отклонение в сторону завышения температуры уменьшается со временем (Kent and Taylor, 2006). В этой работе говорится, что

¹ В настоящее время не поддерживается ВМО (1955–).

особенности того, как определяют температуру в заборнике, оказывают значительное влияние на качество наблюдений. В последние годы в связи с увеличением скорости и высоты судов более широко стал использоваться метод (с), который дает наиболее согласованные результаты (WMO, 1991b; Kent et al., 1993). Что касается радиометров, то они редко применяются на СДН, но могут использоваться на некоторых научно-исследовательских судах или морских платформах. Из всех этих методов измерение температуры в приемном патрубке заборника является наименее желательным в связи с необходимостью особых предосторожностей для получения хороших результатов.

4.2.2.9.1 Измерения с помощью морского ведра

Морское ведро опускается за борт судна для взятия пробы морской воды и поднимается обратно на палубу, затем в ведро опускают термометр и измеряют температуру воды. Проба воды должна отбираться с подветренного борта в носовой части судна и на достаточно большом расстоянии от сливных труб судна. Отсчет по термометру надо производить сразу, как только термометр примет температуру воды, обеспечивая при этом, чтобы на него не падал прямой солнечный свет. Когда ведро не используется, его следует подвешивать в тени для просушки.

Морское ведро должно иметь такую конструкцию, чтобы оно легко наполнялось водой в момент взятия пробы и чтобы обмен теплом вследствие радиации и испарения был минимальным. Соответствующий термометр должен быть малоинерционным и иметь удобную шкалу для отсчета и желательно постоянно закреплен в ведре. Если для отсчетов термометр должен выниматься из ведра, то необходимо, чтобы он имел небольшую теплоемкость и был вставлен в оправу со стаканчиком достаточного объема, чтобы температура воды в нем при вытаскивании термометра из ведра сильно не изменялась в процессе отсчета показаний. Конструкция ведра должна соответствовать цели организации, нанимающей судно для наблюдений.

Предполагается, что данные измерений при помощи хорошо сконструированных ведер четко согласуются между собой при широком диапазоне условий. Однако они менее удобны в работе, чем приборы, прикрепленные к корпусу судна, и их использование иногда ограничивается погодными условиями или размером и скоростью судна.

4.2.2.9.2 Термометры в заборнике и в цистерне

Термометр, встраиваемый в водозаборную трубу при постройке судна, обычно не подходит для измерений ТПМ с требуемой точностью. Следовательно, организация, нанимающая судно, должна, с разрешения соответствующей судовой компании, устанавливать термометр, пригодный для этой цели. Термометр предпочтительнее устанавливать в специальной трубе, обеспечивающей адекватную теплопроводность между резервуаром термометра и окружающей морской водой, и близко к водозаборнику, хотя это может быть не всегда практически осуществимо.

В случае установки термометра прямого считывания в тесном месте наблюдатель должен быть предупрежден о возможных ошибках при отсчете температуры из-за параллакса. Дистанционная система отсчета с дисплеем, установленным где-нибудь в другом месте (например, в машинном отделении или в рубке), позволяет решить эту проблему. Наблюдатель должен также знать, что на судах с большой осадкой или при наличии в поверхностном слое воды существенного температурного градиента температура, измеренная в водозаборном устройстве температура, обычно значительно отличается от температуры поверхностного слоя моря и будет меняться в зависимости от загрузки судна или его балласта. И наконец, температура в водозаборнике, безусловно, не должна регистрироваться в тех случаях, когда судно не движется, потому что в это время нет циркуляции охлаждающей воды. Следует отметить, что установка модернизированного водозаборника или установка в корпусе контактного датчика ТПМ может часто занимать

много времени и отличаться сложностью, что нередко вынуждает портовых метеорологов или техников работать в трудных условиях (внутренние отсеки судов, ограниченный доступ и т.д.).

Кингстонная коробка в днище судна является той полостью, где могут располагаться приемные патрубки и где можно производить измерения температуры заборной воды. Это хорошее место для установки датчика дистанционного термометра. К таким устройствам применимы те же ограничения, о которых упоминалось выше.

Хотя большинство находящихся в водозаборнике термометров будут давать только мгновенные отсчеты показаний температуры, некоторые суда могут быть оборудованы датчиками температуры, которые могут проводить выборочные измерения с заданной частотой и усреднять их за определенный период времени. В таком случае для обеспечения более репрезентативных измерений ТПМ может быть использован модульный алгоритм фильтрации, с тем чтобы исключить экстремальные отсчеты по расчетному усредненному значению.

4.2.2.9.3 Термометры, укрепляемые на корпусе

Термометры, укрепляемые на корпусе, очень удобны в обращении и дают точные средние значения ТПМ. Это непременно дистанционные приборы с датчиками, которые либо выведены «через корпус» наружу и имеют непосредственный контакт с водой, либо закреплены внутри судна на корпусе («магнитный тип»), за исключением случая двойного корпуса. Оба типа приборов показывают хорошо согласующиеся результаты, но датчик, выведенный «через корпус», имеет несколько более высокую чувствительность.

Датчики должны устанавливаться впереди всех сливных отверстий на глубине от 1 до 2 м ниже ватерлинии. Когда имеют место значительные изменения осадки судна, может потребоваться установка нескольких датчиков. Это может создать большие трудности при установке приборов и монтаже электропроводки, поэтому такие работы лучше всего выполнять при постройке судна. При последующей установке магнитных датчиков нет необходимости ставить судно в сухой док.

4.2.2.9.4 Буксируемые термометры

Разработано несколько методов буксировки датчика дистанционного термометра в море в месте, где отбираются пробы воды ведром. Существующие различия касаются способов подводки кабеля на борт судна и приспособлений для установки датчика в море. Эти приспособления дают показания, которые хорошо согласуются с измерениями, проводимыми с помощью точного морского ведра, и могут легко применяться. Однако, в связи с ограниченностью опыта наблюдений в настоящее время нет достаточного количества данных о возможном их обрастании водорослями и т.п. Таким образом, как и при работе с ведром, необходимо будет опускать и поднимать прибор в каждом случае. Буксируемые термисторы редко используются на СДН, однако более широко применяются для исследовательских целей (Fairall et al., 1997; Bradley and Fairall, 2006; Weller et al., 2008).

4.2.2.9.5 Радиометры

Любое вещество в зависимости от его температуры излучает тепловую энергию в виде инфракрасного излучения. Количество энергии и длина волны излучения зависят от температуры вещества и его излучательной способности. Таким образом, радиометры, которые реагируют на инфракрасное излучение, могут применяться для измерения температуры вещества. При направлении на поверхность моря радиометр измеряет температуру только самого верхнего слоя воды толщиной примерно 1 мм, так как излучательная способность воды близка к единице. Этот самый верхний слой часто

называют поверхностной пленкой океана. В верхнем слое океана толщиной несколько сантиметров могут наблюдаться большие градиенты температуры, при самой низкой температуре вверху, особенно при относительно спокойных условиях.

Радиометры могут быть ручными (направляемыми вперед и вниз), устанавливаться на стреле или кронштейне, вынесенными над водой. Радиометрические измерения дают температуру испаряющей поверхностной пленки океана и применяются лишь на немногих судах (Barton et al., 2004; Donlon et al., 2008).

4.2.2.10 **Облачность и погода**

4.2.2.10.1 **Количество облаков и тип облаков**

Визуальные наблюдения за облачностью следует выполнять с использованием тех же правил, что применяются к наземной станции (см. часть I, глава 15). Подробные инструкции по проведению этих наблюдений должны предоставляться портовым метеорологом. Иллюстрированные руководства и информация по кодам имеются в многочисленных источниках, таких как публикации ВМО (WMO, 1975, 1987) и публикации НМГС. Почти любое программное обеспечение электронного судового журнала содержит обширные изображения облаков с целью облегчения идентификации типа облачности. Помимо этого, образец кода для передачи данных наблюдений SHIP (B/C10 в *Наставлении по кодам*, том I.2, часть C (ВМО, 2011с)) содержит подробную информацию о том, как составлять и кодировать сводки СДН по облачности.

Оценка общего количества облаков заключается в оценке того, какая площадь небесного свода покрыта облаками, и ее следует передавать в октантах. В национальных инструкциях должны содержаться рекомендации в отношении того, как переводить результаты наблюдений в октантах в проценты (%), что требуется для передачи данных в коде FM 94 BUFR. Оценка небольшого количества облаков проводится аналогично и сообщается в октантах как при передаче с судна на берег, так и в случае прямой передачи в коде FM 94 BUFR. Если облаков нет, то передается средняя облачность. Тип облачности: низкая, средняя или высокая — определяется согласно *Международному атласу облаков*, том I (WMO, 1975), или путем идентификации соответствующего типа облачности по фотографиям, представленным в программном обеспечении электронного судового журнала.

4.2.2.10.2 **Высота нижней границы облаков**

На СДН, как правило, проводится оценка высоты нижней границы облаков. Для повышения квалификации в этой области следует поощрять наблюдателей к использованию любой возможности проверить свои оценки по известным высотам, например, когда можно наблюдать, как облако проходит над гористым побережьем, хотя в подобных обстоятельствах основание облака может быть ниже у горы, нежели в открытом море.

Некоторые специализированные суда могут иметь установленные приборы для измерения нижней границы облаков. Метод определения высоты основания облака с помощью прожектора мало пригоден на судне из-за короткой базовой линии. Предпочтение следует отдавать прибору, который не требует базовой линии, такому как лазерный облакомер (см. часть I, глава 15). Его необходимо устанавливать таким образом, чтобы вахтенный штурман мог его использовать и считывать его показания с навигационного мостика.

4.2.2.10.3 **Текущая и прошедшая погода**

Сводки о текущей и прошедшей погоде предназначены, главным образом, для количественного описания метеорологических явлений. Большинство сводок о текущей и прошедшей погоде основаны на визуальных и звуковых наблюдениях и используют

те же правила, что и правила, применимые к наземным станциям (см. часть I, глава 14). Существует 100 категорий текущей погоды в срок наблюдения для неавтоматизированных наблюдений СДН (первые 100 кодов в кодовой таблице 0 20 003 FM 94 BUFR). Прошедшая погода передается 10 категориями (первые десять кодов в кодовых таблицах 0 20 004 и 0 20 005 FM 94 BUFR). Необходимо передавать две категории прошедшей погоды, которые выбираются для обеспечения более полного описания условий за прошедший период. Что касается облаков, то подробные инструкции по этому вопросу должны быть предоставлены портовым метеорологом. Образец кода В/С10 (ВМО, 2011с) содержит конкретную информацию о том, как составлять и кодировать метеорологические сводки СДН. Для наблюдателей, использующих программное обеспечение электронного судового журнала, более подробные рекомендации очевидно можно получить из этого программного обеспечения.

Измерения в отношении текущей и прошедшей погоды, в отличие от неавтоматизированных наблюдений, в море проводятся редко. Вместе с тем, можно использовать те же приборы, что и на суше (часть I, глава 14), но категории, существующие для передачи таких сводок, отличаются от неавтоматизированных наблюдений вследствие различного характера наблюдений (ВМО, 2011с). Некоторые инструментальные измерения, касающиеся текущей и прошедшей погоды, могут осуществляться со стационарных платформ в рамках программ, которые в настоящее время проводятся без активной координации ВМО.

4.2.2.11 **Видимость**

В море при отсутствии пригодных объектов невозможно оценивать видимость с такой же точностью, как на наземных станциях. На большом судне оценку видимости, когда она очень низкая, можно получить, используя находящиеся на борту объекты (например фок-мачту), однако, следует осознавать, что эти оценки могут содержать ошибку, поскольку судно может вызывать изменения в воздушной среде. Для больших дистанций полезным ориентиром является появление земли при плавании вблизи побережья и если местоположение береговых знаков зафиксировано, то расстояние до них в моменты их появления или исчезновения может быть измерено по карте. Подобным образом можно оценивать видимость в открытом море, когда в поле зрения находятся другие суда и расстояние до них известно, например по радиолокатору. При отсутствии других объектов в качестве основы для оценки может послужить появление горизонта при наблюдениях с различной высоты. Хотя в такие методы могут вкрадываться ошибки из-за аномальной рефракции, они являются все же единственно доступными в определенных обстоятельствах. Ночью полезным для определения видимости является появление навигационных огней.

Когда видимость неодинакова во всех направлениях, ее следует оценивать или измерять в направлении наименьшей видимости, а в бортовом журнале следует делать соответствующую запись (исключая уменьшение видимости из-за выбросов из выхлопной трубы судна).

Информация об измерителях видимости приводится в части I, глава 9. Для использования на судах пригодны только те типы измерителей видимости, которые могут быть использованы при достаточно короткой базисной линии или коротком оптическом расстоянии. Таковыми являются измерители дальности видимости прямого рассеяния. К сожалению, тепловое воздействие самого судна и его выхлопных газов может привести к тому, что измерения будут непрезентативными.

4.2.2.12 **Осадки**

СДН обычно не передают информацию об осадках в кодированных сводках о типе погоды (раздел 4.2.2.10). Вместе с тем, измерения осадков могут передаваться со стационарных станций или судов, оборудованных осадкомерами. Измерение осадков в море рассматривается в публикациях ВМО (WMO, 1962; 1981), а также в контексте наблюдений

с научно-исследовательских судов в работах Bradley and Fairall (2006) и Weller et al. (2008), где также описаны наиболее новые системы, такие как оптические дождемеры, которые, как правило, не используются для обычных наблюдений. В качестве пособия для судовых наблюдателей в приложении 4.В дается описание осадков в море, которое может быть использовано для подготовки сводок о текущей погоде.

Полное измерение включает определение как количества, так и продолжительности осадков. Количество осадков должно измеряться при помощи осадкомера, приспособленного для использования на борту судна.

Получение надежных данных измерений осадков на борту судна является трудной задачей из-за аэродинамического воздействия надстройки судна, влияния бортовой и килевой качки, попадания брызг в осадкомер и изменений местоположения судна. Оборудование, используемое на судах для измерения осадков, должно быть сконструировано и установлено таким образом, чтобы избежать или свести к минимуму, насколько это возможно, влияние первых трех названных факторов. Для бортового осадкомера наиболее эффективным представляется помещение прибора максимально спереди и как можно выше. Однако в конкретных случаях другие положения могут использоваться для облегчения обслуживания.

Измерения осадков с заякоренных или стационарных станций (плавучие маяки, океанские корабли погоды, большие буи, вышки и т.д.) являются особенно ценными, потому что исключается влияние движения судна, и данные могут, таким образом, включаться в климатологические анализы без корректировки. Однако должны, тем не менее, учитываться любые проблемы, связанные с движением платформы и загрязнением солью.

Осадкомер на кардановом подвесе

Наиболее распространенным прибором, используемым для измерения осадков на борту судов, является осадкомер, укрепленный на кардановом подвесе; это устройство не является весьма эффективным, особенно в плохую погоду, поскольку оно не может удерживать осадкомер все время в горизонтальном положении. Эффективное устройство в виде карданового подвеса является очень сложным и дорогостоящим и используется только на специальных судах. Как правило, при использовании осадкомера более лучшим вариантом представляется применение стационарной установки прибора с дистанционной измерительной приставкой.

Конический морской осадкомер

Конический морской осадкомер обычно закрепляется высоко на мачте. Вода отводится по пластмассовой трубке в удаленный приемный сосуд, находящийся на палубе или рулевой рубке. Такое устройство может быть полезным для измерения осадков, если при его установке соблюдены меры предосторожности. Приемное отверстие осадкомера должно быть зафиксировано на плоскости, параллельной палубе судна.

Плювиограф

Для морских условий разработаны несколько типов плювиографов. В одном из них приемный сосуд закрепляется на открытом месте, а регистрирующее устройство устанавливается внутри помещения. Дождевая вода по трубке поступает из приемного сосуда в камеру, находящуюся рядом с регистрирующим устройством. Перо, связанное с поплавком в камере, записывает изменения уровня воды в камере на ленте вращающегося барабана. Слив осадков из камеры происходит автоматически через сифон, как только их общее количество достигает 20 мм.

В электроконтактном плювиографе связь между приемным сосудом и записывающим устройством осуществляется электрическим способом. Дождевая вода, попавшая в приемник, некоторое время хранится в камере. По достижении отметки, соответствующей 0,5 мм осадков, вода, касаясь стрелки, замыкает электрическую цепь. Затем электродвигатель закрывает входной клапан и одновременно открывает

выпускной клапан. После слива воды клапаны возвращаются в исходное положение, а на регистрирующее устройство посылается единичный импульс. Ошибки возникают в том случае, когда движение судна или буя вызывает колебания уровня воды большие, чем если бы он поднимался постепенно. Этот недостаток можно ликвидировать, используя перистальтический насос. Такое приспособление всякий раз, когда происходит электрический контакт, сливает определенное количество воды (а не всю накопленную воду), и таким образом прибор становится менее чувствительным к колебаниям уровня воды; при этом нет необходимости в клапанах.

Наблюдения за осадками при помощи радиолокаторов требуют применения узкого пучка радиолучей и поверочных осадкомеров, а также наличия специального оборудования для контроля режима работы локатора и выполнения корректирующих операций. Радиолокаторы, установленные на борту судов для других целей, не имеют этих особенностей и обычно не используются для определения количества осадков.

Третьим типом плювиографа является специально сконструированный судовой осадкомер, в котором используется горизонтальный и вертикальный, действующий во всех направлениях, приемный сосуд, с тем чтобы можно было проводить измерения осадков при высоких скоростях ветра (Hasse et al., 1998). Благодаря измерению количества воды, которая собирается вертикальной поверхностью приемного сосуда, можно вносить поправку на воздействие ветра, используя для этого параметры скорости ветра, измеренные одновременно в месте размещения прибора. Интенсивность и количество осадков измеряются и рассчитываются отдельно для верхнего и бокового приемных сосудов, и скорректированные значения осадков получают посредством средневзвешенного значения, зависящего от скорости ветра.

4.2.2.13 **Океанские волны**

Основными темами настоящего раздела являются определения и описания поведения волн, а также визуальных методов наблюдения за ними. Автоматизированные методы кратко упомянуты в разделе 4.3, посвященном заякоренным буям, хотя они применяются и для других типов платформ.

4.2.2.13.1 **Определения и описания волнения**

Разгон ветра: протяженность обширной водной поверхности, над которой дует ветер, имеющий почти постоянное направление и скорость.

Ветровое волнение или ветровые волны: система волн, наблюдаемых в точке, находящейся в пределах поля ветра, который вызывает волны.

Зыбь: любая система водных волн, которая вышла за пределы района ее образования (либо наблюдаемая после исчезновения вызвавшего волны поля ветра).

Длина волны: горизонтальное расстояние между последовательными гребнями или подошвами волны. Оно равно периоду волны, умноженному на ее скорость.

Высота волны: вертикальное расстояние между подошвой и гребнем волны.

Период волны: время между прохождением двух последовательных гребней волн через фиксированную точку. Оно равно длине волны, деленной на ее скорость.

Скорость волны: расстояние, которое проходит волна за единицу времени. Оно равно длине волны, деленной на ее период.

Наблюдение должно включать измерение или оценку следующих характеристик движения волны на поверхности моря для каждой различимой системы волн, т.е. ветрового волнения и зыби (основных и вторичных волн):

- a) направление (откуда движутся волны) по шкале 01–36 (как для направления ветра);
- b) период в секундах;
- c) высота.

В качестве руководства должны использоваться следующие методы наблюдения за характеристиками отдельных волновых систем.

Ветровые океанские волны образуются в больших системах, определяемых полем ветра, вызвавшим волнение, и относительным положением точки, в которой производятся наблюдения. Учитывая различие в определениях ветрового волнения и зыби, наблюдатель должен распознавать узнаваемые системы волн, наблюдая за направлением их перемещения, формой и периодом волн.

На рисунке 4.1 показан график, представляющий собой типичную кривую, полученную с помощью волнографа. Кривая показывает высоту поверхности моря, отсчитываемую от фиксированной точки в функции времени, т.е. отражает вертикальные колебания плавающего на поверхности моря тела, как это видит наблюдатель. На графике дана обычная картина волнения на поверхности моря, возмущенной ветром, в результате чего образуется ветровое волнение.

Волны неизменно перемещаются нерегулярными группами с акватории слабо развитого волнения, при этом расстояние между ними составляет от двух или более длин волн. При ветровом волнении нерегулярность больше, чем при зыби. Кроме того, можно наблюдать, хотя это невозможно отразить на волнограмме, что группы, состоящие из двух или более хорошо выраженных волн, при ветровом волнении перемещаются в направлениях, отличающихся друг от друга на 20° или 30° . В результате интерференции пересекающихся волн гребни ветровых волн довольно короткие. Зыбь характеризуется большей регулярностью. Она перемещается в виде достаточно правильных последовательностей в четко выраженном направлении и, как правило, имеет длинные и гладкие гребни. Типичную невозмущенную зыбь можно наблюдать в тех акваториях, где в течение периода времени от нескольких часов до одного дня и более был слабый ветер или полное безветрие. В большинстве районов моря ветровые волны и зыбь смешиваются.

4.2.2.13.2 Визуальные наблюдения с торговых судов

Наблюдатель, который пытается наблюдать за характеристиками каждой из распознаваемых волновых систем (ветровых волн и зыби) отдельно, должен иметь в виду тот факт, что более высокие компоненты ветровых волн со сравнительно длинными гребнями и большими периодами похожи на зыбь. Может показаться возможным расчленив скопление волн разной высоты, периода и направлений (образующих вместе систему ветрового волнения) на две разные волновые системы и считать меньшие волны ветровыми, а большие зыбью, однако это может оказаться неправильным.

Различать ветровые волны и зыбь следует, основываясь на одном из нижеследующих критериев:

Направление волн: если среднее направление всех волн с более или менее аналогичными характеристиками (в частности, высотой и длиной) отличается на 30° или более от среднего направления волн, отличных по внешнему виду (в частности, по высоте и/или длине), тогда следует считать, что эти две группы волн принадлежат к разным системам волн.

Форма и период: когда типичные волны зыби, характеризующиеся регулярной формой и длинными гребнями, появляются под углом приблизительно до 20° от направления ветра, их следует рассматривать как отдельную волновую систему, если их период по крайней мере на 4 с больше, чем период волн большего размера наблюдающегося ветрового волнения.

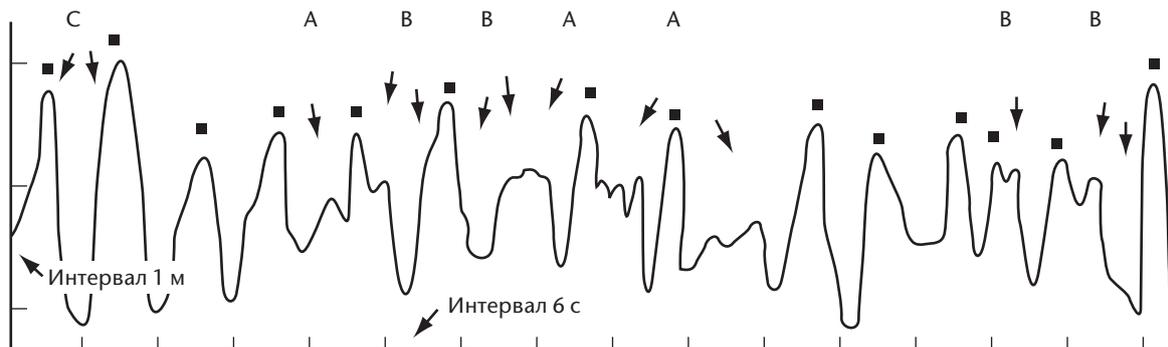


Рисунок 4.1. Типичные волны ветрового волнения и зыби, полученные с помощью волнографа.

В целях измерения среднего периода и высоты системы волнения следует рассматривать только характерные волны; это более высокие волны в центре каждой группы хорошо выраженных волн (рисунок 4.1). Низкие и слабо выраженные волны (A) в зоне между группами должны исключаться из волнограммы.

Фактически, требуется средний период и средняя высота приблизительно 15–20 хорошо выраженных волн из центров групп. Разумеется, эти волны не могут быть последовательными. Менее значительные волнообразные возмущения (B), которые, как ясно видно, образуются под воздействием ветра на вершинах волн большого размера, также должны исключаться из волнограммы.

Время от времени встречаются волны, которые буквально возвышаются над окружающими волнами (C). Такие волны могут возникать поодиночке или группами из двух или трех волн. Наблюдателю не следует сосредоточиваться только на этих максимальных волнах; для того чтобы определить средний период и среднюю высоту порядка 15–20 волн, ему необходимо учитывать хорошо выраженные волны средней высоты. Следовательно, сообщаемая высота волны будет меньше, чем максимальная высота наблюдаемых волн. В среднем фактическая высота приблизительно каждой десятой волны будет превышать высоту, которую должен сообщить наблюдатель. Обычной практикой является определение высоты характерных волн, измеряемой волнографами в качестве средней высоты одной трети самых высоких волн; следует аппроксимировать высоту волн, которая будет визуально оцениваться наблюдателем.

Наблюдатель должен помнить, что необходимо регистрировать только измерения либо весьма хорошие оценки. Грубые оценки имеют небольшую ценность. Приоритетное значение должно иметь качество наблюдений, а не их количество. Если из трех элементов (направление, период, высота) можно измерить или действительно хорошо оценить только два или даже один, например ночью, их сообщение все же будет ценным.

Эти соображения должны учитываться во всех методах наблюдений, описываемых ниже. Более подробная информация о волнении содержится в публикации ВМО (WMO, 1998), в разделах 4.4.1 и 4.4.2 публикации ВМО (2001) и разделах 4.3.4–4.3.6 настоящей главы.

Направление, откуда перемещаются волны, легче всего определить, если наблюдатель следит за перемещением гребней, а затем поворачивается на 90° в ту сторону, откуда движутся волны. Таким образом, наблюдатель получает направление распространения волн.

Рекомендованные процедуры для сообщения данных о зыби с проводящих наблюдения судов с неавтоматизированным представлением данных содержатся в приложении 4.С.

Период волны

Это единственный элемент, который можно измерить на борту идущего торгового судна. Если имеется секундомер, то нужен один наблюдатель, либо необходимо иметь двух наблюдателей и часы с секундной стрелкой. Наблюдатель отмечает какой-либо небольшой предмет, плавающий на воде на некотором расстоянии от судна; если таких предметов нет, то, как правило, можно найти ясно видимый клочок пены, остающийся заметным в течение нескольких минут, нужных для наблюдений. Секундомер включается в тот момент, когда предмет появляется на гребне волны. По мере продвижения гребня предмет исчезает в ложбине, а затем снова появляется на следующем гребне и т.д. Отмечается время, когда предмет виден на вершине каждого гребня. Наблюдения следует продолжать как можно дольше. Их прекращают тогда, когда предмет вследствие движения судна становится далеким и неразличимым. Очевидно, что продолжительность наблюдений будет наибольшей, если выбрать предмет, находящийся как можно дальше по носу судна, но так чтобы его было четко видно.

Другой метод заключается в наблюдении за двумя и более хорошо выраженными последовательными волнами отдельной группы без остановки секундомера; после прохождения последнего хорошо выраженного гребня группы или перед предполагаемым исчезновением предмета секундомер останавливают, а затем включают вновь при прохождении первого хорошо выраженного гребня новой группы. Наблюдатель подсчитывает общее число периодов волн, пока оно не достигает, по крайней мере, 15–20.

Наблюдения можно также проводить путем отслеживания килевой и бортовой качки носовой части судна. Наблюдатель выбирает точку на самом высоком или самом низком уровне цикла и начинает отсчет времени с нее. Когда она возвращается к той же точке, наблюдатель регистрирует данное время. Посредством повторения этой процедуры несколько раз можно определить надежные данные наблюдения. Этот метод срабатывает также во время ночного наблюдения, когда наблюдатель чувствует подъем и падение ощущениями своего собственного организма.

При измерениях периода волн менее 5 с и малых скоростях ветра такого рода наблюдение может быть затруднено, но такие волны представляют меньший интерес, чем волны с более длинными периодами.

Высота волн

При некотором опыте можно получить весьма надежные оценки. Для оценки высоты волн длиной значительно меньше длины судна наблюдатель должен занять положение на судне как можно ниже, например посередине, где килевая качка минимальна, и на том борту судна, откуда приходят волны. Следует использовать возникающие иногда моменты, когда бортовая качка временно прекращается.

В тех случаях, когда длина волны больше длины судна, вышеизложенный метод не подходит, так как все судно поднимается на волну. В этой ситуации наилучшие результаты получаются тогда, когда наблюдатель перемещается вместе с судном вверх или вниз до тех пор, пока он не окажется на такой высоте, с которой в момент нахождения судна в ложбине при отсутствии крена вершины приближающихся волн будут казаться на одной линии с горизонтом (рисунки 4.2). Тогда высота волны будет равна высоте, на которой находится глаз наблюдателя над уровнем воды (а). В случае бортовой качки необходимо убедиться, что приближающаяся волна находится на одной линии с горизонтом в тот момент, когда судно не имеет крена; в противном случае оценка высоты будет завышена (б).

Несомненно, самый трудный случай, когда длина волны превышает длину судна, а высота волны мала. Лучшая оценка получается, если спуститься как можно ближе к воде, но даже тогда оценка высоты будет лишь приблизительной.

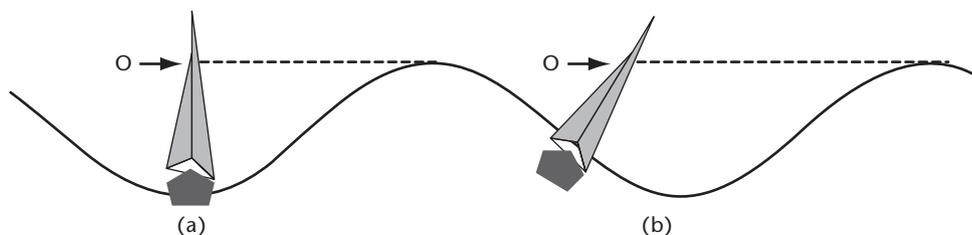


Рисунок 4.2. Влияние крена судна на оценку высоты волн.

4.2.2.13.3 Наблюдения с океанских кораблей погоды и других специальных судов

Океанские корабли погоды обычно обеспечиваются соответствующими регистрирующими приборами. Однако при проведении визуальных наблюдений следует придерживаться вышеуказанной процедуры; кроме того, судно должно двигаться носом на волну. Для измерения периода волн с борта можно сбросить какой-нибудь предмет. Для измерения высоты нужно краской нанести отметки на борту в средней части борта судна (с интервалами 0,5 метра).

Длину лучше всего наблюдать, сбросив буй с кормы на такое расстояние, чтобы гребни двух последовательных волн одновременно проходили буй и наблюдателя. Расстояние между ними и есть длина волны.

Скорость можно определить, отмечая время прохождения волны от кормы до буя, делая при этом поправку на скорость судна.

4.2.2.13.4 Волнение в прибрежных водах

Дополнительными понятиями, связанными с определением состояния поверхности моря в прибрежных зонах, являются:

Бурун: возникает при обрушении волны в результате продвижения ее на очень мелкую воду глубиной порядка удвоенной высоты волны.

Прибой: волны, обрушивающиеся между береговой линией и наиболее удаленной линией бурунов.

Барашки: наблюдаются при частичном обрушении гребней волн, вызванном воздействием ветра, увеличением крутизны волн при встречном оттоке или приливо-отливном или увеличением крутизны волн из-за набегания на мелководье, недостаточно мелкое, чтобы вызвать буруны.

Нельзя ожидать, что наблюдения за волнением с береговой станции будут репрезентативными для условий в открытом море. Это связано с тем, что на волны влияют глубина, приливы, а также отражение от таких объектов, как крутые скалы или молы. Кроме того, место наблюдения может быть защищено мысами или, с меньшей вероятностью, мелями, при этом и те, и другие могут влиять на высоту волн и направление их перемещения. Эти явления подробно описаны в публикации ВМО (WMO, 1991b).

Когда, несмотря на наличие таких трудностей, необходимо провести наблюдения, волны следует выбирать так же, как в открытом море. Если они нужны для исследовательских целей, то необходимо указывать точную среднюю глубину в срок наблюдения и сам срок.

4.2.2.13.5 Терминология для ветровых волн и зыби

Для таких случаев, как передача метеорологической информации и прогнозов для мореплавания, публикаций, лоций и т.п., когда информация не включается в закодированные сообщения, рекомендуется следующая терминология:

Для длины волны зыби:	
короткая	0–100 м
средняя	100–200 м
длинная	более 200 м
Для высоты волны зыби:	
низкая	0–2 м
средняя	2–4 м
большая	более 4 м
Для высоты ветровых волн:	
полный штиль (спокойная поверхность)	0 м
штиль (рябь)	0–0,1 м
сглаженное волнение (небольшие волны)	0,1–0,5 м
слабое волнение	0,5–1,25 м
умеренное волнение	1,25–2,5 м
сильное волнение	2,5–4 м
очень сильное волнение	4–6 м
высокое волнение	6–9 м
очень высокое волнение	9–14 м
исключительно сильное волнение	более 14 м

Во всех случаях точное граничное значение длины или высоты включается в более низкую категорию; так, например, если высота ветровых волн 4 м, то отмечается сильное волнение. Когда состояние морской поверхности такое сложное, что ни один из вышеуказанных описательных терминов не подходит, следует пользоваться термином «нерегулярное волнение».

4.2.2.14 Лед

В море встречается несколько форм плавающего льда. Самая распространенная форма – это лед, образовавшийся в результате замерзания поверхностного слоя воды, а именно морской лед. Сообщение данных о морском льде рассматривается в публикации ВМО (1970).

Другие формы – это речной лед и лед материкового происхождения. Речной лед встречается в гаванях и эстуариях, где он находится в движении за счет приливных течений и, как правило, лишь временно является помехой для судоходства. Лед материкового происхождения в виде айсбергов рассматривается отдельно ниже.

Как айсберги, так и морской лед могут представлять опасность для судоходства и всегда влияют на навигацию. Кроме того, морской лед влияет на обычные процессы энергетического обмена между океаном и атмосферой над ним. Протяженность морского ледяного покрова может существенно различаться в разные годы и в большой степени влиять как на соседние океанские акватории, а также на погоду на больших территориях земного шара. Поэтому распространение льда представляет значительный интерес для метеорологов и океанографов. Хотя широкомасштабные наблюдения за распространением морского льда изменились революционным образом за счет использования изображений со спутников, наблюдения на береговых станциях, судах и с самолетов по-прежнему играют важную роль при детальных наблюдениях и привязке спутниковых наблюдений к подлинным данным наземных наблюдений.

Наблюдения за плавучим льдом в настоящее время почти полностью основываются на визуальной оценке. Инструментальные наблюдения выполняются только обычным

радиолокатором и новыми методами, такими как пассивные микроволновые датчики и бортовые радиолокаторы бокового обзора. Однако айсберги плохо отражают лучи радиолокаторов и их не всегда можно обнаружить с помощью этой техники.

4.2.2.14.1 Наблюдения за обледенением

Обледенение может быть чрезвычайно опасно из-за своих последствий для малых судов, в частности для судов водоизмещением менее 1 000 тонн. Даже на более крупных судах в результате обледенения антенн может выходить из строя радиоаппаратура и радиолокаторы. Может также ухудшаться видимость с мостика. Возникали проблемы из-за обледенения грузов, находящихся на палубе больших контейнеровозов. Помимо возможного воздействия на остойчивость судна, обледенение может вызывать трудности при разгрузке судна в порту назначения, когда контейнеры и их найтовы накрепко примерзают к палубе. Рыболовецкие суда особенно уязвимы к обледенению. Более подробная информация дается в публикации ВМО (WMO, 1991*b*); а что касается метеорологических аспектов, то подробности можно найти в публикации ВМО (WMO, 1974).

В море встречается два основных вида обледенения: вследствие замерзания морской воды и вследствие замерзания пресной воды. Первое происходит в результате попадания брызг морской воды, возникающих при взаимодействии судна или установки с волнами, а также в результате попадания брызг, сдуваемых с гребней волн, либо по той и другой причинам одновременно. Пресноводное обледенение может быть вызвано замерзающим дождем и/или моросью; и иногда обледенение вызывает мокрый снег при последующем понижении температуры; обледенение также может возникнуть в результате замерзания тумана. И тот, и другой виды обледенения могут иметь место одновременно.

Наиболее важными метеорологическими элементами, влияющими на обледенение в море, являются скорость ветра и температура воздуха. Чем выше скорость ветра относительно судна и чем ниже температура, тем больше скорость нарастания льда. По-видимому, не существует предельной температуры воздуха, ниже которой уменьшается риск обледенения.

В кодовой форме ВМО (WMO, 2011*b*; 2011*c*), применяемой для передачи по радио метеосводок с судов, находящихся в море, предусмотрено включение сведений об обледенении. Эта информация может даваться либо в коде, либо открытым текстом. В одной пятизначной группе кодовая форма дает возможность передавать сведения о причинах обледенения, толщине и скорости нарастания льда. Сводкам открытым текстом должно предшествовать слово «ICING», и особенно ценными являются сводки, содержащие характеристики обледенения, опасные для судов.

4.2.2.14.2 Формирование и развитие морского льда

Лед толщиной менее 30 см

Первым признаком образования льда является появление маленьких ледяных игл или пластинок в верхнем слое воды толщиной несколько сантиметров. Эти иглы, которые так и называются – ледяные иглы, образуются в больших количествах и придают морской воде маслянистый вид. По мере понижения температуры ледяные иглы срастаются и образуют ледяное сало, которое имеет матовый оттенок. Если на поверхность воды, близкую к замерзанию, но все еще свободную от льда, выпадает снег, то она может покрыться слоем снегуры. Под действием ветра и волн эти формы могут видоизменяться, образуя шугу, и все они классифицируются как начальные виды льда. При дальнейшем выхолаживании в зависимости от его скорости и солёности воды образуются ледяная корка (склянка) или нилас. Склянка образуется, когда вода с низкой солёностью замерзает в виде тонкого слоя хрупкого льда, который почти не содержит соли, в то время как при замерзании воды с высоким содержанием соли, особенно если это происходит быстро и при слабом ветре,

образуется лед, обладающий эластичностью, – нилас. Этот вид льда в зависимости от толщины подразделяется на темный и светлый нилас; вторая, более развитая форма, достигает максимальной толщины 10 см.

Под действием ветра и волн склянка или нилас могут ломаться, образуя блинчатый лед, который впоследствии смерзается и утолщается, образуя серый и серо-белый лед, достигающий со временем толщины 30 см. Эти виды льда объединяют под общим названием – молодой лед. При штормовой погоде лед может ломаться, образуя мелкобитый лед или ледяные поля разных размеров.

Лед толщиной от 30 см до 2 м

Следующий этап развития льда, известный как однолетний лед, подразделяется на три категории: тонкий, средний и толстый. Тонкий однолетний лед имеет толщину 30–70 см, средний – от 70 до 120 см, толстый однолетний лед в полярных районах к концу зимы может достигать толщины приблизительно 2 м.

Старый лед

Толстый однолетний лед, сохранившийся в течение летнего сезона таяния, классифицируется как старый лед. Этот лед подразделяется на двухлетний и многолетний в зависимости от того, сколько летних сезонов пережили ледяные поля. Перед наступлением сезона таяния толщина старого льда обычно колеблется от 1,2 до 3 м и более. К концу летнего сезона таяния толщина старого льда может значительно уменьшаться. Старый лед часто можно распознать по голубоватой поверхности, в то время как однолетний лед имеет зеленоватый оттенок.

Снежный покров

Зимой лед, как правило, покрывается снегом, который изолирует его от воздуха и замедляет скорость его роста. В зависимости от климатических условий высота снежного покрова в разных районах существенно различается. Высота снежного покрова может также сильно меняться на небольших расстояниях в зависимости от ветра и топографии льда.

Разрушение морского льда

Пока сохраняется снежный покров, в окружающее пространство отражается почти 90 % приходящей радиации. Однако с началом лета, когда температура воздуха поднимается выше 0 °С, снег начинает таять и на поверхности образуются пресноводные снежницы. Снежницы поглощают приблизительно 90 % приходящей радиации и быстро увеличиваются по мере таяния окружающего снега и льда. В конце концов снежницы проникают до нижней поверхности ледяных полей, и образуются так называемые проталины. Такой медленный процесс разрушения характерен для льдов Северного Ледовитого океана и морей, в которых движение ограничено береговой линией или островами. Там же, где лед свободно дрейфует в более теплые воды (например, в Антарктике, в восточной части Гренландского моря и в море Лабрадор), процесс разрушения льда ускоряется за счет волновой эрозии и более высокой температуры воздуха и воды.

Движение морского льда

По своей подвижности морской лед делится на два основных типа. Один тип – это дрейфующий лед, который находится в непрерывном движении под действием ветра и течений, второй – это припай, т.е. лед, прикрепленный к берегу или островам и остающийся неподвижным. Когда сплоченность льда достигает высокой степени, т. е. 7/10 или более, то термин «дрейфующий лед» может заменяться на термин «паковый лед».

Напор ветра на дрейфующий лед заставляет ледяные поля двигаться приблизительно в направлении ветра. Под воздействием отклоняющей силы вращения Земли (силы

Кориолиса) в северном полушарии ледяные поля отклоняются приблизительно на 30° вправо от направления приземного ветра. Поскольку приземный ветер сам отклоняется на ту же величину, но в противоположном направлении от геострофического ветра (дующего по изобарам), то направление движения ледяных полей вследствие только ветрового дрейфа можно считать параллельным изобарам.

Скорость ветрового дрейфа льда меняется не только в зависимости от скорости ветра, но также от сплоченности дрейфующего льда и степени его деформации (см. подраздел ниже). Очень разреженный лед (1/10–3/10) может более свободно перемещаться под действием ветра, чем сплоченный лед (7/10–8/10), когда свободное пространство ограничено. Скорость дрейфа сплоченного льда, вызванного ветром, в среднем составляет 2 % скорости ветра, а скорость дрейфа разреженного льда может быть значительно больше. Поскольку дрейфующий лед находится на плаву, на него воздействуют устойчивые по направлению течения, существующие в верхних слоях океана, независимо от того, являются ли они приливными по своей природе или вызваны другими силами. Зачастую очень трудно определить, чем вызван дрейф – ветром или течением, но, когда действуют обе силы, результирующее движение представляет собой векторную сумму того и другого. Преобладающий вклад обычно вносит напор ветра, особенно в оффшорных районах.

Деформация морского льда

Когда лед подвергается давлению, поверхность его деформируется. В результате, если это начальные виды льда или молодой лед, могут возникнуть наслоения, когда ледяное поле надвигается на соседнее; в случае более толстого льда в зависимости от того, какие силы сжатия оказывают влияние, могут возникнуть гряды льда и торосы. В процессе образования торосов и гряд льда, когда куски льда нагромождаются выше общего его уровня, большие массы льда погружаются, чтобы поддерживать тяжесть гряд и торосов. Подводная часть гряд может быть в 3–5 раз больше их надводной части, и поэтому такие деформации являются серьезным препятствием для судоходства. Вновь образовавшиеся гряды, как правило, менее опасны для судоходства, чем подвергшиеся атмосферным влияниям старые и монолитные гряды.

4.2.2.14.3 Айсберги

Айсберги представляют собой большие массы плавающего льда, отколовшиеся от ледников, в том числе от шельфовых. Глубина подводной части айсберга по сравнению с надводной колеблется в широком диапазоне в зависимости от вида айсбергов. Подводная масса антарктических айсбергов, отколовшихся от находящегося на плаву шельфового льда, как правило, меньше, чем подводная масса айсбергов, отколовшихся от ледников Гренландии. У типичного столообразного антарктического айсберга, самая верхняя часть которого высотой 10–20 м состоит из старого снега, над поверхностью видна, как правило, одна часть его массы, а пять частей находятся под водой; у арктического айсберга со значительно меньшим количеством снега, состоящего почти полностью из льда, это соотношение, как правило, составляет 1:8.

Размеры айсбергов уменьшаются тремя путями: откалывание, таяние и волновая эрозия. Когда от него откалывается кусок льда, говорят об обрушении айсберга; это нарушает его равновесие, в результате чего он может поплыть под другим углом или опрокинуться. Характерной чертой айсбергов являются большие подводные выступы, которые трудно заметить. В холодной воде айсберг тает в основном по ватерлинии, в то время как в теплой воде – снизу и часто раскалывается. Особенно опасно приближаться к тающему в теплой воде айсбергу, поскольку он неустойчив, может расколоться или опрокинуться в любой момент. Вокруг быстро разрушающихся айсбергов может находиться много обломков и небольших айсбергов, представляющих особую опасность для судоходства.

Айсберги плохо отражают лучи радиолокаторов и поэтому не всегда могут быть обнаружены с их помощью. Фрагменты их разрушения (обломки и небольшие айсберги) зачастую еще труднее обнаружить с помощью судового радиолокатора, так как они

скрываются за фоновыми помехами, создаваемыми ветровыми волнами и зыбью. Эти мелкие обломки особенно опасны для судов, так как несмотря на низкий профиль, масса их достаточно велика, чтобы повредить судно, которое сталкивается с ними на обычной крейсерской скорости. Некоторые небольшие айсберги из чистого льда почти не видны на поверхности воды, и их крайне трудно обнаружить.

4.2.2.14.4 Наблюдения за морским льдом и айсбергами

Ключом к хорошим наблюдениям за льдом является хорошее знание номенклатуры льдов и опыт работы. Для моряков лучшим руководством по определению льдов является иллюстрированная публикация ВМО (1970).

На судоходство влияют следующие четыре важные характеристики морского льда:

- a) толщина: стадия развития (т.е. начальные виды льда, молодой лед, однолетний лед или старый лед, а также виды, на которые они подразделяются);
- b) количество: сплоченность (оцениваемая десятками долями поверхности моря, покрытой льдом);
- c) вид льда, как-то припай или дрейфующий лед, и размер составляющих ледяных полей;
- d) движение: особенно с учетом его влияния на деформацию.

Поскольку айсберги представляют собой опасность для судоходства, особенно ночью или при плохой видимости, важно также сообщать количество айсбергов, находящихся в поле зрения во время наблюдения, особенно в водах, где они наблюдаются редко.

Информация о морском льде может передаваться открытым текстом или с использованием кодов. В ВМО для международного использования приняты два кода для морского льда. Самой простой является группа ICE, прибавляемая к кодовой форме SHIP. Код ICEAN был разработан для использования его специалистами в целях передачи результатов анализа и прогноза морского льда.

Существуют два основных правила наблюдений на судах и береговых станциях:

- a) обеспечивать широкое поле обзора путем производства наблюдений с максимально высокой точки над поверхностью моря (например, с верхней части маяка, с мостика или с марсовой площадки судна);
- b) не пытаться передавать информацию о состоянии морского льда за пределами радиуса, равного более половины расстояния между точкой наблюдения и горизонтом.

ВМО разработала систему обозначений для нанесения на карты фактической или прогнозируемой ледовой обстановки. Эти обозначения предназначены для международного обмена информацией о морских льдах, а также для радиофаксимильной передачи ледовых данных.

4.2.2.15 Наблюдения за особыми явлениями

Морские наблюдатели могут передавать сводки о природных явлениях, используя традиционные или определенные электронные судовые журналы. Однако такие специальные наблюдения обычно не могут распространяться по ГСТ вследствие международных ограничений формата. Наблюдения могут иметь форму письменных описаний, эскизов или фотографий, или их сочетания. Целый ряд различных явлений могут быть переданы, включая:

- a) астрономические явления (например, затмения, кометы, зодиакальный свет, солнечные пятна и карликовые новые звезды);
- b) явления в верхней атмосфере (например, замирание или непрохождение радиосигнала, магнитные возмущения и бури, свечение атмосферы, полярное сияние, метеоры или шаровидные молнии, серебристые облака);
- c) явления в нижней атмосфере (например, аномальная рефракция и миражи, gloria или разорванные спектры, окрашенное солнце или луна, ореолы, огни Эльма, сумеречные лучи, выпадение пыли, зеленые лучи, гало, светящееся облако, молния, радуга, сцинтилляция, необычная окраска неба и водяные смерчи). Следует отметить, что при описании водяных смерчей направление вращения следует всегда указывать так, как будто это видится сверху;
- d) случаи наблюдения морских млекопитающих, птиц, рыб, беспозвоночных и эффектов массового планктона таких как биолюминесценция, красные приливы и вода, изменившая натуральный цвет;
- e) другие морские явления (например, необычные случаи отклонения стрелки компаса, изменения уровня моря или волнения).

Национальные издания или информация, сопровождающая электронные судовые журналы, содержат сведения о том, какие именно явления представляют интерес, и какая информация требуется для передачи сообщений о конкретных типах явлений.

4.3 ЗАЯКОРЕННЫЕ БУИ

Заякоренные буи характеризуются широким разнообразием конфигураций (например, с точки зрения конструкции заякоривания, типов датчиков, схем выборки, техники подъема, телеметрии и т.д.), обслуживающих целый ряд оперативных и исследовательских применений и дисциплин. Главное внимание в настоящем разделе, в котором не содержится информации о широком спектре возможностей, используемых в современных функционирующих системах, уделяется требованиям к морским метеорологическим измерениям с оперативных метеорологических заякоренных буюв. С информацией, касающейся других систем, связанных с требованиями к исследовательским применениям, можно ознакомиться в других публикациях и на веб-сайтах, например:

- тропические заякоренные буи АТЛАС: http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mooring.shtml;
- океанские климатические станции: <http://www.pmel.noaa.gov/OCS/>;
- тропические заякоренные буи ТРИТОН в западной части Тихого океана: http://www.jamstec.go.jp/jamstec/TRITON/real_time/php/top.php;
- более современные заякоренные буи м-ТРИТОН в Индийском океане: <http://www.jamstec.go.jp/iorgc/iomics/index.html>;
- руководство НУОА по проведению качественных метеорологических измерений и измерений потока в море (Bradley и др., 2006).

Типичный заякоренный буй, сконструированный для работы на больших океанских глубинах, оборудован датчиками для измерения следующих переменных:

- a) скорость ветра;
- b) направление ветра;

- c) атмосферное давление;
- d) температура поверхности моря;
- e) высота и период волн;
- f) температура воздуха;
- g) температура точки росы или относительная влажность.

Ниже приводятся следующие дополнительные элементы, измеряемые некоторыми заякоренными буями:

- a) максимальный порыв ветра;
- b) волновой спектр (направленный или ненаправленный);
- c) солнечная радиация (направленная вниз коротковолновая радиация);
- d) поверхностное течение или профили течения;
- e) соленость поверхностного слоя;
- f) подповерхностная температура и соленость на глубине до 500 м или 750 м;
- g) атмосферная видимость;
- h) осадки;
- i) приземная концентрация CO₂.

Что касается волн, то обычно измеряются или оцениваются приведенные ниже переменные; при этом используются следующие определения (см. также 4.2.2.13 для дополнения этих определений):

Характерная высота волн: оценка средней высоты одной трети наиболее высоких волн;

Максимальная высота волн: максимальная высота одной волны, наблюдаемая за определенный период времени;

Средний период прохождения волнами нулевого уровня: период волн, соответствующий прохождению нулевого уровня высоты поверхности. Он также может оцениваться по второму порядку частоты спектра волновой энергии;

Пиковая высота: высота волны, соответствующая пику спектра волновой энергии (часть спектра с наивысшей энергией волны);

Пиковый период: период волн, соответствующий пиковой высоте спектра волновой энергии;

Период волнового спектра: период волн, соответствующий средней частоте спектра.

Помимо метеорологических и океанографических измерений необходимо следить за местоположением буев и различными параметрами их состояния с целью контроля качества данных и технического обслуживания. Технология использования заякоренных буев усовершенствована до такой степени, что считается обычной работа буев без технического обслуживания в течение срока от 6 месяцев до двух лет даже в самых суровых условиях. Продолжительность оперативной жизни буя определяется в основном сроком службы датчиков, которые часто заменяются через 12–18 месяцев.

В настоящее время считается, что наблюдения с заякоренных буюв являются более качественными, чем наблюдения с судов, с точки зрения точности и надежности измерений (Wilkerson и Earle, 1990; Ingleby, 2010). Действительно считается, что заякоренные буи обычно сообщают данные наблюдений высшего качества в широком диапазоне морских метеорологических переменных, и помимо их использования прогнозистами и включения в модели численного прогнозирования погоды (ЧПП) эти данные могут быть также использованы для получения информации о климатологии океанических районов, эталонных данных, прошедших «наземную проверку», для калибровки/валидации спутников и оценки приземных потоков (например, Bourras, 2006).

Ниже приводятся типичные погрешности измерений, проведенных с оперативных буюв:

скорость ветра	1 м·с ⁻¹ или 5 % для показателя более 20 м·с ⁻¹
направление ветра	10°
температура ветра	0,2 °С
давление на уровне моря	0,2 гПа
температура поверхности моря	0,2 °С
температура точки росы	0,5°
характерная высота волн	10 % или 0,2 м
направление волн	10°
период волн	1 с

Стандартный комплект датчиков, установленный на заякоренных буювах, осуществляет выборочные измерения скорости ветра, максимального порыва ветра (например, порыв ветра в течение 3–5 секунд, в зависимости от национальных требований); направления ветра; барометрического давления; температуры воздуха; температуры воды; и ненаправленных спектров энергии океанских волн, на основе которых определяются характерная высота волн и пиковый (или средний) период волн. Для измерителей волн цунами стандартным измерением является высота столба воды.

4.3.1 Атмосферное давление

Атмосферное давление и его изменчивость как во времени, так и пространстве, имеют исключительно важное значение для ЧПП и для анализа и прогнозирования. Измерение атмосферного давления на большинстве буювов осуществляется при помощи цифровых барометров-анероидов. Давление определяется по электрической емкости между параллельными, чувствительно реагирующими на давление пластинами. Емкость между этими пластинами увеличивается по мере повышения давления. Проводятся следующие измерения давления:

- давление на уровне станции – это фактическое измерение при помощи барометра на высоте станции в гПа; в некоторых случаях могут использоваться два барометра, и их значения усредняются;
- давление на уровне моря – это давление, приведенное к уровню моря по давлению на уровне станции и выраженное в единицах гПа. Для установленных в море буювов эта величина весьма близка к давлению на уровне станции. Большое различие наблюдается между давлением на уровне моря и давлением на уровне станции, данные о котором поступают с буювов, размещенных на озерах, находящихся на большой высоте. Преобразование в давление на уровне моря осуществляется с использованием процедур, описанных в WBAN (United States Weather Bureau, 1963).

Многие буи, размещенные в регионах, подверженных ураганам или воздействиям интенсивных систем низкого давления, способны измерять дополнительные данные среднего давления за одну минуту. Эти данные регистрируются после того, как почасовые данные о давлении становятся ниже предопределенного порогового значения (например, 1 008 гПа в тропиках). Ниже приводятся условия получения дополнительных данных о давлении:

- a) минимальное барометрическое давление за минимум одну минуту в гПа, показанное первым (и вторым, если он установлен) барометром – это минимальное среднее барометрическое давление за одну минуту в течение часа;
- b) время – это минута в течение часа, когда наблюдается минимальное давление.

4.3.2 Измерения ветра

Измерения ветра являются самыми важными измерениями, которые проводятся с заякоренных буюв. Они имеют существенное значение для морских синоптиков.

Определения:

Направление ветра – это направление, откуда дует ветер, выраженное в градусах по часовой стрелке от истинного севера. Это средний векторный показатель направления ветра;

Скорость ветра – это средняя скалярная величина скорости ветра за выборочный интервал (обычно 10 мин);

Максимальная скорость ветра – это наивысшая, документально зарегистрированная скорость ветра. Порывы ветра определяются по высшей скользящей средней величине, зарегистрированной в течение короткого интервала времени (например 5 с).

Измерение ветра обычно производится при помощи крыльчатого или чашечного анемометра и флюгера. Для предотвращения механического износа на заякоренных буювах началось использование ультразвуковых датчиков скорости и направления ветра, не имеющих никаких подвижных частей. Измерение направления ветра обычно проводится при помощи компаса, и поэтому относительное направление ветра, измеренное с буюа, может быть скорректировано для получения истинного направления.

В некоторых Членах ВМО на их метеорологических заякоренных буювах обычно используется четырехлопастной роторный датчик-флюгер. Конечные измерения – это статистические оценки параметров ветра на основе временных рядов мгновенных выборочных измерений ветра, проведенных с минимальной частотой 1 герц (Гц) за конкретный период времени. Скорость дискретизации является функцией номинальной нагрузки. На большинстве заякоренных буювов используется 8-минутный период сбора данных. Последующие стандартные измерения ветра производятся каждый час.

В некоторых Членах ВМО их метеорологические заякоренные буюы осуществляют статистическую обработку данных в конце периода их сбора, а итоговое сообщение обновляется при помощи новых статистических данных и шести 10-минутных сегментов. Статистическая обработка включает расчет среднего значения как параметров направления и скорости, так и стандартного отклонения скорости. Почасовые данные не представляют собой данные от нулевой минуты до 59-ой минуты. Они представляют собой скорее самые последние полные шесть 10-минутных сегментов до конца последнего сбора данных. В то же время обязательным является отсчет 10-минутных сегментов от 0, 10, 20 и т.д. минут.

В случае заякоренных буювов некоторых Членов ВМО, скорость ветра на уровнях в 10 м и 20 м выше площадки измерения выводится при помощи алгоритма (Liu et al., 1979), используя высоту анемометра, скорость ветра, постоянную относительную влажность в 85 %, постоянное давление на уровне моря 1 013,25 гПа, и температуру воздуха и воды. Если отсутствуют данные о температуре либо воздуха, либо воды, то предполагается нейтральная стабильность с учетом того, что нейтральная стабильность может вызвать ошибку до 5 %. Если отсутствуют оба этих параметра, то скорость ветра не указывается ни на высоте 10 м, ни на высоте 20 м над уровнем площадки.

На английских, французских и ирландских заякоренных буюх серии К традиционно использовались чашечный анемометр и флюгер с самостоятельной ориентацией для измерения скорости и направления ветра за 10-минутный период сбора данных ежечасно. Однако во время работы соленая вода проникает через уплотнения, и фактически происходит сбой в работе приборов, когда кристаллы соли образуются в смазочном материале, что ведет к механической поломке движущихся частей. Эти заякоренные буи обладают двойными системами измерения параметров ветра для повышения устойчивости к воздействию внешней среды в случае поломки анемометра. Для еще большей надежности приборов некоторые страны-члены заменяют их новой системой измерения параметров ветра, в которой используются звуковой анемометр и электронный компас.

4.3.3 **Температура**

Температура – это одно из основных метеорологических измерений. Для проведения измерений температуры обычно используются электронные термисторы, градуированные в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Измерения температуры могут также быть использованы для вывода давления на уровне моря и скорости ветра на стандартной высоте по измерениям атмосферного давления и ветра на нестандартной высоте, соответственно.

4.3.3.1 **Температура воздуха**

Измерения температуры воздуха, как правило, являются весьма надежными; однако важно отметить, что физическая позиция датчиков температуры может негативно воздействовать на проводимые измерения. Защитные оболочки датчиков температуры могут стать причиной нерепрезентативных отсчетов в условиях слабого ветра. Выборочные измерения температуры воздуха проводятся с частотой, установленной в период выборочных измерений (обычно 1 Гц или 0,1 Гц).

4.3.3.2 **Температура воды**

Хотя с измерениями температуры воды связано, как правило, мало проблем, следует отметить, что глубина погружения датчиков температуры воды меняется в зависимости от корпуса буя и что датчики температуры на буюх крепятся к внутренней части корпуса. Поскольку корпуса буюв характеризуются высокой теплопроводимостью, то измеряемые температуры могут соответствовать средней температуре воды вокруг погруженного в воду корпуса, а не температуре воды вблизи датчика. В весьма стратифицированном слое воды, особенно в полуденные часы в условиях спокойного ветра, температура воды, сообщаемая с буюа, может быть на 2–3 $^{\circ}\text{C}$ ниже температуры поверхностной пленки воды.

4.3.4 **Оценки океанских волн**

Оценки состояния моря являются, вероятно, самыми сложными измерениями, которые проводятся с заякоренных буюв, и они имеют исключительно важное значение для морских прогнозистов, мореплавателей, инженеров океанских судов и сооружений, а также ученых. При использовании буюа все основные измерения волнения осуществляются определенным образом на основе временного ряда движения буюв. НЦБД (NDBC, 2003, 2009) представляет полную информацию об измерениях волнения, проведенных Национальным центром по буюам для сбора данных США (НЦБД).

Состояние моря – это описание характеристик волн на поверхности моря в данное время и в данном месте. Его можно было бы представить в виде волнового спектра или более просто – в показателях характерной высоты волн и определенном измерении периода волн (AMS, 2000). Многие заякоренные буи проводят измерение плотности спектральной изменчивости (Frigaard et al., 1997), которая будет упоминаться в качестве спектральной плотности волн. На большинстве буюв все не связанные с направлением параметры

волнения, высот и периодов, крутизны и т.д. выводятся из спектральных плотностей волнения. Кроме того, многие буи измеряют направленный волновой спектр, из которого они выводят усредненные и основные направления волнения, а также первые и вторые нормированные полярные координаты по коэффициентам Фурье, которые рассылаются центрами с использованием буквенно-цифровых кодов BMO FM-65 WAVEOB (BMO, 2011b, 2011c).

4.3.5 **Оценки ненаправленного волнения океана**

На большинстве буйев для измерения их перемещения используются акселерометры. Будучи прикрепленными таким образом, чтобы оставаться в вертикальном положении по отношению к корпусу буя или в стабильном параллельном положении по отношению к земной вертикали, акселерометры используются на буйах для осуществления подавляющего большинства измерений волнения океана. Вертикальная стабилизация в тех случаях, когда она применяется, достигается благодаря использованию датчика перемещения, килевой и бортовой качки, эталонная плоскость которого монтируется на платформе со стабилизацией гравитации и обеспечивает естественный период порядка 40 с. Этот тип оборудования является дорогостоящим и имеет встроенную механическую систему для сохранения вертикального положения акселерометра в случае наклона буя и датчика.

Оперативные системы измерения ненаправленного волнения сообщают оценочные данные об ускорении или спектрах перемещения. При отсутствии прямых данных о них спектры перемещения выводятся на основе спектров ускорения в качестве части расчетов, связанных с обработкой данных о волнении на берегу. На основе этих спектров рассчитываются средний период волн, их доминирующий период, характерная высота и крутизна волн. Эти параметры ненаправленного волнения определяются, как указано далее.

Средний период волн, выраженный в секундах, может быть рассчитан разными способами. Это может быть период, который соответствует частоте волн, согласно которой их спектр делится на равные зоны, или он может быть основан на моменте второго порядка частоты спектральной ненаправленной плотности. Он может быть также оценен посредством метода пересечения нуля.

Доминирующий период волн или пиковый период волн, выраженный в секундах, – это период волн, соответствующий центральной частоте полосы частот при максимальной ненаправленной спектральной плотности.

Характерная высота волн H_{m0} оценивается по изменчивости перемещения волн, выведенному из спектра перемещения в соответствии со следующим уравнением:

$$H_{m0} = 4 \left[\int_{f_1}^{f_u} S(f) df \right]^{\frac{1}{2}}$$

где: $S(f)$ – это спектральная плотность перемещения; df – ширина частотной полосы; f_u – верхний предел частоты; f_1 – нижний предел частоты.

4.3.6 **Оценки направленных океанских волн**

Системы измерения направленного движения волн требуют, помимо параметров вертикального ускорения или движения (перемещения), измерения азимута буя, килевой и бортовой качки. Эти данные позволяют рассчитать восточный-западный и северный-южный волновой уклон. На большинстве буйев используется несколько разных методов и комплектов датчиков для измерения этих углов.

Для обслуживания всего диапазона пользователей рекомендуется (Swail et al., 2010a; Swail et al., 2010b), чтобы системы измерения направленного спектра волн позволяли надежно оценивать так называемый стандарт «First 5». С технической точки зрения речь идет о пяти определяющих переменных для конкретной частоты волн (или периода волн). Первой переменной является энергия волн, которая связана с их высотой, а остальными четырьмя являются первые четыре коэффициента ряда Фурье, которые определяют направленное распределение этой энергии. Для каждой полосы частот определяется не только направление волн, но также и их дисперсия (момент второго порядка), их асимметрия (момент третьего порядка) и куртозис (четвертый момент). Асимметрия показывает то, каким образом сконцентрировано распределение по направлениям (налево или направо от среднего значения), а куртозис определяет пиковость распределения. Получение этих трех дополнительных параметров (дисперсия, асимметрия и куртозис) для каждой полосы частот позволяет улучшить репрезентативность волнового поля.

Данные измерений волнения с заякоренных буев также используются для валидации измерений волн, полученных при помощи высокочастотных радаров.

4.3.7 **Высота водного столба для обнаружения цунами**

Большинство установленных на буях цунаметров сообщают об уровне воды (фактически высота водного столба) на основе измерений давления и температуры на дне моря и преобразованных в высоту водного столба путем умножения величины давления на абсолютную константу 670 мм на 1 фунт на 1 квадратный дюйм.

4.3.8 **Относительная влажность**

Датчики влажности, используемые на буях, включают цепь, которая измеряет влажность благодаря изменению емкости тонкого полимера, подверженному колебаниям водяного пара. Газопроницаемая мембрана защищает электронные части от водных брызг и частиц, но пропускает воздух в защитную оболочку прибора. Чувствительный к температуре датчик включает датчик температуры, который осуществляет корректировку температуры при расчете относительной влажности. Датчик выставляется на установленную частоту в период выборочных контрольных измерений (например, 1 Гц для заякоренных метеорологических буев США и Канады). В английских, французских и ирландских буях серии К мгновенное значение электрической гидрометрической цепи получают в момент наблюдения.

4.3.9 **Океанские датчики**

Для понимания и предсказания данных об океанах необходимо осуществлять мониторинг их характеристик. Многочисленные буи способствуют мониторингу океанов посредством измерения параметров поверхностных течений, профилей океанских течений, температуры вблизи поверхности и качества воды. В число параметров качества воды могут входить мутность воды, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), pH, хлорофилл-а и растворенный кислород. Данные с буев проходят контроль качества в режиме реального времени и, если это возможно, эти данные распространяются по Глобальной системе телесвязи.

4.3.10 **Поверхностные океанские течения**

Сбор данных измерений поверхностных течений осуществляется в целях содействия торговле, безопасности функционирования, поисково-спасательным операциям, ликвидации разлива нефти и определения течений поблизости от входов в порт, которые влияют на океанские перевозки. Данные измерений поверхностных течений при помощи

буев также используются для валидации измерений этих течений высокочастотными радарами. Большинство буев получают эти данные при помощи смонтированных на них акустических доплеровских измерителей течения.

4.3.11 **Профили океанских течений**

Профили океанских течений показывают движение океанов на разных уровнях столба воды. Эта информация является существенной для оценки дисперсии разливов нефти, для операций по поиску и спасению, измерения стрессов, создаваемых течениями для оффшорных платформ, и валидации океанских моделей. В настоящее время эти данные поступают от направленных вниз систем, установленных на буйках или в клетках. На оффшорных нефтяных платформах профиль течений может быть нисходящим, начиная с определенных уровней столба воды, или восходящим по отношению к установленной на корме системе.

На большинстве буев используется технология профилометров Доплера как основных датчиков для сбора данных о текущем профиле океана. Они испускают короткие высокочастотные импульсы акустической энергии вдоль узких лучей. Элементы рассеяния (предположительно пассивный нектон и планктон), находящиеся внутри столба воды, возвращают отраженную энергию, а приборы преобразуют сдвиги частот Доплера вдоль луча в ортогональные наземные координаты для получения данных об океанских течениях на различных уровнях столба воды.

4.3.12 **Соленость**

Необходимо знать соленость воды для инициализации океанских моделей, позволяющих готовить океанские прогнозы и предсказывать циркуляцию в океанах (которая в значительной мере определяется плотностью). Как правило, показатель солености выводится из данных измерений проводимости морской воды. Некоторые приборы сообщают данные о солености непосредственно (посредством внутренних расчетов), а другие сообщают данные о проводимости, температуре и глубине, которые необходимы для расчета солености. Измерения солености основаны на практической шкале солености, использующей эмпирическое соотношение между соленостью и проводимостью морской воды (хотя недавно резолюцией XXV-7 Ассамблеи Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО было утверждено новое международное термодинамическое уравнение состояния морской воды-2010 (TEOS-10)). Показатель солености сообщается в практических единицах солености.

4.3.13 **Осадки**

На некоторых заякоренных буйках были установлены сифоновые дождемеры.

4.3.14 **Измерения солнечной радиации**

Солнечная радиация оказывает серьезное воздействие на физические, биологические и химические процессы вблизи границы между атмосферой и океаном, и поэтому она представляет интерес для ученых и инженеров. Проведенные на поверхности измерения солнечной радиации использовались для калибровки радиометров видимого диапазона, установленных на спутниках. Датчик размещается как можно выше на платформе, чтобы на него не падала тень. Солнечный радиоактивный поток измеряется в ваттах на квадратный метр, а активная радиация фотосинтеза измеряется в микромолях на квадратный метр в секунду.

4.3.15 Видимость

Датчики видимости размещаются на некоторых станциях, где видимость является серьезной проблемой для безопасности навигации. Датчик измеряет затухание света в небольшом объеме воздуха между источником и приемником света. Важно отметить, что эти измерения в одной точке и что существуют несколько похожих, но отличных друг от друга определений.

4.4 АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПЛАВУЧИЕ МАЯКИ

По большинству параметров эти платформы аналогичны заякоренным буйам. Однако, поскольку они имеют большие размеры и способны нести большую приборную нагрузку, на них проще размещать дополнительные датчики, такие как датчики видимости. В условиях суровой погоды такие датчики могут подвергаться воздействию морских брызг, которые образуются самим плавучим маяком. В то же время, для большинства условий их рабочие характеристики соответствуют характеристикам приборов, устанавливаемых на наземных автоматических метеорологических станциях.

4.5 ВЫШКИ И ПЛАТФОРМЫ

На вышках (обычно на относительно мелководье поблизости от берега) и на платформах в более удаленных районах можно эксплуатировать стандартные автоматические метеорологические станции, аналогичные по своей конструкции наземным автоматическим метеорологическим станциям (см. часть II, глава 1). Часто размещаются дополнительные датчики, например, датчики волнения и датчики для измерения среднего уровня воды выше реперной точки, облакомеры и измерители дальности. К числу фиксированных платформ могут относиться крупные сооружения гравитационного типа, мобильные самоподъемные морские буровые установки и полупогруженные буровые платформы. Самоподъемные и полупогруженные буровые платформы и буровые суда могут считаться стационарными платформами, поскольку они заякорены или динамически позиционированы, с тем чтобы оставаться в одном и том же месте во время их эксплуатации. На неавтоматических платформах и буровых установках данные измерений могут дополняться визуальными наблюдениями за облачностью, видимостью и погодой, обеспечивая таким образом полный набор синоптической информации. Визуальные наблюдения с нефтяных/газовых платформ следует проводить в соответствии с процедурами, рекомендованными в разделе 4.2. Однако имеются случаи, когда применяются иные процедуры. Например, платформа может включать данные о волнении с ближайшего заякоренного буя для измерения волнения и данные о ТПМ с находящегося неподалеку судна снабжения.

Некоторые неавтоматические фиксированные или стационарные (морские нефтяные и газовые) платформы могут включать в свои метеорологические сводки данные о характерной высоте волн и некоторые данные об измерении периода волн (используя для этого те же части кода FM 13 SHIP, что и для заякоренных буйев), пользуясь при этом выходными данными с близлежащего буя для измерения волнения или с бортового радиолокатора для измерения волнения.

Платформы и вышки представляют собой удобные сооружения для установки метеорологических датчиков. Установка и техническое обслуживание могут быть менее сложными и более экономичными по сравнению с заякоренным буйем, обеспечивая лучшую частоту и надежность данных. На качество данных не влияет движение судна или буя, и оно в меньшей степени подвержено ошибкам, возникающим в результате повреждения датчиков ударами волн.

В то же время датчики температуры и влажности требуют очень тщательного позиционирования, поскольку часто имеются источники тепла и выхлопных газов, которые

изменяют местную окружающую среду, в результате чего условия окружающей среды характеризуются нерепрезентативными величинами. Измерения параметров ветра могли бы проводиться на высотах более 100 м над средним уровнем моря, и они требуют корректировки для приведения полученных значений к эквиваленту приземного ветра на высоте в 10 м (отметим, что в идеальном варианте желательно знать также данные реального наблюдения и его высоты). Если вышки находятся вблизи берега, то высота прилива может существенно изменить эффективную высоту датчика ветра.

В заключение, таким образом, фиксированные вышки и морские платформы могут обеспечить экономически эффективный источник получения данных, при этом заякоренные буи необходимо использовать в более удаленных районах, где нет никакой иной альтернативы.

4.6 ДРЕЙФУЮЩИЕ БУИ

Дрейфующие буи использовались в течение многих лет в океанографии, главным образом для измерения течений на поверхности моря. Однако разработка надежных спутниковых систем отслеживания и ретрансляции данных (WMO/ИОС, 1995) привела к резкому увеличению количества океанских дрейфующих буев и к существенному расширению возможностей датчиков дрейфующих буев для метеорологических и океанографических целей.

Описание систем дрейфующих буев и их эксплуатации содержатся в публикации ЮНЕСКО (UNESCO, 1988). Позднее Группа экспертов ВМО/МОК по сотрудничеству в области буев для сбора данных (ГСБД) опубликовала *Surface Velocity Programme Barometer Drifter Design Reference (Справочник по устройству дрейфтера с барометром для работы по Глобальной программе по дрейфующим буям)* (WMO/ИОС, 2009a). См. также ежегодные отчеты и материалы практических семинаров ГСБД, такие как WMO/ИОС (2004a, 2004b).

Эволюция технологии дрейфующих буев была обусловлена потребностями океанографических исследований, с одной стороны, и оперативной метеорологией, с другой стороны. Таким образом, три основных различных типов буев могут быть охарактеризованы следующим образом:

- a) в интересах океанографических исследований, и особенно для Эксперимента по циркуляции Мирового океана (Программа по измерению скорости поверхностных течений (SVP), 1988-1993), была разработана конструкция дрейфующего буя, следующего за поверхностным течением, оборудованного также для измерения температуры поверхности моря; такие буи были установлены в большом количестве в Мировом океане;
- b) в интересах оперативной метеорологии конструкция дрейфующих буев была разработана на основе буев, разработанных для первого Глобального эксперимента в рамках Программы изучения глобальных атмосферных процессов. Эти буи измеряют, главным образом, атмосферное давление, температуру поверхности моря и температуру воздуха;
- c) в интересах полярных применений были разработаны различные буи для размещения на плавучих льдинах для измерения традиционных атмосферных переменных, а также состояния льда и снега (температура льда/снега и температурные профили льда, толщина льда, нагрузка на лед, состояние воды подо льдом). Путем прослеживания местоположения буя на льдине можно оценивать движение ледовой массы. Были предприняты усилия по разработке буев, которые одновременно удовлетворяли требованиям океанографических исследований и оперативной метеорологии, в результате чего были разработаны:

- i) дрейфующий буй SVP-B, который в основном является дрейфующим буюм, следующим за поверхностным течением и к которому добавлен датчик атмосферного давления;
- ii) дрейфующий буй SVP-BW (или «минимет»), который по существу представляет собой дрейфующий буй SVP-B, который может измерять параметры ветра, используя технологию Wind Observation Through Ambient Noise (WOTAN) (наблюдения за ветром при помощи шума окружающей среды);
- iii) буй, измеряющий профиль ветра и температуры, который представляет собой в основном метеорологический дрейфующий буй с дополнительно установленным на нем датчиком скорости ветра и подповерхностной термисторной цепью для измерения температурного профиля до глубин порядка 100 м. Направление ветра измеряется на этих буях посредством ориентации всего буя по ветру, используя профилированную мачту или фиксированный ветровой флюгер;
- iv) дополнительная установка датчиков солености на дрейфующих буях SVP.

Дрейфующие буи представляют собой устройства одноразового применения, и таким образом их рабочие характеристики являются компромиссом между предъявляемыми требованиями и их стоимостью для владельца. Наряду со стоимостью аппаратного обеспечения, следует учитывать, что стоимость обработки и распространения данных через спутниковую систему АРГОС является значительной и может быть ограничивающим фактором, хотя решению этой проблемы способствует использование в последнее время телекоммуникационной системы спутниковых данных Иридиум. В то же время, функционирование датчиков дрейфующих буюв является адекватным, в случае необходимости, для целей синоптической метеорологии и океанографии. Отметим, что качество наблюдений за скоростью ветра является спорным, в результате чего их данные не используются оперативными центрами (Ingleby, 2010).

Ниже приводятся типичные погрешности измерений оперативных систем:

Температура поверхности моря	0,21 °C ^a
Атмосферное давление	0,84 гПа ^b
Скорость ветра	3,5 м·с ⁻¹ или 10 % ^{abc}
Направление ветра	18,5° ^b
Подповерхностная температура	0,1 °C

Примечания:

a *Источник:* O'Carroll et al. (2008).

b *Источник:* Статистические данные Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды по мониторингу буюв, январь 2012 г.

c В связи с небольшой высотой размещения датчика (приблизительно 1 м над уровнем моря) эти погрешности относятся только к низким скоростям ветра и небольшому волнению.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.А. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ МОРСКИХ ПРИБОРОВ ВМО/МОК

1. Учитывая потребность в высококачественных морских метеорологических и океанографических измерениях, проводимых в Мировом океане для удовлетворения требований программ ВМО и МОК/ЮНЕСКО и совместно финансируемых программ, необходимость в технических средствах для регулярной калибровки и технического обслуживания морских приборов и мониторинга их работы на региональной основе, с тем чтобы обеспечить соответствие данных океанских наблюдений и соответствующих метаданных высоким стандартам для приборов и методов наблюдений, необходимость в документировании методов измерений в целях понимания погрешностей, вносимых каждым типом приборного обеспечения, а также разработки методов коррекции подобных погрешностей для обеспечения предоставления и использования согласованных комплектов данных, было рекомендовано следующее:¹

Региональные центры по морским приборам (РЦМП) должны обладать следующими возможностями для выполнения своих соответствующих функций:

Возможности:

- a) РЦМП должен иметь необходимые технические средства и лабораторное оборудование и иметь доступ к ним, с тем чтобы выполнять функции, необходимые для калибровки метеорологических и соответствующих океанографических приборов, установленных для удовлетворения общих потребностей морских и совместно финансируемых программ ВМО и МОК/ЮНЕСКО;²
- b) РЦМП должен обслуживать комплект стандартных метеорологических и океанографических приборов или эталонов и обеспечивать согласованность своих собственных стандартов измерений и измерительных приборов с Международной системой единиц (СИ);
- c) РЦМП должен иметь квалифицированный управленческий и технический персонал, обладающий необходимым опытом для выполнения своих функций;
- d) РЦМП должен разработать свои индивидуальные технические процедуры для калибровки метеорологических и соответствующих океанографических приборов, пользуясь своим собственным калибровочным оборудованием;
- e) РЦМП должен разработать свои индивидуальные процедуры обеспечения качества;
- f) РЦМП должен участвовать в межлабораторных сравнениях стандартных калибровочных приборов и методов и организовывать эти сравнения;
- g) РЦМП должен использовать, в случае необходимости, ресурсы и возможности своего изучаемого региона в наивысших интересах данного региона;
- h) РЦМП должен, по мере возможности, пользоваться международными стандартами, применяемыми для калибровочных лабораторий, такими как ИСО/МЭК 17025;
- i) Авторитетный орган³ должен оценивать работу РЦМП как минимум раз в пять лет для проверки его возможностей и эффективности.

¹ Рекомендовано Совместной технической комиссией ВМО-МОК по океанографии и морской метеорологии на ее третьей сессии, проведенной в 2009 г.

² В основном геофизические приборы *in situ*, размещенные в поверхностной или подповерхностной морской среде.

³ СКОММ – это орган, который официально предлагает новые РЦМП, а также любой авторитетный орган для проведения оценок.

Соответствующие функции:

- a) РЦМП должен оказывать помощь странам-членам/государствам-членам своего региона в проведении калибровки их национальных метеорологических эталонов и соответствующих приборов для океанографического мониторинга в соответствии с возможностями РЦМП;
- b) РЦМП должен участвовать в проводимых SKOMM и/или региональных взаимных сравнениях приборов или организовывать их, следуя соответствующим рекомендациям SKOMM;
- c) РЦМП должен вносить позитивный вклад в деятельность стран-членов/государств-членов, связанную с качеством измерений;
- d) РЦМП должен консультировать страны-члены/государства-члены по запросам, касающимся эксплуатации и обслуживания приборов, а также наличия соответствующих руководящих материалов;
- e) РЦМП должен активно участвовать, или оказывать помощь, в организации региональных семинаров по метеорологическим и соответствующим океанографическим приборам и измерениям;
- f) РЦМП должен сотрудничать с другими РЦМП в области стандартизации метеорологических и соответствующих океанографических измерений и датчиков;
- g) РЦМП должен регулярно информировать страны-члены/государства-члены и сообщать на ежегодной основе Комитету управления SKOMM об услугах, предложенных странам-членам/государствам-членам и осуществленной деятельности. SKOMM, в свою очередь, следует постоянно информировать исполнительные советы ВМО и МОК/ЮНЕСКО о ходе работы и деятельности РЦМП и предлагать, в случае необходимости, соответствующие изменения.

2. Механизм официального назначения РЦМП ВМО и МОК/ЮНЕСКО предполагает следующее:

- a) руководящие указания, касающиеся определения функций и принятия РЦМП, предлагаются SKOMM и утверждаются исполнительными советами ВМО и МОК/ЮНЕСКО;
- b) от представившего свою кандидатуру РЦМП требуется представление заявления о соответствии требованиям, перечисление возможностей предлагаемого центра, заявление о предлагаемой совокупности возможностей по экспертизе приборов, заявление об официальном обязательстве в отношении добровольного размещения центра и представление в SKOMM подтверждения имеющихся возможностей;
- c) процедура создания РЦМП инициируется SKOMM, а процесс назначения координируется SKOMM и секретариатами ВМО/МОК в соответствии с процедурой, утвержденной SKOMM и документально оформленной в техническом отчете SKOMM № 53;
- d) в случае создания нескольких РЦМП в пределах Региона ВМО и/или МОК необходимо обеспечить координацию работы центров.

3. В качестве РЦМП были назначены следующие центры:

<i>Регион</i>	<i>Центр</i>	<i>Местонахождение</i>
Азиатско-Тихоокеанский регион	Национальный центр по океаническим стандартам и метрологии	Тяньцзинь, Китай
Северная Америка, Центральная Америка и Карибский бассейн	Национальный центр по буям для сбора данных, США	Космический центр Стенниса, Миссисипи, США

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.В. ОПИСАНИЯ ОСАДКОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУДОВЫМИ НАБЛЮДАТЕЛЯМИ ТЕКУЩЕЙ ПОГОДЫ

Осадки бывают либо более или менее равномерными (прерывающиеся или непрерывные), либо ливневыми.

О всех осадках, кроме ливневых, необходимо сообщать как о прерывающихся или непрерывных.

Неливневые осадки обычно выпадают из слоистых облаков (в основном из высокослоистых (Altostratus) и слоисто-дождевых (Nimbostratus) облаков). Ливневые осадки выпадают из мощных конвективных облаков (главным образом из кучево-дождевых облаков (Cumulonimbus) или средних или мощных кучевых (Cumulus) облаков вертикального развития) и обычно характеризуются своими внезапными началом и концом выпадения, и значительными колебаниями интенсивности. Капли и градины при ливневых осадках обычно большего размера, чем при неливневых осадках.

Капли в осадках могут быть переохлажденными (т.е. их температура может быть ниже 0 °С). При попадании на поверхность капли переохлажденного дождя образуют смесь воды со льдом, имеющую температуру около 0 °С.

Виды осадков

Описания, представленные ниже, соответствуют определениям, которые даны в *Международном атласе облаков*, т. I, часть III.2 (WMO, 1975):

Морось: довольно равномерные осадки в виде очень мелких капель воды. Диаметр капель обычно менее 0,5 мм. Эти капли кажутся почти парящими, так что становятся заметными даже легкие движения воздуха. Морось выпадает из сплошных и достаточно плотных слоистых облаков, обычно низких и иногда касающихся поверхности (туман). Для целей кодирования морось должна классифицироваться как слабая, умеренная или сильная:

- a) *слабая морось* может легко ощущаться кожей лица и обнаруживаться на окнах рулевой рубки, но она дает очень небольшой сток с палубы, крыш и т.п.;
- b) *умеренная морось* образует на окнах, настилах, стенах надстроек струйки воды;
- c) *сильная морось*: то же, что при умеренной мороси. Кроме того, уменьшает видимость до менее 1 000 м.

Дождь: осадки в виде капель воды, выпадающих из облаков. Диаметр и концентрация капель меняются в значительном диапазоне в зависимости от интенсивности осадков и особенно в зависимости от их природы (непрерывный дождь, ливневый дождь, ливень и т.д.). Непрерывный дождь обычно выпадает из более или менее однородного слоя или слоев сплошной плотной облачности слоистых форм. При кодировании дождь должен подразделяться на слабый, умеренный или сильный. Эти термины определяются следующим образом:

- a) *слабый дождь* может состоять из редких больших или многочисленных небольших капель. Скорость накопления воды на палубе мала, лужи образуются очень медленно;
- b) *умеренный дождь*: отдельные капли ясно не прослеживаются. Наблюдаются брызги дождя. Лужи образуются быстро. С крыш слышится легкий или шуршащий шум;
- c) *сильный дождь*: ливень, который создает сильный шум на тентах и настилах и образует за счет всплесков на поверхностях палубы туманообразную водяную пыль.

Снег: осадки, состоящие из отдельных или связанных между собой кристаллов льда (снежинок), выпадающих из облаков. Форма, размер и концентрация снежинок меняются в широком диапазоне в зависимости от условий во время снегопада. По интенсивности кодируется как слабый, умеренный или сильный.

Ливневые осадки: эти осадки характеризуются внезапными началом и концом, и обычно быстрыми и иногда сильными колебаниями интенсивности. Выпадающие капли и твердые частицы обычно большего размера, чем при неливневых осадках. Появление ливневых или неливневых осадков (дождь или снег) зависит от облаков, в которых они образовались. Ливневые осадки выпадают из мощных конвективных облаков и определяются следующим образом:

- a) *ливневый дождь и ливневый снег* при кодировании должны подразделяться по интенсивности на слабый, умеренный и сильный. Описание слабого, умеренного и сильного дождя и снега одно и то же. Надо, однако, помнить, что видимость при погоде с ливнями обладает большей изменчивостью, чем при погоде аналогичной категории с непрерывным дождем;
- b) *сильные ливни* – это исключительно интенсивные и обильные ливневые дожди. Они бывают, главным образом, в тропических районах.

Снежная крупа: осадки в виде белых и непрозрачных ледяных крупинок, выпадающих из облаков. Эти крупинки обычно имеют коническую или округлую форму. Их диаметр может достигать 5 мм. Эти крупинки, имеющие снегообразную структуру, отличаются хрупкостью и легко разрушаются; когда они падают на твердую поверхность, то отскакивают от нее и часто разрушаются. В большинстве случаев снежная крупа выпадает как ливень, часто вместе с хлопьями снега, обычно при температуре воздуха у поверхности близкой к 0 °С. Для целей регистрации интенсивность снежной крупы, когда она выпадает в чистом виде, определяется по видимости так же, как и интенсивность снега.

Град: осадки в виде прозрачных, полупрозрачных или совершенно непрозрачных частиц льда (градины), обычно сферической, конической или неправильной формы диаметром 5–50 мм (более мелкие частицы аналогичного происхождения могут классифицироваться как мелкий град или как ледяная крупа), и выпадают либо разрозненно, либо сцепленными в бесформенные комья. Град всегда выпадает во время ливней и обычно наблюдается при сильных грозах. Для целей кодирования град должен подразделяться на слабый, умеренный и сильный. Интенсивность определяется по степени скопления градин следующим образом:

- a) *слабый град*: небольшое количество выпавших градин; на плоских поверхностях не наблюдается заметного их скопления;
- b) *умеренный град*: наблюдается медленная аккумуляция градин. Их количество становится достаточным, чтобы палубы стали белыми;
- c) *сильный град*: быстрое накопление градин. Редко наблюдается на море в средних широтах.

Ледяной дождь: осадки в виде прозрачных ледяных частиц, выпадающих из облаков. Эти частицы, почти сферической формы, имеют иногда конические вершинки. Их диаметр может достигать 5 мм и более. Обычно они нелегко разбиваются и при падении на твердую поверхность отскакивают от нее с громким звуком. Ледяной дождь всегда выпадает в виде ливней. При кодировании ледяной дождь подразделяется на слабый, умеренный и сильный. Интенсивность определяется степенью накопления, как и при выпадении града.

Ледяная крупа: осадки в виде прозрачных ледяных частиц, выпадающих из облаков. Эти частицы обычно имеют сферическую или неправильную форму, реже коническую. Их диаметр менее 5 мм. Обычно ледяная крупа нелегко разбивается и при падении на

твердую поверхность отскакивает от нее с громким звуком. Осадки в виде ледяной крупы выпадают обычно из высокостроистых или слоисто-дождевых облаков. Интенсивность определяется так же, как и интенсивность града.

Снежные зерна: осадки в виде очень мелких непрозрачных белых частиц льда, выпадающие из облаков. Эти частицы имеют довольно плоскую или удлиненную форму; их диаметр обычно менее 1 мм. Когда снежные зерна падают на твердую поверхность, они не отскакивают от нее. Как правило, они выпадают в небольших количествах, в основном из слоистых облаков или из тумана и никогда не бывают ливневыми. Эти осадки фактически соответствуют мороси и выпадают при температуре воздуха приблизительно от 0 до -10 °С. Поскольку существует только одна кодовая характеристика, относящаяся к снежным зернам, то классифицировать интенсивность этих осадков нет необходимости.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.С. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ О ЗЫБИ С СУДОВ С НЕАВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ДАННЫХ

Рекомендуемые процедуры передачи сообщений о зыби с судов с неавтоматизированным представлением данных, согласованные на пятой сессии Группы по наблюдениям с судов (ГНС-V) в 2009 г. (WMO/IOC, 2009*b*) и осуществляемые с согласия Экспертной группы по морской климатологии (ЭГМК; WMO/IOC, 2010), приведены ниже:

- a) в случае, когда зыбь не определяется в том смысле, что наблюдения не предпринимались, группы зыби из наблюдения опускаются;
 - b) в случае, когда в наблюдениях регистрируют, что зыби нет вследствие спокойного моря, направление основной зыби и направление вторичной зыби сообщаются как штиль. Период и высота основной зыби и вторичной зыби могут тогда быть опущены, поскольку если передается сообщение о спокойном море, то можно сделать вывод о том, что и эти элементы будут спокойными, и в этом случае они не сообщают никакой дополнительной информации;
 - c) в случае, когда направление зыби неопределенное, передается сообщение о беспорядочном волнении. Когда период и высота зыби также беспорядочны, это включается в сводку наблюдения. Период и высота вторичной зыби могут быть опущены;
 - d) в случае, когда зыбь является беспорядочной, но период и высота могут быть оценены, направление зыби передается как неопределенное, а период и высота первичной зыби включаются в сводку. Период и высота вторичной зыби могут быть опущены;
 - e) в случае, если наблюдается одиночная зыбь, то направление, период и высота этой зыби передаются в сводке. Период и высота вторичной зыби могут быть опущены;
 - f) в случае, если наблюдаются две зыби, то направление, период и высота каждой из них включаются в сводку наблюдения.
-

СПРАВОЧНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Всемирная метеорологическая организация, 1970: *Номенклатура ВМО по морскому льду* (ВМО-№ 259, ТР. 145), тома I и III. Женева.
- , 1998: *Руководство по анализу и прогнозированию волнения* (ВМО-№ 702). Женева.
- , 2001: *Руководство по морскому метеорологическому обслуживанию* (ВМО-№ 471). Женева.
- , 2010: *Наставление по Глобальной системе наблюдений* (ВМО-№ 544), том I. Женева.
- , 2011a: *Наставление по Глобальной системе наблюдений* (ВМО-№ 544), том II. Женева.
- , 2011b: *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.1. Женева.
- , 2011c: *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.2. Женева.
- American Meteorological Society (AMS), 2000: *Glossary of Meteorology*. Second edition, American Meteorological Society (available from http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page).
- Barton, I.J., P.J. Minnett, K.A. Maillet, C.J. Donlon, S.J. Hook, A.T. Jessup and T.J. Nightingale, 2004: The Miami2001 infrared radiometer calibration and intercomparison. Part II: shipboard results. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 21(2):268–283.
- Bourras, D., 2006: Comparison of five satellite-derived latent heat flux products to moored buoy data. *Journal of Climate*, 19(24):6291–6313.
- Bowditch, N., 2002: *The American Practical Navigator: An Epitome of Navigation*. 2002 Bicentennial edition, NIMA Pub. No. 9. National Imagery and Mapping Agency, Bethesda.
- Bradley, F. and C. Fairall, 2006: *A Guide to Making Climate Quality Meteorological and Flux Measurements at Sea*. NOAA Technical Memorandum OAR PSD-311, NOAA/ESRL/PSD, Boulder, CO.
- Dohan, K., F. Bonjean, L. Centurioni, M. Cronin, G. Lagerloef, D.-K. Lee, R. Lumpkin, N. Maximenko, P. Niiler and H. Uchida, 2010: Measuring the global ocean surface circulation with satellite and *in situ* observations. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Donlon, C., I.S. Robinson, W. Wimmer, G. Fisher, M. Reynolds, R. Edwards and T.J. Nightingale, 2008: An infrared sea surface temperature autonomous radiometer (ISAR) for deployment aboard Volunteer Observing Ships (VOS). *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 25(1):93–113.
- Fairall, C.W., A.B. White, J.B. Edson and J.E. Hare, 1997: Integrated shipboard measurements of the marine boundary layer. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 14(3):338–359.
- Freeland, H., D. Roemmich, S. Garzoli, P.-Y. Le Traon, M. Ravichandran, S. Riser, V. Thierry, S. Wijffels, M. Belbéoch, J. Gould, F. Grant, M. Ignazewski, B. King, B. Klein, K. Mork, B. Owens, S. Pouliquen, A. Sterl, T. Suga, M. Suk, P. Sutton, A. Troisi, P. Vélez-Belchi and J. Xu, 2010: Argo – A decade of progress. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Frigaard, P.B., J. Helm-Petersen, G. Klopman, C.T. Standsberg, M. Benoit, M.J. Briggs, M. Miles, J. Santas, H.A. Schäffer and P.J. Hawkes, 1997: IAHR list of sea parameters. *Proceedings of the Twenty-seventh IAHR Congress* (San Francisco, 10–15 August 1997).
- Goni, G., D. Roemmich, R. Molinari, G. Meyers, C. Sun, T. Boyer, M. Baringer, V. Gouretski, P. DiNezio, F. Reseghetti, G. Vissa, S. Swart, R. Keeley, S. Garzoli, T. Rossby, C. Maes and G. Reverdin, 2010: The Ship of Opportunity Program. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Hall, J., D.E. Harrison and D. Stammer (eds.), 2010: *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*. (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Hasse, L., M. Grossklaus, K. Uhlig and P. Timm, 1998: A ship rain gauge for use in high wind speeds. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15(2):380–386.
- Ingleby, B., 2010: Factors affecting ship and buoy data quality: a data assimilation perspective. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 27:1476–1489.
- Keeley, R., M. Pazos and B. Bradshaw, 2010: Data management system for surface drifters. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Kennedy, J.J., R.O. Smith and N.A. Rayner, 2012: Using AATSR data to assess the quality of *in situ* sea-surface temperature observations for climate studies. *Remote Sensing of Environment*, 116:79–92.

- Kent, E.C., G. Ball, D. Berry, J. Fletcher, A. Hall, S. North and S. Woodruff, 2010: The Voluntary Observing Ship (VOS) Scheme. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Kent, E.C. and D.I. Berry, 2005: Quantifying random measurement errors in Voluntary Observing Ships' meteorological observations. In: *Advances in the Applications of Marine Climatology – The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Climatology*, JCOMM TR No. 13, REV. 1 (WMO/TD-No. 1081), John Wiley & Sons (available from http://www.wmo.int/pages/prog/amp/mmop/jcomm_reports.html).
- Kent, E.C. and P.K. Taylor, 2006: Toward estimating climatic trends in SST, Part I: methods of measurement. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 23(3):464–475.
- Kent, E.C., P.K. Taylor, B.S. Truscott and J.S. Hopkins, 1993: The accuracy of Voluntary Observing Ships' meteorological observations – Results of the VSOP-NA. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 10(4):591–608.
- Kent, E.C., S.D. Woodruff and D.I. Berry, 2007: Metadata from WMO publication no. 47 and an assessment of Voluntary Observing Ship observation heights in ICOADS. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 24(2):214–234.
- Liu, W.T., K.B. Katsaros and J.A. Businger, 1979: Bulk parameterization of air–sea exchanges of heat and water vapor including the molecular constraints at the interface. *Journal of Atmospheric Sciences*, 36:1722–1735.
- McPhaden, M.J., K. Ando, B. Boulès, H.P. Freitag, R. Lumpkin, Y. Masumoto, V.S.N. Murty, P. Nobre, M. Ravichandran, J. Vialard, D. Vousden and W. Yu, 2010: The Global Tropical Moored Buoy Array. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Meldrum, D., E. Charpentier, M. Fedak, B. Lee, R. Lumpkin, P. Niiler and H. Viola, 2010: Data buoy observations: the *status quo* and anticipated developments over the next decade. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Merrifield, M., T. Aarup, A. Allen, A. Aman, P. Caldwell, E. Bradshaw, R.M.S. Fernandes, H. Hayashibara, F. Hernandez, B. Kilonsky, B. Martin Miguez, G. Mitchum, B. Pérez Gómez, L. Rickards, D. Rosen, T. Schöne, M. Szabados, L. Testut, P. Woodworth, G. Wöppelmann and J. Zavala, 2010: The Global Sea Level Observing System (GLOSS). *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Moat, B.I., M.J. Yelland and A.F. Molland, 2006: Quantifying the airflow distortion over merchant ships, part II: application of the model results. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 23(3):351–360.
- Moat, B.I., M.J. Yelland, R.W. Pascal and A.F. Molland, 2005: An overview of the airflow distortion at anemometer sites on ships. *International Journal of Climatology*, 25(7):997–1006.
- National Data Buoy Center, 2003: *Nondirectional and Directional Wave Data Analysis Procedures*. NDBC Technical Document 03-01, National Data Buoy Center, Stennis Space Center, Mississippi (available from <http://www.ndbc.noaa.gov/wavemeas.pdf>).
- , 2009: *Handbook of Automated Data Quality Control Checks and Procedures*. NDBC Technical Document 09-02, National Data Buoy Center, Stennis Space Center, Mississippi (available from <http://www.ndbc.noaa.gov/NDBCHandbookofAutomatedDataQualityControl2009.pdf>).
- O'Carroll, A.G., J.R. Eyre and R.W. Saunders, 2008: Three-way error analysis between AATSR, AMSR-E, and *in situ* sea surface temperature observations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 25(7):1197–1207.
- Organisation Météorologique Internationale – Comité Météorologique International (OMI-CMI), 1947: *Procès-Verbaux de la Session de Paris, 1946*. Publication No. 55, 105–106. Lausanne, La Concorde.
- Send, U., R.A. Weller, D. Wallace, F. Chavez, R. Lampitt, T. Dickey, M. Honda, K. Nittis, R. Lukas, M. McPhaden and R. Feely, 2010: OceanSITES. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Smith, S.R., M.A. Bourassa, E.F. Bradley, C. Cosca, C.W. Fairall, G.J. Goni, J.T. Gunn, M. Hoo, D.L. Jackson, E.C. Kent, G. Lagerloef, P. McGillivray, L. Petit de la Villéon, R.T. Pinker, E. Schulz, J. Sprintall, D. Stammer, A. Weill, G.A. Wick and M.J. Yelland, 2010: Automated underway oceanic and

- atmospheric measurements from ships. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Swail, V., R.E. Jensen, B. Lee, J. Turton, J. Thomas, S. Gulev, M. Yelland, P. Etala, D. Meldrum, W. Birkemeier, W. Burnett and G. Warren, 2010a: Wave measurements, needs and developments for the next decade. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- Swail, V., B. Lee, A. Soares, D. Resio, K. Horsburgh, T. Murty, S. Dube, M. Entel and J. Flowerdew, 2010b: Storm Surge. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)*. (J. Hall, D.E. Harrison and D. Stammer, eds.) (Venice, 21–25 September 2009). ESA Publication WPP-306.
- United Kingdom Meteorological Office, 1995: *Marine Observers Handbook*. Eleventh edition, UK Met Office No. 1016, London.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 1988: *Guide to Drifting Data Buys*. WMO/IOC Manuals and Guides 20.
- United States Weather Bureau, 1963: *Manual of Barometry (WBAN)*. Volume I, first edition, US Government Printing Office, Washington, DC (available from <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.31822010663441;seq=7;view=1up;num=i>).
- Weller, R.A., E.F. Bradley, J.B. Edson, C.W. Fairall, I. Brooks, M.J. Yelland and P.W. Pascal, 2008: Sensors for physical fluxes at the sea surface: energy, heat, water, salt. *Ocean Science*, 4(4):247–263.
- Wilkerson, J.C. and M.D. Earle, 1990: A study of differences between environmental reports by ships in the voluntary observing program and measurements from NOAA buoys. *Journal of Geophysical Research*, 95(C3):3373–3385.
- World Meteorological Organization, 1955–: *International List of Selected, Supplementary and Auxiliary Ships* (WMO-No. 47). Geneva. (Serial publication; recently annual. Editions prior to 1966 were entitled *International List of Selected and Supplementary Ships*; future editions will be known as *International List of Selected, VOSCLim, Supplementary and Auxiliary Ships*) (available from <http://www.wmo.int/pages/prog/www/ois/pub47/pub47-home.htm>).
- , 1962: *Precipitation Measurements at Sea*. Technical Note No. 47 (WMO-No. 124, TP. 55). Geneva.
- , 1972: *Comparative Sea-surface Temperature Measurements* (R.W. James and P.T. Fox). Report on Marine Science Affairs No. 5 (WMO-No. 336). Geneva.
- , 1974: *The Meteorological Aspects of Ice Accretion on Ships* (H.C. Shellard). Report on Marine Science Affairs No. 10 (WMO-No. 397). Geneva.
- , 1975: *International Cloud Atlas: Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors* (WMO-No. 407), Volume I. Geneva.
- , 1981: *Precipitation Measurement at Sea* (G. Olbrück). Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities Report No. 1. Geneva.
- , 1987: *International Cloud Atlas* (WMO-No. 407), Volume II. Geneva.
- , 1989: *Wind Measurements Reduction to a Standard Level* (R.J. Shearman and A.A. Zelenko). Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities Report No. 22 (WMO/TD-No. 311). Geneva.
- , 1991a: *Compendium of Lecture Notes in Marine Meteorology for Class III and Class IV Personnel* (J.M. Walker). (WMO-No. 434). Geneva.
- , 1991b: *The Accuracy of Ship's Meteorological Observations: Results of the VSOP-NA* (E.C. Kent, B.S. Truscott, P.K. Taylor and J.S. Hopkins). Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities Report No. 26 (WMO/TD-No. 455). Geneva.
- , 1999: The accuracy of meteorological observations from Voluntary Observing Ships: Present status and future requirements (P.K. Taylor and E.C. Kent). *Final Report of the First Session of the Commission for Marine Meteorology Working Group on Marine Observing Systems Subgroup on Voluntary Observing Ships* (Athens 1999), WMO TC CMM 1999 (available from <http://eprints.soton.ac.uk/347754/>).
- World Meteorological Organization/Intergovernmental Oceanographic Commission, 1995: *Guide to Data Collection and Location Services using Service Argos*. Data Buoy Cooperation Panel Technical Document No. 3. Geneva and Paris.
- , 1996: *Guide to Moored Buoys and Other Ocean Data Acquisition Systems* (E.A. Meindl). Data Buoy Cooperation Panel Technical Document No. 8. Geneva and Paris.
- , 2003a: Improving global flux climatology: the role of metadata (E.C. Kent, P.K. Taylor and S.A. Josey). *Advances in the Applications of Marine Climatology – The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology* (WMO/TD-No. 1081). Geneva and Paris.

- , 2003b: The accuracy of marine surface winds from ships and buoys (P.K. Taylor, E.C. Kent, M.J. Yelland and B.I. Moat). *Advances in the Applications of Marine Climatology – The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology* (WMO/TD-No. 1081). Geneva and Paris.
- , 2003c: Establishing more truth in true winds (S.R. Smith, M.A. Bourassa and R.J. Sharp). *Advances in the Applications of Marine Climatology – The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology* (WMO/TD-No. 1081). Geneva and Paris.
- , 2004a: *Data Buoy Cooperation Panel: Annual Report for 2003*. Data Buoy Cooperation Panel Technical Document No. 25. Geneva and Paris (available from <http://www.jcommops.org/dbcp/doc/dbcp-25/DBCP25.pdf>).
- 2004b: *Research, Applications and Developments involving Data Buoys*. Presentations at the Data Buoy Cooperation Panel Technical Workshop (Angra Dos Reis, Brazil, October 2003). Data Buoy Cooperation Panel Technical Document No. 24. Geneva and Paris.
- , 2009a: *Global Drifter Programme Barometer Drifter Design Reference* (A.L. Sybrandy, P.P. Niiler, C. Martin, W. Scuba, E. Charpentier and D.T. Meldrum). Data Buoy Cooperation Panel Report No. 4, revision 2.2. Geneva and Paris (available from http://www.jcommops.org/doc/DBCP/SVPB_design_manual.pdf).
- , 2009b: *Final Report of the Fifth Session of the JCOMM Ship Observations Team* (Geneva, 18–22 May 2009), JCOMM Meeting Report No. 63 (available from http://www.jcomm.info/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=3830).
- , 2010: *Final Report of the Third Session of the JCOMM Expert Team on Marine Climatology* (Melbourne, Australia, 8–12 February 2010), JCOMM Meeting Report No. 70 (available from http://www.jcomm.info/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=4950).
- Yelland, M.J., B.I. Moat and P.K. Taylor, 2001: Air flow distortion over merchant ships. *Progress Report to the Atmospheric Environment Service, Canada* (available from <http://eprints.soton.ac.uk/67256>).
-