

## **ГЛАВА 14. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕКУЩЕЙ И ПРОШЕДШЕЙ ПОГОДОЙ; СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

### **14.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **14.1.1 Определения**

В практике наблюдений под термином «погода» подразумевают такие наблюдения за состоянием атмосферы и связанными с ним явлениями, которые первоначально не предназначались для количественных измерений. Эти наблюдения представляют собой качественное описание явлений, наблюдаемых в атмосфере или на поверхности Земли, таких как осадки (гидрометеоры, выпадающие в атмосфере), взвешенные или переносимые ветром частицы (гидрометеоры и литометеоры), другие специально обозначенные оптические явления (фотометеоры) или проявления атмосферного электричества (электрометеоры). Полное описание этих явлений приводится в публикации ВМО (WMO, 2017).

**Гидрометеоры.** Они состоят из жидких или твердых частиц воды и могут быть во взвешенном состоянии в воздухе, выпадать сквозь атмосферу, переноситься ветром с поверхности Земли или оседать на других объектах.

**Литометеоры.** Они состоят из скопления частиц, большинство из которых твердые и не содержат воды. Эти частицы могут находиться в воздухе во взвешенном состоянии или подниматься ветром с поверхности земли.

**Фотометеоры.** Оптическое явление, возникающее в результате отражения, преломления, дифракции или интерференции света, исходящего от Солнца или Луны.

**Электрометеоры.** Видимое или слышимое проявление атмосферного электричества.

Специальный класс явлений погоды представляют собой локализованные метеорологические явления. Определения таких явлений приведены в публикации ВМО (1992). Описание специфических явлений, таких как пыльные вихри и воронкообразные облака, приведено в 14.2.3.

В практике метеорологических наблюдений существуют два вида сообщений о погоде. *Текущая погода* (погода в срок наблюдения) — это описание метеорологических явлений, отмечавшихся во время срока наблюдения. *Прошедшая погода* — это описание важных явлений погоды, происходивших в предыдущий час, но не в срок наблюдения.

В настоящей главе описываются также методы наблюдения за непосредственно связанным с погодой состоянием поверхности земли. Под термином *состояние поверхности земли* подразумеваются условия поверхности Земли, сложившиеся в результате недавних климатических или погодных явлений, с точки зрения количества влаги или описания любых слоев твердых частиц, содержащих или не содержащих воду, покрывающих стандартную поверхность.

#### **14.1.2 Единицы измерений и шкалы**

На обслуживаемых персоналом станциях результаты наблюдений, определенных как погода в срок наблюдения, прошедшая погода и состояние поверхности земли, включаются в сводку наряду с количественными данными. Такие наблюдения стандартизованы в специальных таблицах, что позволяет наблюдателю выбирать соответствующий термин из большого количества описаний, составленных в соответствии с восприятием наблюдателя и изложенных в публикации ВМО (2011).

Начиная с 1990 г. внедрение автоматизированных метеорологических станций (АМС) привело к необходимости количественного описания функций, прежде выполнявшихся наблюдателями. Для того чтобы учесть различную степень сложности и эффективности автоматизированных метеорологических станций при наблюдениях за текущей и прошедшей погодой, в публикацию ВМО (2011) включены специальные инструкции по кодированию. В силу сложности предоставления данных о текущей и прошедшей погоде, связанной со сложностью систем наблюдений за текущей погодой, подобные данные должны предоставляться в виде значений в формате двоичного кода, поскольку с буквенно-цифровым форматом связано множество ограничений, возникающих в процессе предоставления полных данных<sup>1</sup>.

### 14.1.3 Метеорологические требования

Погода в срок наблюдения и прошедшая погода, а также состояние поверхности земли — это, прежде всего, качественное описание метеорологических явлений, которое необходимо, главным образом, в связи с воздействием, которое они оказывают на деятельность человека и безопасность работы на транспорте, а также с учетом их значения для понимания и прогнозирования синоптических процессов. Соответствующим вопросам посвящены несколько глав настоящего Руководства. Количественное измерение осадков и наблюдения за облаками описаны в настоящем томе, главы 6 и 15 соответственно. Том III содержит описание специфических вопросов, касающихся авиационных и морских наблюдений, автоматизированных систем, радиолокаторов и явлений, связанных с атмосферным электричеством.

В данной главе наблюдения за погодой, представляющие интерес для определения погоды в срок наблюдения и прошедшей погоды, разделены на три категории, а именно: наблюдения за осадками (выпадающие гидрометеоры), наблюдения за мутностью атмосферы и аэрозолям (литометеоры и взвешенные или переносимые ветром гидрометеоры) и наблюдения за другими погодными явлениями (например, воронкообразные облака, шквалы и молнии). Жидкие осадки или туман, при котором на поверхностях образуется изморозь, включены в соответствующую категорию осадков и взвешенных гидрометеоров.

Другие явления, имеющие оптическую природу (фотометеоры) или электрометеоры, не являющиеся молниями, являются показателями определенного состояния атмосферы и могут включаться в текущие записи о последовательности наблюдаемых метеорологических явлений, которые ведутся на каждой станции. Однако они не имеют большого значения при определении погоды в срок наблюдения и прошедшей погоды, когда производится кодирование результатов стандартных метеорологических наблюдений, и включены в эту главу лишь для полноты картины.

### 14.1.4 Методы наблюдений

Единственную возможность получения информации обо всем многообразии характеристик погоды в настоящее время обеспечивают визуальные и слуховые наблюдения квалифицированного наблюдателя. Однако, учитывая высокую стоимость содержания большого штата подготовленных наблюдателей, ряд метеорологических служб расширяют использование автоматизированных наблюдательных систем на первичных сетях наблюдений, а также продолжают их использовать в дополнение к сетям станций, обслуживаемых персоналом для проведения автоматизированных наблюдений в удаленных районах.

Фундаментальные исследования (Беспалов и др., 1983) подтвердили возможность определения погодных явлений посредством логического анализа группы переменных

<sup>1</sup> В соответствии с рекомендацией 3 (КОС-ХII) следует «предоставлять значения данных наблюдений, а не качественные параметры в отношении погоды в срок наблюдения в процессе наблюдений на автоматизированных станциях в форматах FM 94 BUFR и FM 95 CREX».

данных. В настоящее время не имеется ни одного датчика, который позволил бы классифицировать все типы погодных явлений в срок наблюдения; вместо этого используются данные, полученные с помощью разнообразных датчиков (например, о видимости, температуре, точке росы, скорости ветра, выпадении дождя или снега). Автоматизированные наблюдательные системы позволяют выполнять этот логический анализ, но их способность наблюдать определенное погодное явление различается в зависимости от приборного оснащения системы и степени сложности алгоритмов. Не располагая возможностью наблюдать все типы погодных явлений, автоматизированные системы наблюдают наиболее важные из них, что делает такие системы экономически эффективной альтернативой хорошо подготовленному наблюдателю.

## 14.2 НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ТЕКУЩЕЙ И ПРОШЕДШЕЙ ПОГОДОЙ

Наблюдения, которые должны регистрироваться под заголовками «погода в срок наблюдения» и «прошедшая погода», включают следующие явления: осадки (дождь, морось, снег, ледяная крупа, снежные зерна, ледяная пыль и град), мутность атмосферы и аэрозоль (мгла, пыль, дымка, туман, поземок и низовая метель, пыльная и песчаная буря, пылевой смерч), воронкообразные облака, шквалы и молнии.

При наблюдениях за текущей погодой требуется фиксировать различные явления, происходящие на станции или в поле зрения станции в срок наблюдения. В синоптических сводках должны сообщаться условия погоды в течение прошедшего часа путем выбора соответствующей кодовой цифры в случае, если в срок наблюдения осадки отсутствуют.

### 14.2.1 Осадки

#### 14.2.1.1 Объекты наблюдения

*Характер выпадения осадков* можно разделить на три типа: ливневые, морозящие и обложные осадки. Ливневыми являются такие осадки, которые связаны с отдельными конвективными облаками. Наблюдатели (или приборы, заменяющие человека) должны также классифицировать осадки по трем категориям интенсивности — слабые, умеренные и сильные — в соответствии с интенсивностью их выпадения или другими связанными с осадками факторами (например, видимостью).

*Вид осадков* (дождь, морось, снег, град) является третьей по важности наблюдаемой характеристикой осадков. При наблюдениях за дождем или моросью при низкой температуре следует различать, замерзают осадки или нет. По определению ледяной дождь или морось — это осадки, при контакте которых с твердыми объектами образуется гололед. Твердые осадки могут существовать в форме ледяных игл, снежных зерен, отдельных звездообразных снежных кристаллов, ледяной крупы и града; полное их описание дается в публикации ВМО (WMO, 2017).

Применяемая шкала *интенсивности осадков* зависит от характера выпадения (морозящие, обложные, ливневые) и вида (дождь, морось, снег, град) осадков. Несколько совместных совещаний групп экспертов КПМН/КОС разработали таблицы с целью определения более универсального соотношения между качественной интерпретацией и субъективным толкованием наблюдателя и измеренными значениями, полученными с помощью систем наблюдения за текущей погодой. Примеры подобных таблиц и других соотношений приведены в приложении.

#### 14.2.1.2 Приборы и измерительные устройства: виды осадков

Одна из основных задач инструментального измерения состоит в определении вида осадков. Системы, которые в настоящее время исследуются и испытываются в целях оперативного использования, или уже используются, как правило, предусматривают

применение оптических методов, либо радиолокатора (Van der Meulen, 2003). Полевые испытания (WMO, 1998) показали, что все эти системы позволяют обнаружить основные типы и виды осадков (за исключением очень слабого снега или мороси) более чем в 90 % случаев в сравнении с квалифицированным наблюдателем. Вероятность обнаружения очень слабых осадков обычно гораздо ниже<sup>2</sup>. Для определения различия между несколькими видами осадков необходимы сложные алгоритмы. Например, мокрый или тающий снег трудно отличить от дождя. Информация с датчика, сообщающего о виде осадков, часто подвергается последующей обработке для оптимизации результатов (см., например, WMO, 2002, 2010; Bloemink, 2004). В настоящее время датчики, сообщающие о виде осадков, не предоставляют информацию о качестве или неопределенности отсчета. Там, где имеется несколько возможных выходных данных, все они должны быть представлены в виде распределения вероятностей, поскольку эта информация будет очень ценной, особенно во время последующей обработки. Датчики, определяющие вид осадков, перечислены ниже. Результаты полевых оценок нескольких из этих датчиков представлены, например, в публикациях De Haij (2007) и WMO (2008, 2010, 2016).

### **Датчик прямого/обратного рассеяния для наблюдения за текущей погодой**

Для предоставления информации о текущей погоде, в частности, вида осадков, используются разнообразные датчики рассеяния. Как правило, рассеяние светового потока от источника света частицами осадков наблюдается под фиксированным углом, что дает информацию о размере частиц. Дополнительные измерения (например, соотношение прямого/обратного рассеяния, содержание влаги в частицах, скорость падения, температура) помогают определить природу частиц. Например, крупные частицы с малым содержанием влаги будут классифицироваться как снег. Некоторые датчики сообщают о неидентифицированных осадках в том случае, когда система не может достоверно определить тип осадков. Это происходит, главным образом, при осадках низкой интенсивности и во время начала и прекращения выпадения осадков. Кроме определения вида осадков с помощью этих датчиков можно (в зависимости от типа датчика) также получать данные об интенсивности и продолжительности осадков (выявляя таким образом морозящие осадки), а также о видимости.

Такие датчики широко используются и, как правило, дают приемлемые результаты в отношении обычных видов осадков (дождь, снег) с вероятностью обнаружения 70–90 % (WMO, 1994, 1998, Wauben, 2002), в зависимости от точной настройки теста и конкретного прибора. Другие виды осадков не так хорошо поддаются наблюдениям, особенно смешанные осадки (дождь и снег) и град. Пороговые значения для незначительных осадков могут варьироваться.

### **Оптический измеритель дождевых капель (дисдрометр)**

Оптические измерители дождевых капель также используются для определения вида осадков. В этих приборах используется ослабление горизонтальной (ИК) развертки светового потока для обнаружения гидрометеоров. При прохождении частиц через развертку светового потока интенсивность получаемого приемником излучения уменьшается. Степень этого уменьшения коррелирует с размером частиц, а продолжительность коррелирует со скоростью выпадения частиц. Вид осадков определяется путем сравнения распределения скорости падения частиц в серии обнаруженных частиц с известными соотношениями для различных видов жидких, смешанных и твердых осадков.

Эти датчики, как правило, дают приемлемые результаты для обычных видов осадков. Вероятность обнаружения (идентификации) видов осадков датчиками рассеяния близка к вероятности их определения наблюдателем (WMO, 2005a, 2010). Смешанные осадки и град также трудно поддаются определению.

<sup>2</sup> Порог для определения интенсивности дождя составляет  $0,02 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$  (см. настоящий том, глава 1, приложение 1.A).

Новым методом измерения, связанным с гидрометрами, являются так называемые 2D- и 3D-видеодискрометры, которые также захватывают проецируемые изображения гидрометеоров. Эти приборы в настоящее время разрабатываются или используются в исследовательских целях. Примерами являются 2D-видеодискрометр (Schönhuber et al., 2007), видеодатчик осадков (Liu et al., 2014) и многоугольная камера снежинок (Praz et al., 2017).

### **Доплеровский радиолокатор**

Специальные доплеровские радиолокаторы также могут использоваться для определения видов осадков. Излучаемый радиолокатором луч (в вертикальном направлении) рассеивается падающими гидрометеорами. Скорость падения частиц может быть определена на основе доплеровского смещения сигнала обратного рассеяния. Около поверхности Земли эти конечные скорости падения частиц коррелируют с размером частиц. Некоторые приборы определения видов осадков измеряют значения непосредственно над датчиком, другие определяют скорости падения на различных высотах над датчиком. Также выполняются дополнительные измерения (например температуры подстилающей поверхности).

Имеются различные типы доплеровских радиолокаторов для определения типов осадков. Они часто нечувствительны к частицам малых размеров, также как и все технологии определения, основанные на использовании радиолокаторов. Некоторые типы радиолокаторов показывают результаты, сравнимые с результатами, полученными при использовании датчиков прямого/обратного рассеяния и измерителей дождевых капель, т. е. хорошие результаты для дождя и для снега, но не для смешанных осадков. Град не наблюдается.

### **Детектор динамического воздействия**

Этот тип датчика основан на использовании пьезоэлектрического материала, который имеет свойство реагировать на механическое воздействие индивидуальных гидрометеоров. По характеру воздействию град и дождь достаточно различаются, что позволяет определить эти два вида осадков. О других видах осадков информация не предоставляется (WMO, 2005b).

В связи с тем, что информация может предоставляться только о дожде и граде, этот датчик не находит широкого применения для определения текущей погоды, но для определения града он может быть полезен для некоторых пользователей, поскольку определение града, как правило, является слабым местом других датчиков определения текущей погоды.

### **Акустический детектор**

Акустический детектор реагирует на звуковые колебания, возникающие в результате падения осадков на какую-либо поверхность, что позволяет определить вид осадков. Датчик был разработан в качестве дополнения к датчикам прямого/обратного рассеяния для определения текущей погоды, в частности для улучшения определения града и ледяной крупы.

Первые результаты в отношении данного датчика обнадеживают (Wade, 2003; Loeffler-Mang, 2009).

### **Другие методы**

Для мониторинга вида осадков могут также использоваться видеокамеры. Наблюдатель/оператор может осуществлять мониторинг данных с нескольких видеокамер на центральном пульте. Для того чтобы осуществлять наблюдения за осадками следует

выбрать сотрудника с соответствующими базовыми знаниями. Поскольку данный тип измерений требует присутствия наблюдателя/оператора, он не является полностью автоматическим средством определения текущей/прошедшей погоды.

В настоящее время находит применение датчик, в котором имеется колеблющийся чувствительный элемент, специально разработанный для распознавания ледяного дождя или гололеда (Starr and van Cauwenberghe, 1991). Он позволяет измерить количество льда, накопившегося на нем. Чувствительный элемент колеблется с частотой, пропорциональной его массе. Когда лед намерзает на этом элементе, масса последнего изменяется, и частота колебаний уменьшается. В датчик встроен обогреватель для очистки элемента ото льда, когда это необходимо. Этот датчик также оказался эффективным для определения мокрого снега.

Датчик, который использует различия в картинах сцинтилляции, когда частицы проходят через когерентный световой луч, способен различать дождь и снег (United States National Oceanic and Atmospheric Administration (US NOAA), 1998). Детекторы льда могут использоваться для определения замерзающих осадков. Существуют различные методы. Например, может быть измерена масса льда на рейке. При другом методе используется зонд, который подвергается вибрации на ультразвуковой частоте, которая изменяется с образованием льда на нем. Недавно был проведен широкий ряд тестовых измерений (Fikke et al., 2007). Данные, поступающие с датчиков текущей погоды, корректируются с помощью данных, полученных от детекторов льда, особенно о ледяном дожде (Sheppard and Joe, 2000). Данная технология используется в автоматических метеорологических системах наблюдений (АМСН).

Информация о граде и другая продукция в виде осадков также может быть получена с помощью метеорологических радиолокационных измерений (см. том III, глава 7 настоящего Руководства).

#### 14.2.1.3 **Приборы и измерительные устройства: интенсивность и характер осадков**

Предоставление информации о текущей погоде включает данные об интенсивности осадков и, соответственно, о характере выпадения осадков (ливни, ливневые, морозящие и обложные осадки). Во многих случаях эти параметры измеряются при помощи датчика, который определяет вид осадков, но с этой целью также можно использовать и другой датчик. Измерение интенсивности также позволяет определить прерывистые осадки (например, ливневый снег). Недавно было завершено лабораторное и полевое взаимное сравнение приборов для определения интенсивности осадков (WMO, 2006a, 2009). Это взаимное сравнение включало в себя большое количество различных приборов с использованием целого ряда методов определения собранных осадков. Методы автоматического измерения для предоставления информации об интенсивности осадков перечислены ниже.

#### **Датчик прямого/обратного рассеяния для наблюдения за текущей погодой**

Данный датчик описан в 14.2.1.2. Интенсивность осадков рассчитывается при помощи комбинирования данных о распределении размеров частиц, количестве частиц и форме осадков. Интенсивность осадков, определенная таким образом, обычно является менее точной, чем интенсивность, определенная с использованием традиционных методов (например, весовые дождемеры, дождемеры с опрокидывающимся приемником). Калибровка интенсивности осадков также является проблемой. Для предоставления приближенных данных об интенсивности осадков (слабые, сильные и тому подобное) этот метод пригоден. Производители работают над улучшением результатов в отношении интенсивности осадков.

### Оптический измеритель дождевых капель (дисдрометр)

Данный датчик также описан в 14.2.1.2. Интенсивность осадков рассчитывается при помощи комбинирования данных о распределении размеров частиц, количестве частиц и виде осадков. Для улучшения результатов определения интенсивности осадков также проводится работа (см., например, WMO, 2006b).

### Доплеровский радиолокатор

Данный датчик описан в 14.2.1.2. Интенсивность осадков рассчитывается при помощи комбинирования сведений о распределении размеров частиц, количестве частиц и виде осадков. Полученные в результате данные об интенсивности осадков хорошо коррелируют ( $\rho = 0,9$ ) с традиционными дождемерами, если рассматривать 30-минутные интервалы (см. Peters et al., 2002).

### Дождемеры

Существует множество различных типов «традиционных» дождемеров. Они основаны на нескольких различных методах измерений, которые изложены в настоящем томе, глава 6. Они, как правило, разработаны для того, чтобы измерять количество осадков, хотя некоторые (меньшие по размеру) приборы разработаны специально для того, чтобы давать также и данные (информацию) об интенсивности осадков. Данные, полученные с помощью дождемеров, разработанных для измерения количества осадков, менее точны в определении интенсивности осадков. Однако информация об интенсивности осадков, которая требуется для предоставления данных о текущей погоде, как правило, является удовлетворительной. Многие производители совершенствуют эти приборы также в отношении определения интенсивности осадков (WMO, 2006a, 2009).

#### 14.2.1.4 **Приборы и измерительные устройства: подход, предполагающий использование многих датчиков**

Для определения характеристик текущей погоды и осадков в системах наблюдений используется набор датчиков в комбинации с алгоритмами. Подход, предполагающий использование многих датчиков, создает ограничение на используемые методы. Стандартные наблюдения также используются для измерения осадков, видимости, температуры воздуха, точки росы и нижней границы облаков. Алгоритмы характеризуются фильтрацией (например, в случае, если температура воздуха выше 6 °C, то только жидкие осадки). Сочетание многих датчиков для определения текущей погоды также используется в информационных системах о погоде на дорогах (см. также 14.3).

### 14.2.2 **Мутность атмосферы и аэрозоль**

#### 14.2.2.1 **Объекты наблюдения**

В сводках, сообщающих об атмосферных условиях в течение прошедшего часа, должно приводиться различие между мглой, дымкой или жидко-капельным туманом. При мгле воздух является относительно сухим, тогда как при дымке или жидко-капельном тумане влажность обычно велика, что проявляется в выпадении, например, капелек воды или изморози на траве и листьях. Если станция оборудована измерительными приборами, то с достаточной надежностью можно предположить, что причиной мутности атмосферы является мгла при относительной влажности не более определенного значения (например, 80 %), а видимость находится в определенных пределах (например, горизонтальная — меньше 1 км и вертикальная — меньше 2 км). О дымке сообщается при высоких значениях влажности и при видимости 1 км и более. В синоптических сводках сообщается о тумане, под которым может подразумеваться жидко-капельный или кристаллический туман, когда горизонтальная видимость у поверхности Земли

уменьшается до значений менее 1 км. Всякий раз, когда в закодированных сводках погоды в срок наблюдения и прошедшей погоды фигурирует термин «туман», его следует понимать именно в этом смысле. Однако в климатологических обобщениях все случаи уменьшения видимости до значений менее 1 км рассматриваются как туман.

Отложение изморози происходит в результате превращения в лед водяных капелек, присутствующих в тумане, при контакте с твердыми предметами, находящимися при температуре ниже точки замерзания. При кодировании погоды в срок наблюдения и прошедшей погоды не приводится различие между типами изморози.

Поземок или низовая метель — это снег, поднятый ветром в воздух после того, как он уже выпал на землю. В кодах для погоды в срок наблюдения приводится различие между поземкой и низовой метелью, причем первый относится к снегу, поднятому ветром до уровня, не превышающего уровень глаз наблюдателя.

К другим метеорологическим явлениям, которые следует определять, относятся простирающаяся над обширным районом взвешенная в воздухе пыль; пыль или песок, поднятые ветром; пыльная или песчаная буря, вызванная турбулентными вихрями, поднимающими большое количество пыли или песка в воздух, которые значительно уменьшают видимость; пыльные или песчаные вихри и изредка воронкообразные облака.

Всем наблюдателям в качестве дополнительного средства следует использовать ВМО *International Cloud Atlas: Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors* (WMO, 2017).

#### 14.2.2.2 **Приборы и измерительные устройства для определения характеристик мутности атмосферы и аэрозоля**

Возможным подходом к определению характеристик мутности атмосферы и аэрозоля является комплексная обработка значений измеренных величин, которые могут использоваться в качестве предсказателей. Такой подход требует исследований значений метеорологических величин при формировании, развитии и окончании данного явления, а также определения граничных условий. Проблема идентификации тумана, дымки, мглы, метели и пыльной бури рассматривалась в ряде публикаций Госкомгидромета (1984) и ВМО (WMO, 1985). Метеорологическая дальность видимости представляет собой наиболее важный элемент индикации. Из остальных параметров важными критериями идентификации являются скорость ветра, влажность воздуха, температура и точка росы.

Приборы для измерения видимости могут быть использованы для определения диапазона метеорологической дальности видимости, как это изложено в настоящем томе, глава 9, в частности в 9.3. Однако следует отметить, что для определения тумана, дымки и мглы предел измерения этих приборов может быть ограничен до нескольких километров. Три типа приборов измерения видимости, используемых для определения тумана, дымки и мглы, описаны ниже.

#### **Трансмиссиометр**

Трансмиссиометры измеряют ослабление луча света из источника на известном расстоянии. Обычно свет импульсной лампы определяется на расстоянии от 10 до 200 м. Видимость рассчитывается по ослаблению света. Для того, чтобы увеличить дальность действия можно использовать два детектора на разных расстояниях (так называемый трансмиссиометр с двойной базовой линией). Трансмиссиометры хорошо подходят для измерения видимости и широко используются, в частности, в аэропортах. Точность их измерения уменьшается с увеличением значений видимости (более детально изложено в настоящем томе, глава 9, 9.3). Их установка, а также эксплуатация являются относительно дорогими, поскольку они требуют регулярного обслуживания. Некоторые трансмиссиометры способны сохранять свою эксплуатационную точность гораздо дольше благодаря автоматической калибровке и автоматической компенсации эффектов загрязнения.

### Датчик прямого рассеяния

Датчик описан в 14.2.1.2. Вне зависимости от формы осадков видимость также может быть измерена с использованием этого прибора (см. настоящий том, глава 9, 9.3). Степень рассеяния зависит от оптического затухания, которое определяется эмпирически в процессе калибровки путем сравнения результатов с показаниями трансмиссиометра. Датчики прямого рассеяния также хорошо подходят для измерения видимости и используются все шире. По сравнению с трансмиссиометром датчик прямого рассеяния может в общем использоваться для большего диапазона видимости. Их недостатком является то, что их калибровка не является тривиальной и требует внимания. Установка, а также эксплуатация прибора являются относительно недорогими, поскольку они не требуют такого частого обслуживания, как трансмиссиометры. Для некоторых датчиков периодичность обслуживания может быть еще реже благодаря автоматической компенсации оптического воздействия загрязнения.

### Лидар

Относительно небольшие системы лидаров могут также использоваться для определения видимости, используемой для идентификации тумана. Диодный лазер испускает пульсирующие пучки света, при этом измеряется свет, отраженный обратно частицами тумана/мглы (если они присутствуют). Видимость определяется исходя из интенсивности отраженного света и времени его отражения. Дальность видимости, которую можно измерить при помощи лидара, ограничена, но при определении тумана, мглы и подобных явлений большая дальность видимости не требуется.

## 14.2.3 Другие погодные явления

### 14.2.3.1 Объекты наблюдения

Распознавание смерчей (наземные смерчи, воронки холодного воздуха, торнадо или водяные смерчи) и наблюдение за ними является чрезвычайно важным для защиты жизни людей и имущества.

**Смерч.** Природное явление, обычно представляющее собой очень сильные вихри, проявляющиеся в виде облачного столба или перевернутого облачного конуса (воронкообразное облако), выступающего из нижней части кучево-дождевого облака или кучевого облака, и «бороды», состоящей из капель воды, поднятых с поверхности моря, или пыли, песка или мусора, поднятого с поверхности земли. Диаметр может изменяться от нескольких метров до нескольких сот метров. Воронкообразное облако считается сформировавшимся, если очень сильно вращающийся столб воздуха касается поверхности суши или воды. Полностью сформировавшимся воронкообразным облаком считается торнадо над поверхностью суши и водяной смерч над поверхностью воды. Наиболее сильные торнадо могут иметь соответствующую скорость ветра до  $150 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

**Пыльные/песчаные вихри (пылевые смерчи).** Ансамбль частиц пыли или песка, иногда сопровождаемый мелким мусором, поднятый с земли в виде вихревого столба различной высоты с небольшим диаметром и приблизительно вертикальной осью. Диаметр пыльных и песчаных вихрей составляет всего несколько метров. Обычно по высоте они не достигают более 60–90 м (пылевой смерч). Полностью сформировавшиеся пыльные/песчаные вихри в очень жарких пустынных регионах могут достигать 600 м.

**Шквал.** Неожиданное резкое усиление ветра, продолжающееся в течение нескольких минут, а затем его затухание. Шквалы часто связаны с прохождением холодных фронтов. В таких случаях они возникают один за другим и обычно сопровождаются

резким понижением температуры, сменой направления ветра, повышением относительной влажности и образованием облака шквалового ворта с горизонтальной осью (фронтальный шквал).

Определение грозы (см. ВМО, 1992) является примером отхода от описания исключительно на основе восприятия человека-наблюдателя. Явление следует считать грозой, когда слышен гром (даже если не наблюдается молния).

#### 14.2.3.2 **Приборы и измерительные устройства**

Воронкообразные облака, или торнадо, можно часто обнаружить с помощью метеорологического радиолокатора (см. том III, глава 7 настоящего Руководства). Современные доплеровские метеорологические радиолокаторы являются весьма эффективным средством обнаружения мезомасштабных циклонов, предоставляя более детальную информацию об этом опасном метеорологическом явлении с большей заблаговременностью, чем позволяют визуальные наблюдения.

Шквалы могут быть обнаружены на основе последовательных дискретных измерений скорости ветра. Если сигналы устройства, измеряющего скорость ветра, рассматривать совместно с сигналами датчиков направления ветра, температуры и влажности, то представляется возможным определить фронтальный шквал.

Грозы обнаруживаются, главным образом, с помощью использования счетчиков молний. Инструкции для наблюдателей, выпускаемые различными службами, предписывают подсчитывать число вспышек молнии за определенный интервал времени, что в сочетании с данными о количестве осадков или скорости ветра позволяет определить слабые, умеренные или сильные грозы (см. том III, глава 6 настоящего Руководства).

#### 14.2.4 **Состояние неба**

##### 14.2.4.1 **Объекты наблюдения**

Основные данные о состоянии неба используются для описания изменения состояния неба за определенный период времени. При этом должны учитываться изменения общего количества облаков, высоты нижней границы облаков и типа облачности.

##### 14.2.4.2 **Приборы и измерительные устройства**

Характеристики количества облаков (общий облачный покров в октантах (баллах), высота нижней границы облаков и общий облачный покров на разных ярусах) могут быть определены на основе колебания высоты нижней границы облаков, измеренной с помощью оптической измерительной системы с применением статистических методов (см. также настоящий том, глава 15). Очевидно, что этот метод ограничен облачными слоями, находящимися в пределах вертикального диапазона системы измерения высоты нижней границы облаков (Персин, 1987; US NOAA, 1988; ZAMG, 1999).

### 14.3 **НАБЛЮДЕНИЕ ЗА СОСТОЯНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

#### 14.3.1 **Объекты наблюдения**

Состояние поверхности земли относится к условиям, в которых находилась поверхность после недавних метеорологических явлений, с точки зрения количества влаги или твердых, содержащих или не содержащих воду частиц, покрывающих

естественную поверхность. Наблюдения за состоянием поверхности земли (буквенные обозначения E и E') должны проводиться в соответствии с требованиями, содержащимися в публикации ВМО (2011).

Предоставление информации о состоянии поверхности земли также является частью сводок о текущей погоде, и до недавнего времени обеспечивалось только наблюдателями. Автоматические измерения состояния поверхности земли все еще являются относительно новыми (см., например, Stacheder et al., 2008) и используются не очень широко. Некоторые метеорологические институты работают над стандартизацией наблюдаемой(ых) поверхности(ей).

### 14.3.2 Приборы и измерительные устройства

Исследования показали, что имеется возможность различать основные состояния почвы (сухая, влажная, увлажненная, покрытая снегом, изморозью или льдом), используя явления отражения и рассеяния (Gaumet et al., 1991). Используемые методы кратко описаны ниже.

**Датчик рассеяния.** Эти датчики имеют оптическую конструкцию, при которой используются отражательные и рассеивающие свойства поверхности. Могут использоваться различные источники света. Например, поток белого света, отраженный от соответствующей керамической поверхности, будет зависеть от состояния этой поверхности. Другие (дорожные) датчики анализируют отражение ИК-излучения от поверхности дороги. В данном случае длина волны отраженного света зависит от состояния поверхности. Не все эти датчики подходят для метеорологических целей, поскольку они могут быть разработаны для поверхностей, отличающихся от естественных. Датчики в настоящее время совершенствуются.

**Емкостной датчик.** В настоящее время разрабатывается и тестируется новый емкостной датчик. Опорная плита с соединительными печатными проводниками располагается на (естественной) поверхности. По существу, это конденсатор с использованием поверхности земли в качестве диэлектрика. Диэлектрическая постоянная для сухой и влажной почвы отличаются значительно. Емкость, таким образом, зависит от влажности поверхности, а состояние поверхности земли может быть определено при помощи измерения абсолютных величин и фазы испускаемых сигналов на двух частотах. Первые результаты тестов выглядят обнадеживающими, но этот датчик все еще находится в стадии разработки.

**Комбинация датчиков.** Комбинация датчиков может использоваться для определения состояния поверхности, особенно для дорожного покрытия. Например, с помощью оптического обнаружения можно определять вид покрытия поверхности; с помощью изменения электропроводности можно определять наличие химических веществ, температуру поверхности и температуру грунта и т. д. Все эти измерения в комбинации с атмосферными данными могут использоваться для определения дорожных условий. Однако состояние поверхности земли определяется как состояние естественной поверхности, и, таким образом, данный метод определяет не точное состояние поверхности земли, а определенные свойства.

**Видеокамеры (и наблюдатель).** Видеокамеры также используются для определения состояния поверхности земли. Они могут быть установлены на различных поверхностях, и наблюдатель/оператор определяет состояние поверхности земли. Поскольку данный метод, по сути, не является автоматическим, он в данном Руководстве не анализируется.

## 14.4 НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ОСОБЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

### 14.4.1 Электрические явления (электрометеоры)

Электрометеоры либо соответствуют прерывистым электрическим разрядам (молния, гром), либо представляют собой более или менее непрерывные явления (коронный разряд, полярное сияние). Полное описание электрометеоров содержится в публикации ВМО (WMO, 2017).

Специальные сводки о молниях должны включать информацию относительно типа, интенсивности, частоты вспышек, диапазона по азимуту, в котором наблюдаются разряды; следует отмечать промежутки времени между молнией и соответствующим ей громом. Необходимо быть внимательным, чтобы не принять отражение вспышки молнии облаками и туманом за настоящую вспышку молнии. Во многих странах в оперативной работе используются автоматические системы обнаружения и определения координат молнии. Более подробная информация по этой теме содержится в томе III, глава 6 настоящего Руководства.

Необычное полярное сияние следует описывать подробно. По возможности следует применять светофильтры как средство увеличения чувствительности приборов при наблюдениях, а для повышения точности угловых измерений можно использовать теодолиты и клинометры (алидады).

### 14.4.2 Оптические явления (фотометеоры)

Фотометеор — это световое явление, возникающее в результате отражения, рефракции, дифракции или интерференции света, исходящего от Солнца или Луны. Фотометеоры можно наблюдать в условиях более или менее прозрачной атмосферы (мираж, мерцание, сцинтилляция, зеленый луч, оттенки сумерек) на облаках или внутри облаков (гало, солнечная корона, иризация, глория) и на определенных гидрометеорах или литометеорах, а также внутри них (глория, радуга, белая радуга, кольца Бишопа, сумеречные лучи).

Наблюдатели должны внимательно фиксировать любые оптические явления. По возможности письменное описание следует сопровождать рисунками и фотографиями. Полное описание этих явлений приводится в публикации ВМО (WMO, 2017). В ряде руководств для наблюдателей дается краткая инструкция по наблюдениям за наиболее часто встречающимися явлениями, например, в публикации *United Kingdom Meteorological Office* (1982).

Для точных измерений наиболее подходящим прибором является теодолит. Однако, когда нет нужного прибора, можно использовать градуированный стержень, который следует держать на расстоянии вытянутой руки. Положение такого явления, как паргелий (ложное Солнце), можно установить по отношению к неподвижно закрепленным вехам. Диаметр короны определяют, принимая угловой диаметр Солнца или Луны приблизительно за полградуса.

## ПРИЛОЖЕНИЕ. КРИТЕРИИ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СЛАБЫХ, УМЕРЕННЫХ И СИЛЬНЫХ ОСАДКОВ

Примечание: Рекомендовано совещанием Группы экспертов ВМО по автоматизации визуальных и субъективных наблюдений (Траппе/Париж, Франция, 14–16 мая 1997 г.) и Рабочей группы по приземным измерениям (Женева, Швейцария, 27–31 августа 2001 г.).

(Слабые, умеренные и сильные осадки определяются с учетом формы и интенсивности осадков,  $i$ )<sup>a</sup>

Переменная	Диапазон	Интенсивность
Морось	$i < 0,1 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	слабая
	$0,1 \leq i < 0,5 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	умеренная
	$i \geq 0,5 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	сильная
Дождь (включая ливни)	$i < 2,5 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	слабая
	$2,5 \leq i < 10,0 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	умеренная
	$10,0 \leq i < 50,0 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	сильная
	$i \geq 50,0 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$	очень сильная <sup>b</sup>
Снег (включая ливневый)	$i < 1,0 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$ (водный эквивалент)	слабая
	$1,0 \leq i < 5,0 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$ (водный эквивалент)	умеренная
	$i \geq 5,0 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$ (водный эквивалент)	сильная

Примечания:

<sup>a</sup> Значение интенсивности основаны на измерениях с интервалом 3 мин.

<sup>b</sup> Термин «очень сильная» не соответствует другим категориям и вносит путаницу, поскольку он относится к скорости выпадения осадков. Возможно, лучше подойдет термин «интенсивные осадки» или «экстремальные осадки».

### Критерии для определения других видов осадков

Смешанные осадки в виде дождя со снегом

То же, что и для снега (поскольку отношение дождь/снег не поддается никакому измерению, следует просто сделать выбор).

Град: то же, что и для дождя.

Ледяная крупа и снежная крупа: то же, что и для снега.

Замерзающие явления: то же, что и для незамерзающих явлений.

### Руководство для определения интенсивности снега

Слабая: снежные хлопья небольшого размера и разреженные; видимость, при отсутствии других ухудшающих ее явлений, обычно уменьшается, но составляет не менее 1000 м.

Умеренная: большее количество более крупных хлопьев, обычно видимость ухудшается до значений 400–1000 м.

Сильная: Многочисленные хлопья всех размеров, при которых значения видимости, как правило, не превышают 400 м.

### **Ливни или морозящие осадки с перерывами**

Автоматизированные системы должны предоставлять информацию о ливнях или морозящих осадках. Осадки с перерывами могут быть определены в том случае, если осадки отсутствуют в течение 10 минут между двумя последовательными явлениями с осадками, т. е. если имеет место 10-минутный период отсутствия осадков при расчете 10-минутного скользящего среднего за последний час, следует сообщать об осадках с перерывами.

### **Репрезентативность явлений текущей погоды**

Явление текущей погоды хорошо определяется за 3-минутный период наблюдений. В текущей погоде следует сообщать наибольшее значение скользящего 3-минутного среднего за 10-минутный период.

---

## СПРАВОЧНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Всемирная метеорологическая организация, 1992: *Международный метеорологический словарь* (ВМО-№ 182). Женева.
- , 2011 (обновлено в 2017 г.): *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.1. Женева.
- Беспалов Д.П. и др., 1983: *Основные вопросы разработки сетевой автоматической гидрометеорологической станции*. Труды ГГО, Гидрометеоиздат, Ленинград, вып. 473; с. 3-12.
- Госкомгидромет, 1984: *Определение атмосферных явлений по данным автоматических станций. Сопровождение группы экспертов СМ5/М5 социалистических стран по теме 9.1 КК ОМЗ/МЗ* (Определение атмосферных явлений по данным с автоматических метеорологических станций). Обнинск, 24–28 августа 1984 г. Москва.
- Персин С.М., 1987: *Измерение высоты нижней границы облаков и характеристика облачности как задача распознавания образов*. Труды ГГО, вып. 512, Ленинград, Гидрометеоиздат, с. 49-91.
- Bloemink, H.I., 2004: Precipitation type detection, Present Weather Sensor: Final Report. KNMI TR259, De Bilt.
- De Haij, M.J., 2007: Automated discrimination of precipitation type using the FD12P present weather sensor: evaluation and opportunities. KNMI TR297, De Bilt.
- Fikke, S., G. Ronsten, A. Heimo, S. Kunz, M. Ostrozklik, P.E. Persson, J. Sabata, B. Wareing, B. Wichura, J. Chum, T. Laakso, K. Sääntti and L. Makkonen, 2007: COST-727: Atmospheric Icing on Structures; Measurements and data collection on icing: State of the Art, MeteoSwiss, No. 75.
- Gaumet, J.L., P. Salomon and R. Paillisse, 1991: Automatic observations of the state of the soil for meteorological applications. Preprints of the Seventh Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation: Special Sessions on Laser Atmospheric Studies, American Meteorological Society (New Orleans, 14–18 January 1991), pp. J191–J193.
- Liu, X.C., T.C. Gao and L. Liu, 2014: A video precipitation sensor for imaging and velocimetry of hydrometeors. *Atmospheric Measurement Techniques*, 7:2037–2046, doi:10.5194/amt-7-2037-2014.
- Loeffler-Mang, M., 2009: HARE – A New Intelligent Hail Recorder for Networks and Field Campaigns. Fifth European Conference on Severe Storms, 12–16 October, Landshut, Germany, <https://www.essl.org/ECSS/2009/preprints/P09-06-loefflermang.pdf>.
- Peters, G., B. Fischer and T. Andersson, 2002: Rain observations with a vertically looking Micro Rain Radar (MRR). *Boreal Environment Research*, 7:353–362.
- Praz, C., Y.-A. Roulet and A. Berne, 2017: Solid hydrometeor classification and riming degree estimation from pictures collected with a Multi-Angle Snowflake Camera. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10:1335–1357, doi:10.5194/amt-10-1335-2017.
- Schönhuber, M., G. Lammer and W. L. Randeu, 2007: One decade of imaging precipitation measurement by 2D-video-distrometer. *Advances in Geosciences*, 10:85–90.
- Sheppard, B.E. and P.I. Joe, 2000: Automated precipitation detection and typing in winter: a two-year study. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 17(11):1493–1507.
- Stacheder, M., F. Koeniger, R. Schuhmann, A. Brandelik, G. Schmitt, W. Sommer and R. Fiel, 2008: A new sensor for the automatic detection of the state of the ground. *Near Surface Geophysics*, 6(1):67–70.
- Starr, K.M. and R. van Cauwenberghe, 1991: The development of a freezing rain sensor for automated surface observing systems. Preprints of the Seventh Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation: Special Sessions on Laser Atmospheric Studies, American Meteorological Society (New Orleans, 13–18 January 1991), pp. 338–343.
- United Kingdom Meteorological Office, 1982: *Observer's Handbook*. Her Majesty's Stationery Office, London.
- United States National Oceanic and Atmospheric Administration (US NOAA), 1988: *Federal Standard Algorithms for Automated Weather Observing Systems Used for Aviation Purposes*. Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, United States Department of Commerce, FCM-S5-1988, Washington DC.
- United States National Oceanic and Atmospheric Administration (US NOAA), 1998: *Automated Surface Observing System (ASOS) User's Guide*. Department of Defense, Federal Aviation Administration, United States Navy, March 1998, <https://www.weather.gov/media/asos/aum-toc.pdf>.

- Van der Meulen, J.P., 2003: Present Weather – Science: Exploratory Actions on Automatic Present Weather Observations. Final Report, E-PWS-SCI, KNMI, de Bilt, Netherlands, EUMETNET (available from [http://www.knmi.nl/samenw/geoss/eumetnet/E-PWS-Sci/report/PWS-SCI\\_final\\_report.pdf](http://www.knmi.nl/samenw/geoss/eumetnet/E-PWS-Sci/report/PWS-SCI_final_report.pdf)).
- Wade, C.G., 2003: Detecting ice pellets, snow pellets and hail on ASOS using an acoustic sensor. Twelfth AMS Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, Long Beach, CA, United States, 8–13 February 2003.
- Wauben, W., 2002: Automation of visual observations at KNMI; (I) Comparison of present weather. Papers presented at the Symposium on Observations, Data Assimilation, and Probabilistic Prediction. Orlando, Florida, 13–17 January 2002, American Meteorological Society.
- World Meteorological Organization, 1985: Algorithms for automatic coding of the present and past weather by unmanned meteorological stations (M. Mezösi, A. Simon, P. Hanák and O. Szenn). Paper presented at the Third WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECIMO-III) (Ottawa, 8–12 July 1985), Instruments and Observing Methods Report No. 22 (WMO/TD-No. 50). Geneva.
- , 1994: A comparison of two present weather systems with human observations (J.P. van der Meulen). Paper presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECO-94). Instruments and Observing Methods Report No. 57 (WMO/TD-No. 588). Geneva.
- , 1998: WMO Intercomparison of Present Weather Sensors/Systems: Final Report (Canada and France, 1993–1995) (M. Leroy, C. Bellevaux and J.P. Jacob). Instruments and Observing Methods Report No. 73 (WMO/TD-No. 887). Geneva.
- , 2002: Improvements to automated present weather reporting in the Met Office (S.G. McRobbie, M.J. Molyneux and P.D. Shearn). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2002). Instruments and Observing Methods Report No. 75 (WMO/TD-No. 1123). Geneva.
- , 2005a: Precipitation type from the Thies disdrometer (H.I. Bloemink and E. Lanzinger). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2005). Instruments and Observing Methods Report No. 82 (WMO/TD-No. 1265). Geneva.
- , 2005b: Piezoelectric precipitation sensor from Vaisala (A. Salmi and J. Ikonen). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2005). Instruments and Observing Methods Report No. 82 (WMO/TD-No. 1265). Geneva.
- , 2006a: WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (France, Italy, The Netherlands, 2004–2005) (L.G. Lanza, M. Leroy, C. Alexandropoulos, L. Stagi and W. Wauben). Instruments and Observing Methods Report No. 84 (WMO/TD-No. 1304). Geneva.
- , 2006b: Rainfall amount and intensity measured by the Thies laser precipitation monitor (E. Lanzinger, M. Theel and H. Windolph). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2006). Instruments and Observing Methods Report No. 94 (WMO/TD-No. 1354). Geneva.
- , 2008: Results from UK Met Office investigations into new technology present weather sensors (D. Lyth). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2008). Instruments and Observing Methods Report No. 96 (WMO/TD-No. 1462). Geneva.
- , 2009: WMO Field Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (Italy, 2007–2009) (E. Vuerich, C. Monesi, L.G. Lanza, L. Stagi and E. Lanzinger). Instruments and Observing Methods Report No. 99 (WMO/TD-No. 1504). Geneva.
- , 2010: Investigations into the improvement of automated precipitation type observations at KNMI (M. de Haij and W. Wauben). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2010). Instruments and Observing Methods Report No. 104 (WMO/TD-No. 1546). Geneva.
- , 2016: Field evaluation of sensors for precipitation type discrimination (W. Wauben, T. Mathijssen and C. Oudshoorn). Paper presented at the WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation (TECO-2016) (Madrid, 27–30 September 2016). Instruments and Observing Methods Report No. 125. Geneva.

———, 2017: *International Cloud Atlas: Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors* (WMO-No. 407). Geneva.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 1999: Present weather sensors and manual observations: Conference proceedings session 3. Second International Conference on Experiences with Automatic Weather Stations, ICEAWS-1999, (Vienna, 27–29 September). Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, No. 20 (available on CD-ROM only), ZAMG, Vienna.

---