

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 [томе I](#) настоящего Руководства. В этой главе рассматриваются и другие виды наблюдений, имеющие важное значение для физики моря и физической океанографии, включая температуру поверхности моря (ТПМ), 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 Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО](#) (ВМО-№ 1160). Рекомендации в отношении требований и процедур содержатся в [Руководстве по морскому метеорологическому обслуживанию](#) (ВМО-№ 471). 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); 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 автоматизированные, так и неавтоматизированные методы наблюдения, сообщают весь спектр данных наблюдений, необходимых для синоптической метеорологии. В отличие от этого заякоренные буи предоставляют лишь данные автоматизированных наблюдений, однако по широкому спектру переменных, который может включать: давление атмосферного воздуха над поверхностью, температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, высота и период волн, а также ТПМ. Большинство дрейфующих буев сообщают данные трех параметров, а именно местоположение, атмосферное давление на поверхности моря и ТПМ. Меньшая часть измеряет соленость поверхности моря, направленные волновой спектр, подповерхностные температуры в смешанной толще, а также скорость и направление ветра.

Данные этих наблюдений чаще всего компилируются и передаются на берег в согласованном на национальном и международном уровне формате передачи данных с судна на берег, а затем распространяются на международном уровне в соответствующем коде ВМО (например, FM 94 BUFR). Коды ВМО представлены в [Наставлении по кодам](#) (ВМО-№ 306), [том I.1](#) и [том I.2](#); общая информация содержится в [томе I.2](#), часть В, а образцы кодов для конкретных видов морских наблюдений прописаны

в [томе I.2](#), часть С¹. 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 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/Межправительственной океанографической комиссии (МОК) (СКОММ) была создана сеть региональных центров морских приборов (РЦМП) ВМО/МОК для содействия стандартизации данных наблюдений, обработанной продукции наблюдений, а также для повышения уровня стандартов для приборов и методов наблюдений. Эти РЦМП обеспечивают возможности для: (а) калибровки и технического обслуживания морских приборов и мониторинга работы приборов; и (b) 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.A](#).

Совместный Международный форум ВМО/МОК пользователей данных спутниковой связи, известный как Форум Сатком², представляет собой международный орган, предоставляющий четкую информацию о спутниковой связи оперативным и научным пользователям и поддерживающий связи с индустрией, с тем чтобы продвигать надлежащие новые технические характеристики, соответствующие структуры ценообразования и требования к удаленной передаче данных для автоматических систем наблюдений за окружающей средой, которые координируются через посредство ВМО и МОК и организаций-партнеров.

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 [Compendium of Lecture Notes in Marine Meteorology for Class III and Class IV Personnel](#) (ВМО-№ 434). В [приложении III.4 Руководства по Глобальной системе наблюдений](#) (ВМО-№ 488) приводятся подробности о наблюдениях за морской поверхностью, которые должны осуществляться в рамках схемы СДН ВМО. Сведения об исследованиях качества наблюдений с судов содержатся в публикациях [The Accuracy of Ship's Meteorological Observations: Results of the VSOP-NA](#) (WMO/TD-No. 455), WMO (1999), Kent et al. (1993; 2003), Taylor et al. (2003), 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). Во всех случаях безопасность членов экипажа, производящих наблюдения, является приоритетной в сравнении с производством, регистрацией и распространением данных наблюдений в целом или частично.

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

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.

² <https://wiswiki.wmo.int/Satcom>.

в *Руководстве по морскому метеорологическому обслуживанию* (ВМО-№ 471). Руководители программы СДН работают совместно с портовыми метеорологами (ПМ) и техникам, 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) внедрить 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 (см. *Наставление по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1160));
- g) провести демонстрацию методов передачи данных наблюдений для судов, которые не оборудованы АМС (обычные суда);
- 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, обновлять программное обеспечение для электронного судового журнала 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, эксплуатирующая судно или платформу, проводит наблюдения/измерения для своего собственного пользования и предоставляет их через Глобальную систему связи ВМО (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 СДН³ и выполняющие метеорологические наблюдения, должны в идеале осуществлять наблюдения, в периоды, предусмотренные в пункте 4.2.2.4, за следующими элементами:

- a) местоположение судна (по навигационной системе судна);
- b) курс и скорость судна (по навигационной системе судна);
- c) скорость и направление ветра;
- d) атмосферное давление;
- e) барическая тенденция и ее характеристики;
- f) температура воздуха;
- g) влажность;
- h) ТПМ;
- i) погода в срок наблюдения и прошедшая погода, и метеорологические явления;
- j) облака (их количество, тип и высота нижней границы облаков);
- k) осадки;
- l) видимость;
- m) ветровое волнение в океане и зыбь, включая высоту, период и направление волн;
- n) морской лед и/или обледенение судна, в случае необходимости;
- o) особые явления.

Наблюдения, приведенные выше, осуществляются путем измерения, наблюдения или визуальной оценки на основе возможностей измерительного оборудования на борту судна.

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

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.

Когда время, условия или иные факторы ограничивают возможность производить все виды наблюдений, наивысший приоритет для метеорологических наблюдений представляют собой пункты с a) по f).

³ <https://community.wmo.int/en/voluntary-observing-ship-vos-scheme>.

4.2.2.2 **Необходимое оборудование**

Для использования на судах пригодны следующие приборы:

- a) прецизионный, циферблатный или электронный цифровой барометр-анероид (том I, глава 3);
- b) барограф, предпочтительно с открытой шкалой (желательно, но не обязательно), или цифровой барометр, который обеспечивает прослеживание барометрической тенденции (см. том I, глава 3);
- c) жидкостный стеклянный⁴ или электрический термометр сопротивления (см. том I, глава 2);
- d) гигрометр или психрометр (см. том I, глава 4);
- e) термометр для измерения температуры морской воды и подходящий сосуд для взятия пробы морской воды или постоянно погруженный датчик (например, термометр в заборном отсеке двигателя) или датчик в корпусе судна с дистанционным указателем.

Поощряется использование анемометров с подходящей установкой как альтернатива визуальной оценке скорости ветра (например, с использованием шкалы силы ветра Бофорта), при том условии, что такие приборы регулярно проверяются для обеспечения их постоянного нахождения в пределах допустимых значений, определяемых в результате калибровки. В дополнение к этому, при использовании анемометров данные наблюдений скорости относительно грунта, курс относительно грунта, а также направления движения судна необходимы для точного расчета фактических (земная система координат) параметров ветра (см. 4.2.2.6.2). 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 (или от их имени).

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 два основных режима работы:

- a) данные наблюдения, которое производится автоматически с использованием методов АМС, как это описано в данном томе, 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

⁴ Ртутные стеклянные термометры не должны более использоваться, поскольку Минаматская конвенция Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) по ртути) вступила в силу на глобальном уровне в августе 2017 г. и налагает полномасштабный запрет на производство, импорт и экспорт приборов на основе ртути (см. том I, глава 1, 1.4.2).

перед началом передачи данных (например, добавление данных о видимости; метеорологических кодах; количествах, типах и высотах нижней границы 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 укомплектованных персоналом судов принимаются в любое время, однако обычно — в основные стандартные сроки: 0000, 0600, 1200 и 1800 ВСВ и/или в один или несколько промежуточных стандартных сроков: 0300, 0900, 1500 и 2100 ВСВ;
- b) почасовые или чаще производимые наблюдения следует проводить, когда используется автоматизированная система (усиливаются как можно чаще при помощи дополнительных визуальных элементов);
- c) наблюдения следует проводить чаще в случае угрозы или преобладания штормовых или более суровых условий;
- d) 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);
- e) морские наблюдения являются столь же ценными в прибрежных зонах, что и в открытом море, и наблюдения следует продолжать во время всего плавания.

4.2.2.5 **Передача данных судовых наблюдений**

Широко распространенным является сейчас использование спутниковых систем связи для распространения данных судовых наблюдений. Подробности приводятся в приложении III.4 *Руководства по Глобальной системе наблюдений* (ВМО-№ 488). Наиболее часто используются следующие метода для обычных СДН:

- a) 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 <https://community.wmo.int/list-inmarsat-land-earth-stations-accepting-special-access-codes>. ИНМАРСАТ-С обеспечивает почти глобальный охват, кроме очень высоких широт, которые 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 НМГС 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;

- b) электронные сообщения с судна, вне зависимости от системы связи, предоставляют возможность бесплатной для НМГС передачи, поскольку расходы покрывают суда.

Для автоматических метеорологических станций:

- a) 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 (например, см. Blouch and Billon, 2017);
- b) служба передачи данных ИНМАРСАТ-С также использовалась для отправки сжатых файлов с метеорологическими данными с определенных систем АМС на неавтоматические вручную направляющие сообщения суда, осуществляющие наблюдения, <https://community.wmo.int/list-inmarsat-land-earth-stations-accepting-special-access-codes>.
- c) 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 (*Guide to Data Collection and Location Services using Service Argos*), однако при использовании этой системы могут быть задержки в несколько часов в зависимости от местоположения станции наблюдения и наземной станции приема. Она, как правило, используется для небольших дрейфующих буев, хотя все чаще ее заменяют системой Iridium. Некоторые автономные судовые системы АМС также используют Аргос для передачи данных;
- d) технологии на базе 3G/4G LTE также могут использоваться для передачи данных с СДН, когда они находятся вблизи берега, на центральный приемник в порту или непосредственно на сервер-приемник синоптических данных. Эта технология создает возможности для передачи огромных объемов данных, поскольку диапазон широк сравнительно выше, а расходы на передачу – ниже;
- e) 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.

4.2.2.6 **Ветер**

Наблюдения за скоростью и направлением ветра могут выполняться либо посредством визуальных оценок, либо с помощью анемометров. 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 должны записываться либо в узлах, либо в м с⁻¹, при этом для некоторых целей сводки в узлах по-прежнему могут использоваться.

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).

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			
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	0,6	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 (Taylor et al., 2003; 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. Относительная скорость ветра должна сообщаться, по возможности. Процедура вычисления скорости и направления истинного ветра по относительной скорости ветра, относительному направлению ветра, скорости, направлению движения и курсу судна описана подробно в работе Smith et al. (2003). 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 ГСОН, 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 (см. [Наставление по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО](#) (ВМО-№ 1160) 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, равный одной минуте (том I, глава 1, приложение 1.A). Большинство судов должны сообщать давление до одного десятичного звена.

При проведении визуальных 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 автоматически.

4.2.2.7.2 **Приборы**

Все барометры должны соответствовать общим требованиям, изложенным в [томе 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 [томе I](#), глава 1, приложение 1.A. 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 anerоидная 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 судах с герметизированными жилыми модулями или на судах, которые перевозят опасные грузы и на которых рулевая рубка может быть герметически закрыта.

Как правило, многие НМГС устанавливают свои 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 может рассчитываться автоматически программным обеспечением электронного судового журнала или при помощи АМС.

4.2.2.7.3 Установка и эксплуатация

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 под правильным углом к диаметральной плоскости 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 или АМС, которые способны автоматически вносить поправку на высоту (Bowditch, 2002, таблицы 29—34).

4.2.2.7.5 Источники ошибок

Вопрос об ошибках обсуждается в [томе 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-анероиды 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, в которой указывается дата проверки барометра и та поправка, которая должна вноситься. Стандартные барометры должны регулярно проходить калибровку.

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**

Ранее наблюдения за температурой (том I, глава 2) и влажностью воздуха (том I, глава 4) рассматривались вместе, поскольку они часто измерялись 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 эффективную вентиляцию надлежащей продолжительности (для возможности адаптации) 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 визуальных 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 прачевых 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. Акклиматизация достигается, когда стабилизируется считывание с прибора за периоды до одной минуты.

При общем обслуживании психрометров следует выполнять рекомендации, содержащиеся в [томе 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 на регулярной основе¹. АМС должны передавать как температуру, так и влажность в виде значений, усреднённых за одну минуту.

Влажность может передаваться несколькими переменными, например, температурой точки росы, температурой смоченного термометра в сочетании с сухим или относительной влажностью (том 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 психрометрических измерениях температура сухого и смоченного термометра записываются с разрешением 0,1 °C. Точку росы следует рассчитывать на основе стандартных таблиц, действующих на национальном уровне, или используя стандартные формулы ВМО (том I, глава 4, приложения 4.A и 4.B)

¹ Фильтры на датчиках влажности должны заменяться каждые три месяца. Полномасштабный датчик, вероятно, потребует очистки и рекалибровки в лаборатории как минимум один раз в год.

и психрометрический коэффициент, соответствующий используемому прибору. Температуру точки росы следует передавать с разрешением 0,1 °С. Перевод данных измерений температуры смоченного термометра или точки росы в относительную влажность (ОВ), которая записывается как целые проценты, вносит значительную погрешность и этого следует избегать. При непосредственном измерении ОВ (например, с использованием АМС), ОВ должна передаваться с разрешением 1 %.

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.

ТПМ 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 ТПМ 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 действия².

В течение многих лет, в основном, используются методы (a) и (b). При исследовании расхождений в температуре, полученной этими двумя методами, было выявлено (*Comparative Sea-surface Temperature Measurements* (WMO-No. 336), 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 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 (c), который дает наиболее согласованные результаты (*The Accuracy of Ship's Meteorological Observations: Results of the VSOP-NA* (WMO/TD-No. 455); Kent et al., 1993), однако местоположения датчика на корпусе критически важно. Он не должен монтироваться там, где имеются источники существенно высоких температур, таких как машинное отделение. 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.

² В настоящее время не поддерживается ВМО (1955-).

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 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 тому подобное).

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. Когда датчик расположен внутри, магнитные зонды предпочтительнее, нежели приклеенные датчики, для большей простоты в установке и техническом обслуживании, однако лишь для стальных корпусов.

Датчики должны устанавливаться впереди всех сливных отверстий на глубине от 1 до 2 м ниже ватерлинии. Когда имеют место значительные изменения осадки судна, может понадобиться 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. [том I](#), глава 15, а также [Наставление по наблюдению за облаками и другими метеорами — Международный атлас облаков](#) (ВМО-№ 407)). Подробные инструкции по проведению этих наблюдений должны предоставляться портовым метеорологом. Иллюстрированные руководства и информация по кодам имеются в многочисленных источниках, таких как [Наставление по наблюдению за облаками и другими метеорами — Международный атлас облаков](#) (ВМО-№ 407) 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 (часть С [Наставления по кодам](#) (ВМО-№ 306)) 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 процентах (%); однако октанты могут по-прежнему использоваться для соответствия национальным требованиям. В коде FM 94 BUFR ([Наставление по кодам](#) (ВМО-№ 306)) общая площадь облачности дается в процентах (113 обозначается затянутое туманом небо и/или другие метеорологические явления). 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](#), ([Наставление по наблюдению за облаками и другими метеорами — Международный атлас облаков](#) (ВМО-№ 407)), 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. [том 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. [том 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. *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306) 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.

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 [томе 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 (см. [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 *Precipitation Measurements at Sea* (WMO-No. 124) и ВМО (WMO, 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.B](#) 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 (Bradley and Fairall, 2006).

Измерения осадков с судов «в точке» (плавучие маяки или научно-исследовательские суда в близком к неподвижному положению) 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.

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.

Оптический измеритель дождевых капель

Ввиду неотъемлемых проблем с занижением, вызываемых ветром и турбулентностью, с обычными измерителями на борту судов и их неспособности измерять осадки в виде снега, существенные усилия были приложены, с тем чтобы разработать оптические измерители распределения дождевых капель (дисдрометры). Всесторонний обзор существующих приборов и принципов измерений представлен в работе Михалидиса (Michaelides 2008). Одним из наибольших преимуществ оптического дисдрометра перед обычными измерителями является их способность измерять объем осадков через распределение частиц по размерам, что, в случае осадков, обычно называется распределением капель по размерам. Оптический дисдрометр для работы на борту судов предпочтительно должен иметь цилиндрическое измерение объема с равномерной подсветкой (в связи с чем используется инфракрасный световой диод). Гидрометеоры, которые проходят через эту толщу, вызывают угасание света, пропорциональное их поперечному сечению. Обычно гидрометеоры рассчитывают и сортируют по размеру на этапе интеграции, тем самым позволяя определять выпадение осадков в виде дождя, снега и смешанных осадков, интенсивность и накопление (Klepp, 2015).

Радиолокатор определения осадков

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.

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 4.3, посвященном заякоренным буйам, хотя они применяются также 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) (см. том I, глава 5);
- 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 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.

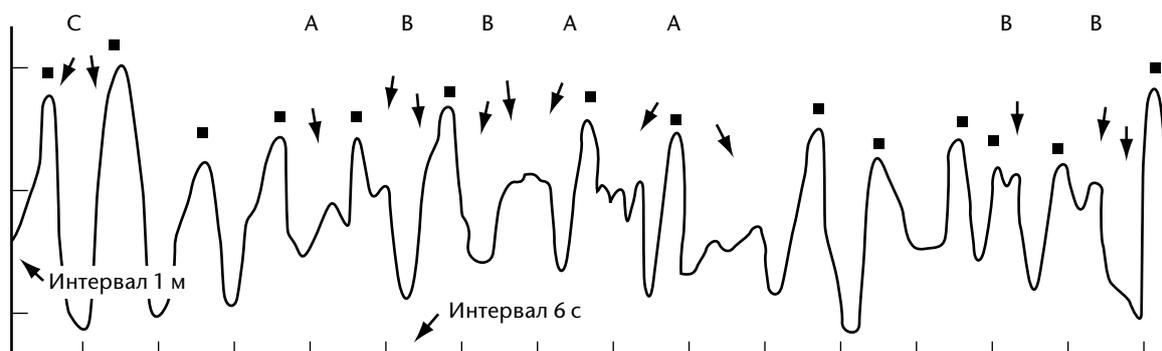


Рисунок 4.1. Типичные волны ветрового волнения и зыби, полученные с помощью волнографа.

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.

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 обычными 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 и 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 [Руководстве по анализу и прогнозированию волнения](#) (ВМО-№ 702) и 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

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 клок 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 (b).

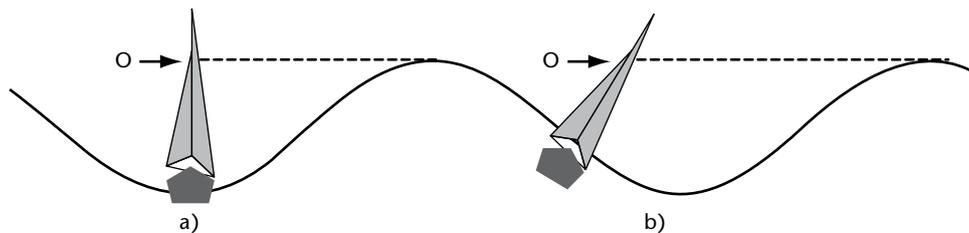


Рисунок 4.2. Влияние крена судна на оценку высоты волн.

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.

4.2.2.13.3 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 те, и другие могут влиять на высоту волн и направление их перемещения. Эти явления подробно описаны в публикации [The Accuracy of Ship's Meteorological Observations: Results of the VSOP-NA](#) (WMO/TD-No. 455).

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.

4.2.2.13.4 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 [Номенклатуре ВМО по морскому льду](#) (ВМО-№ 259).

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 детальном наблюдении и привязке спутниковых наблюдений к подлинным данным наземных наблюдений.

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

радиолокатором и такими методами, 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 брутто приблизительно 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 *The Accuracy of Ship's Meteorological Observations: Results of the VSOP-NA* (WMO/TD-No. 455); а что касается метеорологических аспектов, то подробности можно найти в публикации *The Meteorological Aspects of Ice Accretion on Ships* (WMO-No. 397).

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 (*Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.1 и том I.2), 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 офшорных 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 *Номенклатура ВМО по морскому льду* (ВМО-№ 259).

На судоходство влияют следующие четыре важные характеристики морского льда:

- a) толщина: стадия развития (а именно 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 современных функционирующих систем, уделяется требованиям к морским метеорологическим измерениям с оперативных метеорологических заякоренных буев. С информацией, касающейся других систем, связанных с требованиями к другим применениям и научным исследованиям, можно ознакомиться в других публикациях (например, Bradley and Fairall, 2006) и на веб-сайтах:

- СКММОПС <https://www.ocean-ops.org/board/>;
- тропические заякоренные буи АТЛАС: http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mooring.shtml;
- океанские климатические станции: <https://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;
- Глобальная система заякоренных буев: <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/>;
- OceanSITES эталонные заякоренные буи: <https://goosocean.org/who-we-are/observations-coordination-group/global-ocean-observing-networks/oceansites/>;

- буи для наблюдений за цунами: <http://www.ndbc.noaa.gov/dart/dart.shtml>;
- буи для наблюдений за волнением: <http://www.jcomm.info/wet>.

Более современные заякоренные буи м-ТРИТОН в Индийском океане:
– <http://www.jamstec.go.jp/iorgc/iomics/index.html>

Типичный морской метеорологический заякоренный буй оборудован датчиками для измерения следующих переменных:

- a) скорость ветра;
- b) направление ветра;
- c) атмосферное давление;
- d) ТПМ;
- e) высота и период волн;
- f) температура воздуха;
- g) температура точки росы или относительная влажность.

Дополнительные элементы, измеряемые некоторыми заякоренными буями, могут включать:

- 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;
- j) уровень pH поверхности океана;
- k) активная радиация фотосинтеза;
- l) флуоресценция и мутность;
- m) параметры качества воды.

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, с тем чтобы выявлять, когда они дрейфуют, чтобы соответствующие ведомства могли быть уведомлены о том, что они не представляют собой опасности для судоходства. Также полезно осуществлять мониторинг различных параметров их состояния и технических параметров с целью контроля качества данных и технического обслуживания. Технология использования заякоренных буев в настоящее время усовершенствована до такой степени, что технически возможна работа буев в точке на протяжении периода до двух лет даже в самых суровых условиях. Продолжительность оперативной жизни буя определяется в основном сроком службы датчиков, которые часто заменяются через 24 месяца. Общие практики для минимизации неисправностей в системах буев включают использование медной ленты и пасты на основе окиси цинка на приборах раз в 24 месяца.

В настоящее время считается, что наблюдения с заякоренных буев 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).

Недавно сформированные сети заякоренных буев имеют возможности для измерения подповерхностных параметров для более глубокого понимания взаимодействия воздуха и моря.

Надежность в работе представляет собой ключевое требование к приборам, которые используются в заякоренных буюх в море для мониторинга циклонов, поскольку датчики, которые не обладают достаточной эффективностью работы, могут серьезным образом сказаться за гражданской защите, а дополнительно также привести к затратным ремонтным работам и переустановке. Недавние изменения в части отбора приборов и практик применения, основанных на опыте глобального научного сообщества, привели к повышению эффективности работы в море (Venkatesan et al., 2015).

Ниже приводятся типичные погрешности измерений, проведенных с оперативных метеорологических и океанографических буев:

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
ТПМ	0,2 °С
температура	0,5°
характерная высота волн	10 % или 0,2 м
направление волн	10°
период волн	1 с

Стандартный комплект датчиков, установленный на заякоренных оперативных метеорологических и океанографических буях, осуществляет 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 характерная высота волн и пиковый (или средний) период волны. Некоторые буи также измеряют (направленные и ненаправленные) спектры энергии волн.

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 буев осуществляется при помощи цифровых барометров (см. [том I](#), глава 3). Проводятся следующие измерения давления:

- давление на уровне станции — это фактическое измерение при помощи барометра на заякоренном буйе в гПа; в некоторых случаях могут использоваться два барометра, и их значения усредняются;
- давление на уровне моря — это давление, приведенное к уровню моря на высоте измерения, выраженное в единицах гПа. Для установленных в море заякоренных буев эта величина весьма близка к давлению на уровне станции. Однако может наблюдаться большое различие между давлением на уровне моря и давлением на уровне станции, данные о котором поступают с буев, 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 predetermined порогового значения (например, 1 008 гПа в тропиках). Полусуточный период изменения давления может использоваться для выявления циклонов. Давление воздуха показывает два пиковых и два низких значения в сутки, и наиболее высокое и наиболее низкое значения давления практически повторяются в тот же период в течении полусуточных колебаний. Сокращение полусуточного колебания в течении прохождения циклона могло бы использоваться для выявления циклона/системы низкого давления. Этот метод может усовершенствовать алгоритм выявления циклона.

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.

Ветер зачастую может вызывать динамические изменения давления, что воздействует на считывание показаний барометра. Входное отверстие барометра должно размещаться там, где воздействие ветра минимально. Барометрическое давление как правило измеряется из входного отверстия, расположенного в 3 м над поверхностью моря.

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 выборку (обычно стандартный 10-минутный период).

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 буюв сейчас, как правило, практикуется использование ультразвуковых датчиков скорости и направления ветра, не имеющих никаких подвижных частей, при котором измерение направления ветра обычно производится при помощи компасного пеленга таким образом, чтобы направление относительно буюв поддавалось коррекции для получения истинного направления. Высота датчика ветра различается в зависимости от буюв различного размера, поэтому важно, чтобы высота датчика (3 м над СУР) сообщалась в данных BUFR (TM3-15-008), обмен которыми производится по ГТС, с тем чтобы пользователи могли рассчитать производное эквивалентное скорости ветра 10 м.

Четырехлопастной роторный датчик-флюгер на метеорологических заякоренных буюв, как правило, используется в некоторых сетях заякоренных буюв. 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 буюв используется 8-минутный период сбора данных. Стандартные измерения ветра производятся каждый час.

В некоторых сетях метеорологические заякоренные буюв 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 так далее минут.

В случае заякоренных буев некоторых сетей, измерения скорости ветра производятся на уровнях в 3 м и 4 м, а скорости ветра на 10 и 20 м выше площадки измерения выводятся 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 определяется ни на высоте 10 м, ни на высоте 20 м над уровнем площадки.

Некоторые страны эксплуатируют заякоренные буи, традиционно используя чашечный анемометр и флюгер с самостоятельной ориентацией для измерения скорости и направления ветра за 10-минутный период сбора данных до начала каждого часа. 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 сейчас заменены новыми ветровыми системами, которые используют акустический анемометр и электронный компас. Для дальнейшего повышения надежности заякоренные буи оснащаются двойными системами измерения параметров ветра для повышения устойчивости к воздействию внешней среды в случае поломки анемометра (Turton and Pethica, 2010).

4.3.3 **Температура**

Температура — это одно из основных метеорологических измерений. Для проведения измерений температуры обычно используются электронные термисторы, градуированные в градусах Цельсия (°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 (Национальный центр буев для сбора данных (НЦБСД), 2003a). Выборочные измерения температуры воздуха проводятся с частотой, установленной в период выборочных измерений (обычно 1 Гц или 0,1 Гц). Температура воздуха обычно измеряется наряду с ОВ, и разрешение составляет 0,1 °C. Некоторые операторы буев также используют температурные датчики высокого разрешения, порядка 0.000 1 °C. Такие датчики в первую очередь используются для подводных применений.

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 буях часто крепятся к внутренней части корпуса. Поскольку корпуса буев 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 буя, может быть на 2—3 °C ниже ТПМ воды.

Это значение может также быть искаженным ввиду биозагрязнения. Значительная часть датчиков для долгосрочных измерений подводной температуры имеет высокое разрешение порядка $0.0001\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температурные значения, указываемые другими датчиками, такими как измерители течения, устанавливаемые в различных точках, могут подвергаться сравнениям для оптимальных измерений. Международная шкала температуры 90 г. обычно применяется для измерения температуры воды.

4.3.4 **Оценки океанских волн**

Оценки состояния моря являются, вероятно, самыми сложными измерениями, которые проводятся с заякоренных буев, и они имеют исключительно важное значение для морских прогнозистов, мореплавателей, инженеров океанских судов и сооружений, а также ученых. При использовании буя все основные измерения волнения осуществляются определенным образом на основе временного ряда движения буев. Полная информация об измерениях волнения представлена НЦБД Национального управления США по океанам и атмосфере (НУОА) (2003a, 2003b, 2009).

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 буев все не связанные с направлением параметры волнения, высот и периодов, крутизны и т. д. выводятся из спектральных плотностей волнения. Кроме того, многие буи измеряют спектральные направленные компоненты, определяемые средними значениями направления, распространения, асимметрии и эксцесса, которые определяют четыре коэффициента Фурье (функционально связанные с каждой частотой), которые рассылаются центрами посредством заякоренных буев ВМО BUFR образец ТМ 315008 (см. *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306)).

4.3.5 **Оценки ненаправленного волнения океана**

На большинстве буев для измерения их перемещения используются акселерометры или датчики движения. Датчики крепятся таким образом, чтобы оставаться в вертикальном положении по отношению к корпусу буя или в стабильном параллельном положении по отношению к земной вертикали, и таким образом осуществляется подавляющее большинство измерений волнения океана. Вертикальная стабилизация в тех случаях, когда она применяется, достигается благодаря использованию датчиков перемещения, килевой и бортовой качки, эталонная плоскость которых 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:

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

где: $S(f)$ — это спектральная плотность перемещения; df — ширина частотной полосы; f_u — верхний предел частоты; f_l — 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 буев 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 дают оценку бесконечного ряда значений, которое описывает 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 оценки и валидации измерений волн, полученных при помощи высокочастотных радаров и радаров диапазона В, а также соответствующих и космических приборов.

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, хлорофилла, активная радиация фотосинтеза, «окрашенная растворенная органическая материя», и растворенный кислород. Данные с буев проходят контроль качества в режиме реального времени и, если это возможно, эти данные распространяются по ИСВ.

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 и спутниковыми измерениями. Большинство буев получают эти данные при помощи смонтированных на них акустических доплеровских измерителей течения. Интервал измерений должен устанавливаться таким образом, чтобы исключить течение, обусловленное орбитальной скоростью волнового движения.

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 буях 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 акустических профилометров Доплера для измерения течения (АПДТ) как основных датчиков для сбора данных о текущем профиле океана. Эти датчики 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. АПДТ обычно используется отдельно или вкуче с системой буев для профилирования требуемой глубины.

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 солёности. Измерения солёности основаны на практической шкале солёности, использующей эмпирическое соотношение между солёностью 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 солёности сообщается в практических единицах солёности. Измерение проводимости осуществляется при помощи двух методов: (а) используя индукционную обмотку для оценки объема проводящих ионов; (b) забором известного объема морской воды в стеклянную измерительную трубку и измерением проводимости путем измерения изменения сопротивления платинового электрода. Биозагрязнение прибора ограничивающий фактор для любых попыток обеспечить точные измерения солёности с заякоренного буя.

4.3.13 **Осадки**

Измерение осадков с большим пространственным охватом критически важно для связанных с климатом исследований. Потоки пресной воды представляют собой косвенную меру локального латентного прогревания, которое стимулирует циркуляцию атмосферного воздуха. В этой связи сифоновые дождемеры были установлены на системах буев. Осадки собираются в воронку бассейна и сливаются в измерительную трубку, которая оснащена емкостным преобразователем, обеспечивающим линейные выходные данные. Самосифонирование опустошает измерительную трубку после ее наполнения. Интервал измерений составляет 1 Гц для расчета интенсивности дождевых осадков. На эти датчики незначительное воздействие оказывает электромагнитическое поле, создаваемое передающей антенной, и достаточное пространство зазора должно обеспечиваться на заякоренных буях, с тем чтобы преодолевать помехи.

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. Системы буев оборудованы длинно- и коротко-волновыми датчиками радиации с аналоговым и последовательным выводом.

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 **ПЛАВУЧИЕ МАЯКИ**

По большинству параметров эти платформы могут рассматриваться как аналогичные заякоренным буям, поскольку автоматические и опираются на автоматизированные системы наблюдений. 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 видимости могут подвергаться воздействию морских брызг, которые образуются самим плавучим

маяком. Также ввиду того, что плавучие маяки значительно больше по размеру, чем заякоренные буи, внимание должно уделяться при отсылке к датчикам ветра, чтобы исключить препятствия, связанные с конструкцией судна, по аналогии с описанием выше СДН (см. 4.2.2.6.2). В то же время, для большинства условий их рабочие характеристики соответствуют характеристикам приборов, устанавливаемых на наземных автоматических метеорологических станциях.

Измерения волн производились с плавучих маяков в водах у берегов Соединенного Королевства на протяжении множества лет, данные имеются за период с 1962 года. Эти измерения изначально производились с использованием приборов регистратора волн на борту судна (СБВР), монтировавшихся на плавучих маяках, которые использовали акселерометры и датчики давления (воды) для предоставления информации о высоте и периода волн. С 1990 годов измерения волн производились с использованием датчиков вертикальной качки на плавучих маяках. Однако давно имелись подозрения относительно того, что текущие измерения волн с плавучих маяков не были столь же точны, как измерения, производимые с заякоренных буйев Метеобюро СК. Это связано с тем, что современные измерения волн с плавучих маяков производятся с помощью датчиков вертикальной качки, размещаемых в близости от центральной части судна, которые измеряют лишь вертикальное перемещение, в то время как более ранние измерения СБВР опирались на акселерометры для измерения вертикальной качки судна и датчики давления (ниже ватерлинии) для измерения изменений уровня моря относительно судна. В этой связи измерения СБВР учитывали инерцию (а плавучие маяки слишком велики для точного отслеживания подъема и спада каждой волны) судна, что в настоящее время не учитывается. Это приводит к тому, что нынешние измерения лишь с использованием датчиков вертикальной качки недооценивают характерную высоту волн и переоценивают средний период волн (Anderson et al., 2016).

4.5 ВЫШКИ И ПЛАТФОРМЫ

На вышках (обычно на относительном 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. главу 1 данного тома). 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. Большая часть платформ в открытом море в настоящее время оснащена АМС, которые эксплуатируются офшорными промышленными компаниями и в этой связи подпадают под категорию «данных третьих сторон», которые могут предоставляться через посредство ГТС ВМО.

На некоторых платформах и буровых установках данные автоматических 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 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

измерений параметров волн, такие как характерная высота волн и некоторые данные об измерении периода волн, 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 буюм, 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. Датчики волн, однако, могут зависеть от места расположения фиксированных измерителей, таких как опора платформы. Взаимодействие физической конструкции и накатывающих волн способно создавать помехи или отражение в условиях подъема и спада 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 дополнительных данных, устраняющий необходимость в размещении заякоренных буюв в этих регионах.

4.6 ДРЕЙФУЮЩИЕ БУИ

Дрейфующие буи с плавучим якорем (Niiler, 2001; Maximenko et al., 2013; Centurioni, 2018) использовались в течение многих лет в океанографии, главным образом для измерения течений на поверхности моря. Однако разработка надежных спутниковых систем отслеживания и ретрансляции данных (*Guide to Data Collection and Location Services using Service Argos*) привела к резкому увеличению количества океанских дрейфующих буюв и к существенному расширению возможностей датчиков дрейфующих буюв для метеорологических и океанографических целей.

Практически все лагранжианские поверхностные дрейфующие буи (в этой связи именуемые «дрифтерами»), функционирующие в рамках глобального массива дрейфующих буюв сообщают ТПМ, геолокацию и время наблюдений. Поскольку якорь дрифтеров погружается на глубину 15 м, данные о геолокации и времени используются для расчета течений на этой глубине, когда имеется плавучий якорь.

Наличие плавучего якоря зачастую определяется датчиком деформации. Методы восстановления данных о приповерхностных океанских течениях в случае потери плавучего якоря также существуют. В 2018 году более половины дрифтеров глобального массива также производили измерения атмосферного давления поверхности моря, а также ряд дрифтеров, размещенных в поддержку специальных исследований процессов и/или изучений взаимодействия океана и циклонов, измеряют соленость поверхности моря (например, Centurioni et al., 2015; Hormann et al., 2015; Hormann et al., 2016), горизонтальную скорость ветра над поверхностью моря и подповерхностные температуры, обычно на глубине 15 м. Подкласс экспериментальных дрифтеров без плавучего якоря также разворачивается, и эти устройства предназначены для измерения направленного спектра поверхностных гравитационных волн. Современное описание систем дрейфующих буюв содержится в публикации Centurioni (2018) и ЮНЕСКО (UNESCO, 1988). Группа экспертов ВМО/МОК по сотрудничеству в области буюв для сбора данных (ГСБД) опубликовала *Global Drifter Programme Barometer Drifter Design Reference*

(Справочник по устройству дрейфтера с барометром для работы по Глобальной программе по дрейфующим буям) . Читателям также следует ознакомиться с ежегодными отчетами и материалами практических семинаров ГСБД, которые имеются по ссылке: <https://community.wmo.int/mmop-publications-and-documents-0>.

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 с плавучим якорем с центром на глубине 15 м и предназначенном для измерения приповерхностных течений в верхнем перемешанном слое океана и оснащенном для измерения ТПМ с точностью в диапазоне ± 0.1 °C и ± 0.05 °C; 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, ТПМ 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 (Centurioni, 2018), в результате чего были разработаны:

- a) дрейфующий буй SVP-B (см. также Centurioni et al., 2016a), который представляет собой модификацию дрейфующего буя SVP, как описано в пункте (a) предыдущего параграфа, с добавлением датчика давления воздуха. Барометр, как правило, обладает точностью ± 0.4 гПА;
- b) дрейфующий буй SVP-BW, который по существу представляет собой дрейфующий буй SVP-B, который может измерять параметры ветра. В более старых ветровых дрейфующих буях для получения оценок скорости ветра использовался подповерхностный гидрофон и поверхностный флюгер, но в современных дрейфующих буях SVP-BW эта технология была полностью заменена акустическим анемометром. Направление ветра измеряется при помощи внутреннего компаса с точностью $\pm 2^\circ$;
- c) буй, измеряющий вертикальный профиль ветра, давления и температуры, или автономная дрейфующая океаническая станция (АДОС), который представляет собой производную дрейфующего буя SVP-BW с подповерхностной термисторной цепью, пришедшей на смену плавучему якорю, для измерения температурного профиля до глубин порядка 150 м;
- d) дрейфующий буй SVP, измеряющий соленость (SVP-S), который представляет собой дрейфующий буй SVP или SVP-B, с датчиком проводимости на глубине примерно 0,45 м и с точностью порядка ± 0.0003 с м⁻¹. Точность датчика температуры поверхности для этих дрейфующих буев составляет порядка ± 0.002 °C. В некоторых экспериментальных конфигурациях использовались дополнительные датчики проводимости/температуры еще на нескольких глубинах (Dong et al., 2017);

- е) дрейфующий буй для измерения направленного спектра волн (Centurioni et al., 2016b; Centurioni et al. 2019), который представляет собой дрейфующий буй без плавучего якоря, предназначенный для измерения параметров направленного спектра волн с использованием технологии GPS. Эта экспериментальная технология становится более популярной ввиду точности производимых с ее помощью наблюдений направленного спектра и низкой затратности.

Дрейфующие буи представляют собой устройства одноразового применения, и таким образом их рабочие характеристики являются компромиссом между предъявляемыми требованиями и стоимостью их производства и поставки. В то же время, функционирование датчиков дрейфующих буюв является адекватным, в случае необходимости, для целей синоптической метеорологии и океанографии. Отметим, что качество гидрофонных наблюдений за скоростью ветра является спорным, в результате чего их данные не используются оперативными центрами (Ingleby, 2010). Современная технология дрейфующего буя SVP-BW, которая использует акустический датчик ветра, представляется весьма перспективной и сейчас проходит оценку.

Ниже приводятся типичные погрешности измерений оперативных систем:

Размещение	22 м ^a
ТМП	От 0,05 °C до 0,21 °C ^b
Атмосферное давление	0,84 гПа ^c
Скорость ветра	3,5 м·с ⁻¹ или 10 % ^{bc}
Направление ветра	18,5° ^c
Подповерхностная температура	0,05 °C

К 2018 году данные с дрейфующих буюв преимущественно передаются при помощи спутника Iridium, Примеры форматов коротких пакетов данных Iridium были предложены Blouch et al. (2018).

За прошедшие годы дрейфующие буи стали преобладающим источником данных измерений поверхностного давления воздуха в точке и ТПМ над мировыми океанами. Данные о давлении критически важны для глобального ЧПП (Centurioni et al., 2016b; Horányi et al. 2017), и данные ТПМ в настоящее время представляют собой ключевую часть данных о климате и также используются для калибровки и валидации продукции ТПМ, получаемой при помощи спутников. В данное время существует совместная инициатива ГСБД, ГПДБ и спутникового сообщества для оценки дрейфующих буюв с более высокой точностью датчиков ТПМ (до ± 0.05 °C и лучше), с тем чтобы определить, способны ли они привести к повышению точности спутниковой продукции ТПМ, при сообщении времени измерений до ± 5 минут и местоположения до ± 5 км, что сейчас является стандартной функцией дрейфующих буюв Иридиум/GPS. В 2018 году была утверждена новая европейская (ЕВМЕТСАТ, программа «Коперник», ЕВМЕТНЕТ) концепция SVP с барометром и эталонным датчиком температуры (SVP-BRST) (Poli et al., 2019). Эти буи используются для передачи данных о температуре поверхности моря *in situ* с высоким разрешением для содействия калибровке и валидации радиометра температуры поверхности моря и суши на спутнике Сентинел-3. Было развернуто около 100 буюв SVP-BRST.

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 следующее¹:

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/ЮНЕСКО²;
- 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 представляла собой орган, который официально предлагал 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 среди 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 высокостроистых (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 (а именно — 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 публикации [Наставление по наблюдению за облаками и другими метеорами — Международным атласом облаков](#) (ВМО-№ 407):

Морось. Довольно равномерные осадки в виде мельчайших капель воды, весьма схожи друг с другом, которые выпадают из облаков.

Капли мороси обычно имеют диаметр менее 0,5 мм. Эти капли кажутся почти парящими, так что делают заметными даже легкие движения воздуха. Морось выпадает из толщи слоистых облаков, обычно низких и иногда касающихся земли (туман). Объем осадков в виде мороси может быть существенным (до 1 мм ч⁻¹), особенно вдоль побережья и в гористой местности. Капли, выпадающие на границе зоны дождевых осадков, либо во время незначительных дождей, могут быть аналогичного каплям мороси размера, ввиду их частичного испарения. В таком случае капли дождя отличаются от капель мороси тем, что носят более рассеянный характер выпадения.

Идентификация дождевых облаков как слоистых также отличает дождь от мороси. 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, которые выпадают из облаков. Плотность массы и размер распределения дождевых капель меняются в значительном диапазоне в зависимости от интенсивности осадков и в зависимости от их природы. 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 разрозненных или склеенных вместе кристаллов льда (снежинок), выпадающих из облаков. Форма, размер и концентрация снежинок варьируются в широком диапазоне в зависимости от температуры и сверхнасыщения, которые они формируют. Выпадение снега обычно включает различные типы кристаллов снега, и почти все типы кристаллов могут наблюдаться в период одного выпадения снега. Мелкие капли замерзшей воды зачастую прикрепляются к кристаллам снега. Наличие их в большом количестве может сделать неясной структуру кристаллов снега. При температурах выше примерно -5°C кристаллы как правило склеиваются в виде хлопьев снега.

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, которые выпадают из облаков. Эти крупинки обычно имеют коническую или округлую форму, и Их диаметр может достигать 5 мм. Снежная крупа состоит из центрального ядра, покрытого замерзшими облачными каплями. Они формируются, когда частицы льда, как правило кристалл, собирают облачные капли, которые быстро замерзают. Их плотность, как правило, невысока, менее $0,8\text{ г/см}^3$, ввиду воздушных зазоров между ядром и замерзшими каплями. Снежная крупа отличается хрупкостью и легко разрушается. Когда они падают на твердую почву, то отскакивают от нее и часто разрушаются. Дождь из снежной крупы выпадает из кучевых или кучево-дождевых облаков. Дождь обычно состоит из снежной крупы и хлопьев снега, и обычно возникает при температуре воздуха у поверхности близкой к 0°C . Могут наблюдаться кристаллы не в полном окружении капель; это — промежуточная стадия между кристаллами снега и снежной крупой. 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 частиц льда (градин). Они могут быть прозрачными, полупрозрачными или совершенно непрозрачными. Обычно они обладают сферической, конической или неправильной формой и диаметром 5—50 мм.

Частицы могут выпадать из облаков либо разрозненно, либо сцепленными в бесформенные комья. Выпадение града всегда наблюдается во время ливней. Оно 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, которые выпадают из облаков. Эти частицы, почти всегда сферической формы, имеют иногда конические вершинки. Их диаметр может приближаться к 5 мм и более. Ледяной дождь всегда возникает в ходе ливней из кучево-дождевых облаков. Ледяной дождь состоит из снежной крупы полностью или частично имеющей слой льда. Зазоры в снежной крупе заполняются льдом, либо льдом и водой; замороженным может оказаться лишь тонкий корпус. Источником воды могут быть облачные капли или частично тающие снежные крупинки. Плотность ледяного дождя относительно высока; она варьируется от 0,8 г см⁻³ до, в редких случаях, 0,99 г см⁻³. Обычно они нелегко разбиваются и при падении на твердую почву отскакивают от нее с громким звуком. Ледяной дождь представляет собой промежуточную стадию между снежной крупой и градом. Он отличается от снежной крупы своей частично гладкой поверхностью и своей более высокой плотностью. Он отличается от града своим особенно небольшим размером.

Ледяная крупа. Осадки в виде прозрачных ледяных частиц, которые выпадают из облаков. Эти частицы обычно имеют сфероидальную или неправильную форму и реже — коническую. Их диаметр менее 5 мм. Ледяная крупа возникает как дождевые капли или хлопья снега (менее типично), которые, как правило, выпадают из высокосоистых или слоисто-дождевых облаков. Они выпадают в подоблачный слой теплого воздуха, где хлопья снега тают или тают частично, а затем выпадают в холодный слой воздуха (ниже 0 °С), где замерзают и достигают земли в виде замерзших осадков. Ледяная крупа в виде замерзших дождевых капель прозрачна, менее типичны повторно замерзшие хлопья снега и частично прозрачны и частично непрозрачны, в зависимости от того, полностью или частично растаяли хлопья снега. Ледяная крупа нелегко разбивается. При падении на твердую почву, как правило, отскакивает от нее с громким звуком. Ледяная крупа может быть частично жидкой. Ее плотность обычно ближе к плотности льда, либо выше (0,92 г см⁻³). Интенсивность определяется так же, как и интенсивность града.

Снежные зерна. Осадки в виде очень мелких непрозрачных белых частиц льда, которые выпадают из облаков. Эти частицы имеют довольно плоскую или удлиненную форму; их диаметр обычно менее 1 мм. Хотя они замерзшие и возникают при температуре между приблизительно 0 °С и -10 °С, другие свойства этих осадков сопоставимы с моросью. Когда снежные зерна падают на твердую почву, они не отскакивают от нее. Снежные зерна выпадают в основном из слоистых облаков или из тумана и никогда не бывают ливневыми. Кроме горных районов снежные зерна обычно выпадают в небольших количествах. 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, 2009b) 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 (ВМО). *Номенклатура ВМО по морскому льду* (ВМО-№ 259). Женева, 1970.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Руководство по анализу и прогнозированию волнения* (ВМО-№ 702). Женева, 2020.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО) 2010 г. *Руководство по Глобальной системе наблюдений* (ВМО-№ 488). Женева, 2010 г. (обновлено в 2017 г.).
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.1. Женева, 2019.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.2. Женева, 2021.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО) *Наставление по наблюдению за облаками и другими метеорами — Международный атлас облаков* (ВМО-№ 407). Женева, 2017 г.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Руководство по морскому метеорологическому обслуживанию* (ВМО-№ 471). Женева, 2024.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО) *Наставление по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1160), Женева, 2023 г. (обновлено в 2024 г.).
- American Meteorological Society. *Glossary of Meteorology*. 2nd ed.; American Meteorological Society, 2000. http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page.
- Anderson, G.; Carse, F.; Turton J. et al. Quantification of Bias of Wave Measurements from Light Vessels. *Journal of Operational Oceanography* **2016**, 9 (2), 93–102. <https://doi.org/10.1080/1755876X.2016.1239242>.
- Barton, I. J.; Minnett, P. J.; Maillet, K. A. et al. The Miami2001 Infrared Radiometer Calibration and Intercomparison. Part II: Shipboard Results. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2004**, 21 (2), 268–283. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2004\)021<0268:TMIRCA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2004)021<0268:TMIRCA>2.0.CO;2).
- Blouch, P.; Billon, C. E-SURFMAR Recommended Ship-to-shore Data Formats for Voluntary Observing Ships (VOS), 2017. <https://zenodo.org/record/1324186>.
- Blouch, P.; Billon, C.; Poli, P. 2018: E-SURFMAR Recommended Ship-to-shore Data Formats for Buoys. [doi:10.5281/zenodo.1473443](https://doi.org/10.5281/zenodo.1473443).
- Bourras, D. Comparison of Five Satellite-derived Latent Heat Flux Products to Moored Buoy Data. *Journal of Climate* **2006**, 19 (24), 6291–6313. <https://doi.org/10.1175/JCLI3977.1>.
- Bowditch, N. *The American Practical Navigator: An Epitome of Navigation*, 2002 Bicentennial edition, NIMA Pub. No. 9; National Imagery and Mapping Agency: Bethesda, USA, 2002.
- Bradley, F.; Fairall, C. *A Guide to Making Climate Quality Meteorological and Flux Measurements at Sea*, NOAA Technical Memorandum OAR PSD-311, NOAA/ESRL/PSD; National Oceanic and Atmospheric Administration: Boulder, USA, 2006.
- Centurioni, L. R. Drifter Technology and Impacts for Sea Surface Temperature, Sea-level Pressure, and Ocean Circulation Studies. In: *Observing the Oceans in Real Time*; Venkatesan, R.; Tandon, A.; D'Asaro E. et al., Eds.; Springer Oceanography: Cham, Switzerland, 2018.
- Centurioni, L.; Braasch, L.; Di Lauro, E. et al. A New Strategic Wave Measurement Station off Naples Port Main Breakwater. *Coastal Engineering Proceedings* **2016**. <https://doi.org/10.9753/icce.v35.waves.36>.
- Centurioni, L.; Horányi, A.; Cardinali, C. et al. A Global Ocean Observing System for Measuring Sea Level Atmospheric Pressure: Effects and Impacts on Numerical Weather Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2017**, 98 (2), 231–238. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00080.1>.
- Centurioni, L. R.; Hörmann, V.; Chao, Y. et al. Sea Surface Salinity Observations with Lagrangian Drifters in the Tropical North Atlantic During SPURS: Circulation, Fluxes, and Comparisons with Remotely Sensed Salinity from Aquarius. *Oceanography* **2015**, 28 (1), 96–105. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2015.08>.
- Centurioni, L. R.; Turton, J.; Lumpkin, R. et al. Global In Situ Observations of Essential Climate and Ocean Variables at the Air–Sea Interface. *Frontiers in Marine Science* **2019**, 6 (419). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00419>.
- Dohan, K.; Bonjean, F.; Centurioni, L. et al. Measuring the Global Ocean Surface Circulation with Satellite and In Situ Observations. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2. <https://doi.org/10.5270/OceanObs09.cwp.23>.

- Dong, S.; Volkov, D.; Goni, G. et al. 2017: Near-surface Salinity and Temperature Structure Observed with Dual-sensor Drifters in the Subtropical South Pacific. *Journal of Geophysical Research: Oceans* **2017**, 122 (7), 5952–5969. <http://dx.doi.org/10.1002/2017JC012894>.
- Donlon, C.; Robinson, I. S.; Wimmer, W. et al. An Infrared Sea Surface Temperature Autonomous Radiometer (ISAR) for Deployment aboard Volunteer Observing Ships (VOS). *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2008**, 25 (1), 93–113. <https://doi.org/10.1175/2007JTECHO505.1>.
- Fairall, C. W.; White, A. B.; Edson J. B. et al. Integrated Shipboard Measurements of the Marine Boundary Layer. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **1997**, 14 (3), 338–359. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1997\)014<0338:ISMOTM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1997)014<0338:ISMOTM>2.0.CO;2).
- Freeland, H.; Roemmich, D.; Garzoli, S. et al. Argo – A Decade of Progress. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison, D. E.; Stammer, D. Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Frigaard, P. B.; Helm-Petersen, J.; Klopman, G. et al. IAHR List of Sea Parameters. In *Proceedings of the Twenty-seventh IAHR Congress*, San Francisco, 10–15 August 1997; 1997.
- Goni, G.; Roemmich, D.; Molinari, R. et al. The Ship of Opportunity Programme. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison D. E.; Stammer, D. Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Hall, J.; Harrison, D. E.; Stammer, D., Eds. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010.
- Hasse, L.; Grossklaus, M.; Uhlig, K. et al. A Ship Rain Gauge for Use in High Wind Speeds. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **1998**, 15 (2), 380–386. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1998\)015<0380:ASRGFU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1998)015<0380:ASRGFU>2.0.CO;2).
- Horányi, A.; Cardinali, C.; Centurioni, L. The Global Numerical Weather Prediction Impact of Mean-sea-level Pressure Observations from Drifting Buoys. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **2017**, 143 (703), 974–985. <https://doi.org/10.1002/qj.2981>.
- Hormann, V.; Centurioni, L. R.; Reverdin, G. Evaluation of Drifter Salinities in the Subtropical North Atlantic. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2015**, 32 (1), 185–192. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00179.1>.
- Hormann, V.; Centurioni, L. R.; Mahadevan, A. et al. Variability of Near-Surface Circulation and Sea Surface Salinity Observed from Lagrangian Drifters in the Northern Bay of Bengal During the Waning 2015 Southwest Monsoon. *Oceanography* **2016**, 29 (2), 124–133. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2016.45>.
- Ingleby, B. Factors Affecting Ship and Buoy Data Quality: A Data Assimilation Perspective. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2010**, 27, 1476–1489. <https://doi.org/10.1175/2010JTECHA1421.1>.
- Keeley, R.; Pazos M.; Bradshaw, B. Data Management System for Surface Drifters. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison, D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Kennedy, J. J.; Smith R. O.; Rayner, N. A. Using AATSR Data to Assess the Quality of In Situ Sea-surface Temperature Observations for Climate Studies. *Remote Sensing of Environment* **2012**, 116, 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.11.021>.
- Kent, E. C.; Ball, G.; Berry, D. et al. The Voluntary Observing Ship (VOS) Scheme. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison, D. E., Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010, Vol. 2.
- Kent, E. C.; Berry, D. I. 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* (WMO/TD-No. 1081). WMO: Geneva, 2005.
- Kent, E. C.; Taylor, P. K. Toward Estimating Climatic Trends in SST, Part I: Methods of Measurement. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2006**, 23 (3), 464–475. <https://doi.org/10.1175/JTECH1843.1>.

- Kent, E. C.; Taylor, P. K.; Josey, S. A. Improving Global Flux Climatology: The Role of Metadata. In *Advances in the Applications of Marine Climatology: The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology* (WMO/TD-No. 1081). WMO/IOC: Geneva and Paris, 2003.
- Kent, E. C.; Taylor, P. K.; Truscott B. S. et al. The Accuracy of Voluntary Observing Ships' Meteorological Observations – Results of the VSOP-NA. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **1993**, 10 (4), 591–608. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1993\)010<0591:TAOVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1993)010<0591:TAOVOS>2.0.CO;2).
- Kent, E. C.; Woodruff, S. D.; Berry, D. I. Metadata from WMO Publication No. 47 and an Assessment of Voluntary Observing Ship Observation Heights in ICOADS. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2007**, 24 (2), 214–234. <https://doi.org/10.1175/JTECH1949.1>.
- Klepp, C. The oceanic shipboard precipitation measurement network for surface validation – OceanRAIN. *Atmospheric Research*, Special issue on the Sixth Workshop of the International Precipitation Working Group **2015**, 163, 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.12.014>.
- Laurindo, L. C.; Mariano, A.; Lumpkin, R. An Improved Surface Velocity Climatology for the Global Ocean from Drifter Observations. *Deep Sea Research Part I* **2017**, 124, 73–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2017.04.009>.
- Liu, W. T.; Katsaros, K. B.; Businger, J. A. Bulk Parameterization of Air–Sea Exchanges of Heat and Water Vapor Including the Molecular Constraints at the Interface. *Journal of Atmospheric Sciences* **1979**, 36, 1722–1735. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1979\)036<1722:BPOASE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1979)036<1722:BPOASE>2.0.CO;2).
- Maximenko, N.; Lumpkin, R.; Centurioni, L. Chapter 12 – Ocean Surface Circulation. In *Ocean Circulation and Climate: A 21st Century Perspective*, 2nd ed.; International Geophysics Series Volume 103; Siedler, G.; Griffies, S. M.; Gould J. et al., Eds.; Academic Press, 2013.
- McPhaden, M. J.; Ando, K.; Bourlès, B. et al. 2010: The Global Tropical Moored Buoy Array. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison, D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Meldrum, D.; Charpentier, E.; Fedak, M. et al. Data Buoy Observations: The Status Quo and Anticipated Developments over the Next Decade. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison, D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Merrifield, M.; Aarup, T.; Allen, A. et al. The Global Sea Level Observing System (GLOSS). In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison, D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Michaelides, S. *Precipitation: Advances in Measurement, Estimation and Prediction*. Springer, 2008
- Moat, B. I., Yelland, M. J.; Molland A. F. Quantifying the Airflow Distortion over Merchant Ships, Part II: Application of the Model Results. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2006**, 23 (3), 351–360. <https://doi.org/10.1175/JTECH1859.1>.
- Moat, B. I.; Yelland, M. J.; Pascal R. W. et al. An Overview of the Airflow Distortion at Anemometer Sites on Ships. *International Journal of Climatology* 2005, 25 (7), 997–1006. <https://doi.org/10.1002/joc.1177>.
- National Data Buoy Center. *Handbook of Automated Data Quality Control Checks and Procedures of the National Data Buoy Center*, NDBC Technical Document 03-02; National Data Buoy Center: Stennis Space Center, 2003a. <https://www.ndbc.noaa.gov/NDBCHandbookofAutomatedDataQualityControl2009.pdf>.
- National Data Buoy Center. *Nondirectional and Directional Wave Data Analysis Procedures*, NDBC Technical Document 03-01; National Data Buoy Center: Stennis Space Center, 2003b. <http://www.ndbc.noaa.gov/wavemeas.pdf>.
- National Data Buoy Center. *Handbook of Automated Data Quality Control Checks and Procedures*, NDBC Technical Document 09-02; National Data Buoy Center: Stennis Space Center, 2009. <http://www.ndbc.noaa.gov/NDBCHandbookofAutomatedDataQualityControl2009.pdf>.
- Niiler, P. P. The World Ocean Surface Circulation. In *Ocean Circulation and Climate: Observing and Modelling the Global Ocean*; Siedler, G.; Church J.; Gould, J., Eds.; Academic Press: San Francisco, 2001.
- O'Carroll, A. G.; Eyre, J. R.; Saunders, R. W. Three-way Error Analysis between AATSR, AMSR-E, and In Situ Sea Surface Temperature Observations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2008**, 25 (7), 1197–1207. <https://doi.org/10.1175/2007JTECHO542.1>.
- Organisation Météorologique Internationale – Comité Météorologique International (OMI-CMI). *Procès-Verbaux de la Session de Paris, 1946*, Publication No. 55; 105–106; La Concorde: Lausanne, 1947.

- Pazan, S. E.; Niiler, P. P. Recovery of Near-Surface Velocity from Undrogued Drifters. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2001**, *18*, 476–489. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2001\)018<0476:RONSVF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2001)018<0476:RONSVF>2.0.CO;2).
- Poli, P.; Lucas, M.; O'Carroll, A. et al. The Copernicus Surface Velocity Platform Drifter with Barometer and Reference Sensor for Temperature (SVP-BRST): Genesis, Design, and Initial Results. *Ocean Science* **2019**, *15*, 199–214. <https://doi.org/10.5194/os-15-199-2019>.
- Send, U.; Weller, R. A.; Wallace, D. et al. OceanSITES. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Smith, S. R.; Bourassa, M. A.; Bradley, E. et al. Automated Underway Oceanic and Atmospheric Measurements from Ships. In *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010; Vol. 2.
- Smith, S. R.; Bourassa, M. A.; Sharp, R. J. Establishing more truth in true winds. In *Advances in the Applications of Marine Climatology: The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology* (WMO/TD-No. 1081). WMO/IOC: Geneva and Paris, 2003.
- Swail, V.; Jensen, R. E.; Lee, B. et al. Wave Measurements, Needs and Developments for the Next Decade. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010a; Vol. 2.
- Swail, V.; Lee, B.; Soares, A. et al. Storm Surge. *Proceedings of OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society*, Venice, 21–25 September 2009; Hall, J.; Harrison D. E.; Stammer, D., Eds.; ESA Publication WPP-306, European Space Agency, 2010b; Vol. 2.
- Taylor, P. K.; Kent, E. C.; Yelland, M. J. et al. The Accuracy of Marine Surface Winds from Ships and Buoys. In *Advances in the Applications of Marine Climatology: The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology* (WMO/TD-No. 1081). WMO/IOC: Geneva and Paris, 2003.
- Turton, J.; Pethica, C. Assessment of a New Anemometry System for the Met Office's Moored Buoy Network. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* **2010**, *27*, 2031–2038. <https://doi.org/10.1175/2010JTECHA1475.1>.
- United Kingdom Meteorological Office. *Marine Observers Handbook*, 11th ed.; UK Met Office No. 1016, UK Met Office: London, 1995.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). *Guide to Drifting Data Buoys*; WMO/IOC Manuals and Guides 20, 1988.
- United States Weather Bureau. *Manual of Barometry (WBAN)*, 1st ed; US Government Printing Office: Washington, DC, 1963; Vol. I. <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.31822010663441;seq=7;view=1up;num=i>.
- Venkatesan R.; Vengatesan, G.; Vedachalam, N. et al. Reliability Assessment and Integrity Management of Data Buoy Instruments Used for Monitoring the Indian Seas. *Applied Ocean Research* **2015**, *54*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2015.10.004>.
- Weller, R. A.; Bradley, E. F.; Edson, J. B. et al. Sensors for Physical Fluxes at the Sea Surface: Energy, Heat, Water, Salt. *Ocean Science* **2008**, *4* (4), 247–263. <https://doi.org/10.5194/os-4-247-2008>.
- Wilkerson, J. C.; Earle, M. D. A study of Differences between Environmental Reports by Ships in the Voluntary Observing Programme and Measurements from NOAA Buoys. *Journal of Geophysical Research* **1990**, *95* (C3), 3373–3385.
- World Meteorological Organization (WMO). *International List of Selected, Supplementary and Auxiliary Ships* (WMO-No. 47). Geneva, 1955–. (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*, <https://community.wmo.int/mmop-operational-information>.)
- World Meteorological Organization (WMO). *Precipitation Measurements at Sea*. (WMO-No. 124). Geneva, 1962.
- World Meteorological Organization (WMO). *Comparative Sea-surface Temperature Measurements* (WMO-No. 336). Geneva, 1972.
- World Meteorological Organization (WMO). *The Meteorological Aspects of Ice Accretion on Ships* (WMO-No. 397). Geneva, 1974.
- World Meteorological Organization (WMO). *Precipitation Measurement at Sea*, Marine Meteorology and Related Oceanographic Activities Report No. 1. WMO: Geneva, 1981.
- World Meteorological Organization (WMO). *Wind Measurements Reduction to a Standard Level* (WMO/TD-No. 311). Geneva, 1989.

- World Meteorological Organization (WMO). *Compendium of Lecture Notes in Marine Meteorology for Class III and Class IV Personnel* (WMO-No. 434). Geneva, 1991.
- World Meteorological Organization (WMO). *The Accuracy of Ship's Meteorological Observations: Results of the VSOP-NA* (WMO/TD-No. 455). Geneva, 1991.
- World Meteorological Organization (WMO). The accuracy of meteorological observations from Voluntary Observing Ships: Present status and future requirements (Taylor, P.K.; Kent, E.C.). *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. <http://eprints.soton.ac.uk/347754/>.
- World Meteorological Organization (WMO)/Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Guide to Data Collection and Location Services using Service Argos*. Data Buoy Cooperation Panel Technical Document No. 3. WMO and IOC: Geneva and Paris, 1995.
- World Meteorological Organization (WMO)/Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Guide to Moored Buoys and Other Ocean Data Acquisition Systems*, Data Buoy Cooperation Panel Technical Document No. 8. WMO and IOC: Geneva and Paris, 1996.
- World Meteorological Organization (WMO)/Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Global Drifter Programme Barometer Drifter Design Reference*, Data Buoy Cooperation Panel Report No. 4, Revision 2.2. WMO and IOC: Geneva and Paris 2009a.
- World Meteorological Organization (WMO)/Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Ship Observations Team Fifth Session*, JCOMM Meeting Report No. 63. WMO and IOC: Geneva and Paris, 2009b.
- World Meteorological Organization (WMO)/Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Third Session of the JCOMM Expert Team on Marine Climatology (Melbourne, Australia, 8–12 February 2010)*, JCOMM Meeting Report No. 70. WMO and IOC: Geneva and Paris, 2010.
- Yelland, M. J.; Moat, B. I.; Taylor, P. K. Air Flow Distortion over Merchant Ships, Progress Report to the Atmospheric Environment Service, Canada. 2001. <http://eprints.soton.ac.uk/67256>.
-