

Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм

Издание 2017 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1203

Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм

Издание 2017 г.



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1203

РЕДАКТОРСКОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Терминологическая база данных ВМО «МЕТЕОТЕРМ» доступна по адресу: <http://public.wmo.int/ru/ресурсы/«метеотерм»>.

Читателям, копирующим гиперссылки, выделяя их в тексте, следует учесть, что могут появиться дополнительные пробелы, непосредственно следующие за [http://](#), [https://](#), [ftp://](#), [mailto:](#), а также за наклонными чертами (/), дефисами (-), точками (.) и неразрывными последовательностями символов (букв и цифр). Эти пробелы должны быть удалены из вставленного URL. Правильный URL отображается на экране, если навести курсор на ссылку или нажать на нее, а затем скопировать ее из браузера.

ВМО-№ 1203

© Всемирная метеорологическая организация, 2017

Право на опубликование в печатной, электронной или какой-либо иной форме на каком-либо языке сохраняется за ВМО. Небольшие выдержки из публикаций ВМО могут воспроизводиться без разрешения при условии четкого указания источника в полном объеме. Корреспонденцию редакционного характера и запросы в отношении частичного или полного опубликования, воспроизведения или перевода настоящей публикации следует направлять по адресу:

Chairperson, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Тел.: +41 (0) 22 730 84 03
Факс: +41 (0) 22 730 81 17
Э-почта: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-41203-4

ПРИМЕЧАНИЕ

Обозначения, употребляемые в публикациях ВМО, а также изложение материала в настоящей публикации не означают выражения со стороны ВМО какого бы то ни было мнения в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района, или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание отдельных компаний или какой-либо продукции не означает, что они одобрены или рекомендованы ВМО и что им отдается предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

ТАБЛИЦА ДЛЯ ОТМЕТОК, КАСАЮЩИХСЯ ВНЕСЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ	vii
1. ЦЕЛЬ.....	1
2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ.....	1
3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ	2
4. РАСЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ	3
4.1 Введение	3
4.2 Параметры и элементы.....	3
4.3 Расчет значений норм.....	6
4.3.1 Расчет отдельных месячных значений.....	6
4.3.2 Расчет месячной нормы на основании отдельных месячных значений	7
4.3.3 Расчет годовой, сезонной и других многомесячных норм	7
4.4 Полнота данных	8
4.4.1 Расчет значения за один месяц.....	8
4.4.2 Количество лет, необходимое для расчета нормы	10
4.5 Расчет квинтильных границ.....	10
4.6 Оценка данных, используемых в расчетах норм	11
4.7 Точность и округление данных.....	12
4.8 Однородность, использование компонентных станций и внедрение автоматических метеорологических станций.....	13
4.8.1 Однородность	13
4.8.2 Использование компонентных станций	15
4.8.3 Внедрение автоматических метеорологических станций.....	16
4.9 Метаданные для сопровождения климатических норм.....	17
5. АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ.....	17
5.1 Для чего нужно рассчитывать как климатологические стандартные, так и опорные нормы?	17
5.2 Потенциальные сферы применения средних значений за нестандартные периоды	18
5.2.1 Использование нестандартных 30-летних периодов применительно к исторической продукции	19
5.2.2 Использование периода продолжительностью более 30 лет для подготовки статистики более высокого порядка	19
5.2.3 Использование более коротких периодов осреднения	20
6. АСПЕКТЫ КОММУНИКАЦИИ	20
7. ПРОЦЕСС ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТНЫХ НОРМ И ОПОРНЫХ НОРМ	21
8. ССЫЛКИ.....	21

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Мы благодарим г-на Блэра Тревина, Бюро метеорологии, Австралия за его выдающийся вклад в подготовку этой публикации.

Настоящий документ заменяет технический документ ВМО «*Calculation of Monthly and Annual 30-Year Standard Normals*» (WMO/TD-No. 341, WCDP-No. 10) (Расчет месячных и годовых 30-летних стандартных норм) (ВМО, 1989) и посвящен практике расчета климатических норм за период с 2017 г.

Примечание: в настоящем документе понятию «климатические нормы» отдается предпочтение по сравнению с «климатологическими нормами», при этом последнее понятие продолжает использоваться в составе термина «климатологические стандартные нормы» (согласно определению, представленному в *Международном метеорологическом словаре* (ВМО, 1992)), а также в ссылках на более ранние документы (например, публикации).

1. ЦЕЛЬ

В настоящем документе основное внимание уделяется наблюдениям со станций приземных метеорологических наблюдений. Вместе с тем многие принципы также будут действительны для других форм наблюдений, включая аэрологические наблюдения и комплекты данных с мобильных платформ и платформ дистанционного зондирования (например, спутников, радиолокаторов или дрейфующих буев). В частности, в связи с тем, что многие основные комплекты данных дистанционного зондирования берут свое начало в 1970-х гг., рекомендуется по возможности использовать в отношении этих комплектов данных текущий период климатологических стандартных норм (на момент написания — 1981—2010 гг.), что обеспечивает возможность последовательного сравнения различных форм данных. Многие принципы также будут применимы в отношении комплектов данных, включающих данные наблюдений из местностей или регионов, не охваченных станциями приземных метеорологических наблюдений, такие как данные наблюдений, осредненные по площади, или точки данных в комплектах данных с координатной сеткой.

Процедуры, рассмотренные ниже, рекомендуются для всех расчетов климатических норм, в частности климатологических стандартных норм, обмен которыми производится между Членами. Тем не менее, отмечается, что в некоторых случаях уже имеются системы, в которых используются методы и определения, отличные от представленных в настоящем документе (например, более строгие определения отсутствующих данных), и что внесение изменений в эти системы может оказаться сложным и дорогостоящим. В таких случаях любые отклонения от этих рекомендаций должны всесторонне документироваться.

2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Климатические нормы используются в двух главных целях. Они служат контрольной точкой, с которой могут сравниваться недавно проведенные или текущие наблюдения, включая обеспечение основы для многих климатических комплектов данных, основанных на аномалии (например, глобальные средние температуры). Они также широко используются в явном или неявном виде для предсказания условий, которые могут ожидать с наибольшей вероятностью в заданном районе.

Практика применения климатических норм, как описывается в *Руководстве по климатологической практике* (ВМО, 2011), в *Техническом регламенте* (ВМО, 2016b) и в *Пособии по подготовке сводок CLIMAT и CLIMAT TEMP* (ВМО, 2009), берет свое начало в первой половине двадцатого столетия. Общая рекомендация заключается в использовании 30-летних базисных периодов. 30-летний базисный период был выбран в качестве стандарта главным образом потому, что в наличии для обобщения имелись данные только за 30 лет, когда эта рекомендация была впервые сделана. Первоначальным предназначением норм было проведение сравнений между наблюдениями, произведенными по всему миру. На протяжении XX века использование норм в качестве предикторов постепенно получило повсеместное применение (ВМО, 2011, раздел 4.8).

С учетом вопросов, определенных в том числе в документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (Роль климатологических норм в изменяющемся климате) (ВМО, 2007), Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (ВМО, 2015) одобрил

ряд изменений, которые отражены в *Техническом регламенте* в определениях, касающихся климатических норм. Наиболее значительное из этих изменений заключалось в изменении определения климатологических стандартных норм, и теперь они применяются к последнему 30-летнему периоду, который завершается годом, кончающимся цифрой 0 (на момент написания — 1981—2010 гг.), а не к непересекающимся 30-летним периодам (1901—1930 гг., 1931—1960 гг., 1961—1990 гг. и в будущем 1991—2020 гг.), как это было ранее. Однако период с 1961 по 1990 гг. был сохранен как стандартный опорный период для долгосрочной оценки изменения климата.

Многие рекомендации, представленные в настоящем документе, опираются на исследования различных аспектов, касающихся климатических норм, в частности их чувствительности к протяженности и определению сроков периода осреднения и к неполноте данных (в отношении последовательных или непоследовательных точек данных). Подробную информацию по этим аспектам читатели могут найти в документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007).

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В *Техническом регламенте* (ВМО, 2016b) приводятся следующие определения:

- **Средние за период.** Средние климатологические данные, рассчитанные для какого-либо периода продолжительностью не менее 10 лет, начинающегося с 1 января календарного года, кончающегося цифрой 1.
- **Нормы.** Средние величины, вычисленные для однородного и сравнительно длительного периода времени, охватывающего по крайней мере три последовательных десятилетних периода.
- **Климатологические стандартные нормы.** Средние климатологические данные, рассчитанные за следующие последовательные 30-летние периоды: с 1 января 1981 г. по 31 декабря 2010 г., с 1 января 1991 г. по 31 декабря 2020 г. и т. д.

Кроме того, в соответствии с документом «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007) в оставшейся части настоящего документа используются следующие определения:

- **Среднее значение.** Средние месячные значения климатологических данных за установленный период времени (который необязательно начинается в год, кончающийся цифрой 1). В некоторых источниках оно также называется «промежуточной нормой».
- **Элемент.** Аспект климата, подлежащий статистическому описанию, такой как температура, осадки или давление пара.
- **Параметр.** Статистический дескриптор климатического элемента. Обычно это среднеарифметическое значение, но может также включать такие значения, как стандартное отклонение, процентильные пункты, число превышений пороговых или экстремальных величин.

В то время как определения, приведенные в *Техническом регламенте*, касаются средних значений, настоящий документ также содержит другие статистические дескрипторы.

В заключение следует отметить, что хотя средние значения, используемые в качестве контрольной точки для оценки изменения климата, не получили официального названия согласно резолюции 16 Семнадцатого Всемирного метеорологического конгресса (ВМО, 2015), в настоящем документе они называются «опорные нормы».

4. РАСЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ

4.1 Введение

Руководящие указания, содержащиеся в настоящем документе, в основном предназначены для расчета норм (в частности, климатологических стандартных норм и опорных норм согласно определениям, представленным выше в главе 3), но также во многих случаях применяются в отношении средних и средних за период значений.

Ожидается, что данные будут подвергаться процессам контроля качества до их использования при расчетах норм.

При наличии полных данных хорошего качества большинство решений, касающихся расчета норм, достаточно очевидно. Многие из возникающих сложностей связаны с использованием неполных данных. Один возможный подход заключается в использовании для расчета норм только тех станций, которые обеспечивают стопроцентную полноту суточных данных в течение периода осреднения. Однако в большинстве стран таких станций недостаточно (или они совсем отсутствуют), и поэтому необходимо находить компромисс между обеспечением максимальной полноты данных, используемых при расчете климатических норм, и значительного количества станций, представляющих данные для расчета норм, на основании которых «истинная» норма (т. е. норма, которая может быть получена при использовании абсолютно полных данных) может быть оценена в пределах допустимого уровня неопределенности.

В этой главе кратко рассматриваются вопросы контроля качества и обеспечения однородности климатических данных. Подробное описание контроля качества и обеспечения однородности выходит за рамки настоящего документа. На момент написания настоящего документа ВМО разрабатывает по этим вопросам отдельные руководящие указания, к которым следует обращаться для получения подробной информации.

4.2 Параметры и элементы

Климатические нормы могут рассчитываться для широкого диапазона элементов. В то время как некоторые элементы, такие как температура и осадки, имеют значение для всех частей мира, другие, такие как выпадение снега или превышение определенных пороговых значений (например, максимальные температуры ниже 0 °C в тропиках), имеют мало или не имеют никакого значения для некоторых частей мира. Странам также может понадобиться рассчитать нормы для элементов, имеющих особо важное значение для их собственных условий.

В настоящем документе устанавливаются следующие категории:

- **Основные приземные климатологические параметры.** Их определение приводится в публикации «*Calculation of Monthly and Annual 30-Year Standard Normals*» (WMO, 1989) (хотя в указанной публикации используется термин «элементы»). Нормы этих параметров должны сообщаться для всех станций, которые предоставляют для этого достаточные данные (см. ниже в разделе 4.4 рекомендации по обеспечению полноты данных).
- **Вторичные приземные климатологические параметры.** Это параметры, которые не относятся к указанным выше в пункте «а», но сообщаются или имеют отношение к данным, сообщаемым в стандартных сводках CLIMAT (которые представляют собой основное средство обмена ежемесячными климатологическими данными). Членам рекомендуется рассчитывать и сообщать нормы для этих параметров при наличии надлежащих данных.

- **Другие приземные климатологические параметры.** Это параметры, регулярный обмен которыми в стандартных сводках CLIMAT не производится, но которые, тем не менее, могут представлять интерес для национальных или региональных целей.

Параметры, относящиеся к этим категориям, перечислены в таблице 1 наряду с особыми соображениями (если это применимо).

Таблица 1. Приземные климатологические параметры

Основные приземные климатологические параметры		
<i>Параметр</i>	<i>Единицы</i>	<i>Комментарии</i>
Общее количество осадков	мм	Определение «дня наблюдений» должно соответствовать национальным стандартам и документироваться в метаданных (см. также раздел 4.9)
Число дней с осадками ≥ 1 мм	число	
Среднемесячные значения максимальных, минимальных и среднесуточных температур	°C	Определение «дня наблюдений» и порядок расчета среднесуточной температуры должны соответствовать национальным стандартам и документироваться в метаданных (см. также раздел 4.9). Для расчета среднесуточной температуры используются различные методы
Среднее значение давления на уровне моря	гПа	Средние значения должны рассчитываться, по возможности, как средняя величина восьми равномерно распределенных трехчасовых периодов наблюдений или четырех равномерно распределенных шестичасовых периодов наблюдений. Если это невозможно, следует использовать комплект сроков наблюдений, который будет последовательно применяться во времени на соответствующей станции и документироваться в метаданных. На высокогорных станциях среднее значение геопотенциальной высоты при заданном уровне давления (например, 850 гПа или 700 гПа) может использоваться как замена давления, приведенного к среднему уровню моря
Средняя упругость водяного пара	гПа	Следует рассчитывать как среднюю величину суточных значений. Суточные значения должны рассчитываться, по возможности, как средняя величина восьми равномерно распределенных трехчасовых периодов наблюдений или четырех равномерно распределенных шестичасовых периодов наблюдений. Если это невозможно, следует использовать комплект сроков наблюдений, который будет последовательно применяться во времени на соответствующей станции и документироваться в метаданных. Важно, что среднемесячные значения упругости водяного пара рассчитываются по его суточным значениям, а не по среднемесячным значениям относительной влажности или температуры точки росы, потому что применение этих методов приведет к другим результатам
Общее количество часов солнечного сияния	часы	

Вторичные приземные климатологические параметры		
<i>Параметр</i>	<i>Единицы</i>	<i>Комментарии</i>
Среднее значение давления на уровне станции	гПа	Рассчитывается аналогично среднему значению давления на уровне моря, как указано выше
Границы квинтилей атмосферных осадков*	мм	См. раздел 4.5
Среднее число дней с максимальной температурой $\geq 25, 30, 35, 40$ °С	число	
Среднее число дней с максимальной температурой < 0 °С	число	
Среднее число дней с минимальной температурой < 0 °С	число	
Среднее число дней с суточными осадками $\geq 5, 10, 50, 100, 150$ мм	число	
Среднее число дней с глубиной снежного покрова $> 0, 1, 10, 50$ см	число	
Среднее число дней со скоростью ветра $\geq 10, 20, 30$ м/с	число	Скорость ветра, используемая для определения этого элемента, равна самому высокому показателю среднего ветра за 10 минут, зафиксированному в течение дня. Ее определение отличается от определения максимального порыва ветра
Среднее число дней с видимостью $< 50, 100, 1000$ м	число	Означает дни, когда видимость регистрируется ниже установленного порога в любое время наблюдения в течение дня
Самое высокое и самое низкое зафиксированные значения среднесуточной температуры	°С	
Самое высокое зафиксированное значение максимальной суточной температуры*	°С	
Самое низкое зафиксированное значение минимальной суточной температуры*	°С	
Самое высокое зафиксированное значение суточных осадков	мм	
Самое высокое зафиксированное значение порыва ветра	м/с	
Среднее число дней наблюдения грома	число	
Среднее число дней наблюдения града	число	

Другие приземные климатологические параметры

Конкретные руководящие указания в отношении этих параметров отсутствуют. Примеры таких параметров, которые могут представлять ценность для национальных или региональных целей, включают:

средние или общие значения параметров, относящихся к элементам, не перечисленным выше (например, облачность, испарение с водной поверхности, солнечная радиация, скорость ветра, температура почвы или выпадение снега), и альтернативные выражения, связанные с элементом (например, относительная влажность или точка росы);

число дней, в которые фиксируются значения выше/ниже пороговых, за исключением перечисленных выше;

средние значения параметров, относящиеся к наблюдениям в определенное время дня (например, средняя температура в 09:00);

число дней наблюдения явлений (кроме грома или града);

статистические дескрипторы, кроме перечисленных (например, наименьшее значение максимальной суточной температуры).

Следует отметить, что значения средней относительной влажности и средней скорости ветра регистрируются для некоторых станций в соответствии с публикацией «1961-1990 *Global climate normals (CLINO)*» (Глобальные климатические нормы за период 1961—1990 гг. (КЛИНО)) (ВМО, 1998), но положения в отношении этих параметров в сообщениях CLIMAT в настоящее время отсутствуют

* Значения этих параметров для некоторых станций сообщаются в соответствии с опубликованными глобальными климатическими нормами ВМО за период 1961—1990 гг. (ВМО, 1998).

4.3 Расчет значений норм

Климатические нормы рассчитываются на основании месячных значений в течение периода осреднения. В зависимости от рассматриваемого параметра эти месячные значения могут быть следующими:

- среднесуточные значения, зарегистрированные в течение месяца (именуемые здесь средними параметрами);
- самое высокое или самое низкое значения, зарегистрированные в течение месяца (именуемые здесь экстремальными параметрами);
- сумма суточных значений, зарегистрированных в течение месяца (именуемая здесь суммарными параметрами);
- число дней, в которые регистрируются значения выше/ниже установленного порога или в которые происходит явление (именуемое здесь расчетными параметрами).

4.3.1 Расчет отдельных месячных значений

Отдельные месячные значения рассчитываются следующим образом:

а) Средний параметр

Среднесуточные значения в течение месяца.

б) Экстремальный параметр

Самое высокое или самое низкое (в соответствующих случаях) значения, зарегистрированные в течение месяца.

в) Суммарный параметр

Сумма суточных значений в течение месяца.

d) Расчетный параметр

Для определения расчетного параметра число дней, в которые происходит явление (или регистрируется превышение порогового значения), должно быть преобразовано в соотношение или процент от числа дней, в которые велись наблюдения. Например, если явление наблюдается в течение 22 из 25 дней месяца, в которые велись наблюдения, этот параметр будет считаться равным 0,88 или 88 %.

Примечание: цель этой процедуры заключается в обеспечении возможности учета месяцев, на которые приходится ограниченный объем отсутствующих данных, в расчетных параметрах.

Во всех случаях значение за месяц должно рассчитываться только если месяц соответствует требованиям полноты данных, описанным в разделе 4.4.1, в отношении соответствующего параметра.

4.3.2 **Расчет месячной нормы на основании отдельных месячных значений**

Месячную норму для определенного месяца следует рассчитывать следующим образом:

a) Средний параметр и суммарный параметр

Среднее всех значений, не относящихся к отсутствующим значениям, в течение периода осреднения за рассматриваемый месяц.

b) Экстремальный параметр

Самое высокое (или самое низкое) значение в течение периода осреднения за рассматриваемый месяц.

c) Расчетный параметр

На начальном этапе среднее соотношение/средний процент за месяц должны рассчитываться по значениям соотношения/процента за каждый месяц в течение периода осреднения (см. выше). Среднее соотношение/средний процент должны быть повторно пересчитаны на среднее число дней за месяц посредством умножения на число дней месяца. Например, среднее соотношение за январь, равное 0,88, пересчитывается на $(0,88 \times 31) = 27,28$ дня или, при округлении, 27,3 дня (февральские значения умножаются на 28,25 дня).

Во всех случаях значение нормы следует рассчитывать только при условии соблюдения критерия полноты данных согласно разделу 4.4.2.

4.3.3 **Расчет годовой, сезонной и других многомесячных норм**

Нормы, охватывающие период более одного месяца (например, годовая или сезонная нормы), следует рассчитывать следующим образом:

a) Средний параметр

Среднее значение месячных норм за соответствующие месяцы.¹

b) Суммарный параметр и расчетный параметр

Сумма месячных норм за соответствующие месяцы.

¹ Некоторые национальные метеорологические и гидрологические службы при расчете многомесячных норм оценивают месячные нормы по числу дней месяца, но в отношении продукции, являющейся предметом международного обмена, это не рекомендуется.

с) Экстремальный параметр

Самое высокое/низкое из месячных значений за соответствующие месяцы.

В частности, годовые нормы следует рассчитывать по месячным нормам, а не на основании отдельных годовых значений. Эти два метода дадут одинаковые результаты (не считая, возможно, небольших различий из-за округления) при наличии всех месячных значений, но могут различаться, если некоторые месячные значения отсутствуют.

Если месячные нормы в отношении каких бы то ни было месяцев, относящихся к представляющему интерес периоду, отсутствуют, то многомесячную норму следует также считать отсутствующей.

4.4 Полнота данных

4.4.1 Расчет значения за один месяц

а) Средний параметр

В документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007) была проведена обширная оценка дополнительной неопределенности, привносимой в определение среднемесячного значения в связи с отсутствием² данных. Проведенная оценка показала, что при случайном распределении пропущенных дней в течение месяца ширина доверительного интервала в 95 % в среднем соответствует 11 % стандартного отклонения соответствующих суточных значений за 5 пропущенных дней и 17 % стандартного отклонения за 10 пропущенных дней. Эти показатели приравняются, например, к нескольким десяткам градуса по Цельсию для общих значений стандартного отклонения суточных максимальных и минимальных температур (выше во внутриконтинентальных районах, расположенных в более высоких широтах, в зимнее время и ниже в тропиках и на многих островных территориях).

Дополнительная неопределенность привносится в случае значительного числа последовательных пропущенных дней. Это объясняется тем, что большинство суточных метеорологических параметров в определенной степени автокоррелируют, т. е. если в любой конкретный день наблюдается значение выше (ниже) нормы, вероятность того, что в течение следующих нескольких дней оно также будет оставаться выше (ниже) климатической нормы, будет выше, чем если бы она была обусловлена только климатическими наблюдениями.

В соответствии с положениями *Руководства по климатологической практике* (ВМО, 2011)³ в тех случаях, когда месячное значение соответствует среднесуточным значениям за этот месяц, рекомендуется не рассчитывать месячные значения при наличии любого из следующих критериев:

- отсутствуют наблюдения за 11 или более⁴ суток в течение месяца;
- отсутствуют наблюдения за период в пять или более последовательных суток в течение месяца.

Однако следует отметить, что страны, которые решили в прошлом следовать правилу 5/3 (допуская отсутствие не более пяти суточных значений в месяц и не более трех последовательных суточных значений в соответствии с «*Calculation of Monthly and Annual*

² В контексте этого раздела значение, признанное сомнительным или неправильным после проведения контроля качества, следует рассматривать как отсутствующее.

³ Следует отметить, что в публикации «*Calculation of Monthly and Annual 30-Year Standard Normals*» (ВМО, 1989) рекомендовались более строгие критерии (более пяти пропущенных суток в целом или более трех последовательно пропущенных суток), и эти критерии используются в некоторых странах.

⁴ *Руководство по климатологической практике* (ВМО, 2011) предусматривает «более 10 суточных значений», что равноценно.

30-year Standard Normals» (WMO, 1989)) или другим, более строгим, чем изложенные выше, критериям в отношении отсутствующих данных, могут пожелать и далее применять эти более строгие правила для обеспечения единообразия национальных климатических данных. (В принципе это замечание относится также к изложенным ниже пунктам раздела 4.4.1.)

b) Экстремальный параметр

В контексте расчета норм цель расчета экстремального значения в течение отдельного месяца представляет собой промежуточный шаг в расчете экстремальных значений за весь рассматриваемый период. На этом этапе процесса экстремальные значения следует рассчитывать за месяц независимо от количества имеющихся данных за указанный месяц. (Вопрос о том, имеются ли достаточные данные для регистрации достоверного экстремального значения за весь период, рассматривается в разделе 4.4.2.)

c) Суммарный параметр

Месячное значение суммарного параметра (например, общее количество осадков) может быть рассчитано только при наличии полных данных за месяц. Это означает, что в общем случае суммарный параметр не может быть рассчитан, если отсутствуют какие-либо наблюдения в течение месяца.

Существуют два следующих исключения:

- возможность использования оценочных данных для заполнения пробелов в данных наблюдений за конкретный месяц. Оценка данных в этом контексте рассматривается далее в разделе 4.6;
- для некоторых элементов за периодом отсутствующих данных могут следовать наблюдения, кумулятивное значение которых включает период отсутствующих наблюдений (например, дождемер, с которого не снимали данные в выходные, в понедельник выдает данные в отношении общего количества осадков за трехдневный период). Если известно, что такие кумулятивные наблюдения охватывают полный период отсутствующих данных, расчет суммарного показателя за месяц допускается.

В любом случае общее месячное значение следует рассчитывать только, если число дней месяца, за которые имеются расчетные или накопленные данные, соответствует тем же критериям, которые применяются в отношении отсутствующих данных для среднего параметра (т. е. расчетные или накопленные данные не представляют 11 или более суток в течение месяца или пять или более последовательных суток в течение месяца).

d) Расчетный параметр

В контексте норм расчетный параметр указывает на вероятность возникновения явления в определенный день в течение заданного месяца года. Он представлен в виде ожидаемого количества дней, а не процента или соотношения. Процесс расчета нормы для расчетного параметра предполагает пересчет количества дней наблюдений в течение заданного месяца в соотношение или проценты (более подробно см. раздел 4.3). Эту процедуру следует применять с осторожностью, потому что для некоторых элементов/параметров отсутствующие данные могут преимущественно представлять определенное явление (например, отчеты о выпадении снега, предполагающие ответ да/нет, могут с более высокой вероятностью отсутствовать в те дни, когда выпадения снега не наблюдается).

Соотношение или процент за месяц не следует рассчитывать в отсутствие 11 или более суточных наблюдений или пяти или более последовательных суточных значений. В этих случаях месячное значение следует рассматривать как отсутствующее.

В некоторых обстоятельствах число дней, в которые имело место явление, может быть известно даже в отсутствие исходных суточных данных (например, за три дня может быть зарегистрировано 10 мм осадков в условиях, когда дождь шел два дня из трех), но такой информацией следует пользоваться с большой осторожностью.

4.4.2 **Количество лет, необходимое для расчета нормы**

В соответствии с рекомендациями *Руководства по климатологической практике* (ВМО, 2011) нормы или средние значения за месяц следует рассчитывать, когда имеются данные по годам, составляющим по меньшей мере 80 % периода осреднения. Это означает наличие данных за заданный месяц не менее чем за 24 года из 30 лет для расчета климатологических стандартных норм или опорных норм. Руководство (ВМО, 2011) также рекомендует не рассчитывать нормы, если отсутствуют три или более последовательных годовых значений. Однако в документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007) было установлено, что критерий последовательных лет не дает существенных преимуществ (с точки зрения погрешности рассчитываемой нормы для оценки действительного значения). Это было обусловлено тем, что автокорреляция месячных значений с годичным интервалом обычно невелика, а требование обеспечить наличие не менее 80 % данных по годам ограничивает влияние отсутствующих данных в начале или в конце периода осреднения для элементов, демонстрирующих устойчивую тенденцию.

В этой связи рекомендуется рассчитывать нормы или средние значения:

- для параметров, кроме экстремальных: если имеются достоверные месячные значения (согласно определению, представленному в разделе 4.4.1 выше) не менее чем за 80 % лет периода осреднения (без использования дополнительного критерия последовательных лет);
- для экстремальных параметров: если имеются достоверные месячные данные по средним значениям соответствующего элемента (например, если рассматриваемым параметром является максимально высокая температура, необходимо достоверное среднемесячное значение максимальной температуры за соответствующий месяц) по годам, составляющим по меньшей мере 80 % периода осреднения.

4.5 **Расчет квинтильных границ**

Особым видом параметра в расчете норм является определение квинтильных границ в отношении месячного количества осадков. В статистической литературе не существует общепринятых методов определения квинтильных границ в рамках конечного комплекта данных. Два основных метода предусматривают определение наименьшего зарегистрированного значения в качестве нулевого процентиля или процентиля, равного $(1 / (n + 1) \times 100)$, где n — количество наблюдений в комплекте данных. В случае квинтильных границ климатических норм принимается первая процедура, так как считается полезным включить в квинтильные границы информацию о наибольшем и наименьшем значениях, зарегистрированных в период осреднения. Это облегчает регистрацию в будущем случаев, когда месячное количество осадков оказывается выше или ниже значения, зарегистрированного за период осреднения.

Процедура расчета квинтильных границ определена в *Руководстве по климатологической практике* (ВМО, 2011). Процедура действительна только при наличии 30 значений и применяется в отношении климатологических стандартных норм и опорных норм, при этом наличия отсутствующих месячных значений не допускается, и недействительна при наличии отсутствующих значений или в отношении любых периодов, не равных 30 годам. Как предусмотрено документом «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007), данная процедура также приведет к незначительной недопредставленности числа лет в первом и пятом квинтилях.

Общая процедура изложена в «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007) и рекомендована для использования. Результаты ее применения в том конкретном случае, когда имеются полные данные за 30 лет, будут немного отличаться от результатов, полученных при помощи метода, описанного в *Руководстве по климатологической практике* (ВМО, 2011), но различия между ними в целом будут незначительными.

Рекомендуемые квинтильные границы приводятся в таблице 2.

Таблица 2. Рекомендуемые квинтильные границы

Квинтильная граница	Содержание данных
Нижняя граница квинтиля 1	Наименьшее наблюдавшееся значение за период осреднения
Верхняя граница квинтиля 1	Наблюдения $(1 + (n - 1) / 5)$ -го ранга за период осреднения (6,8 для комплекта данных за 30 лет)
Верхняя граница квинтиля 2	Наблюдения $(1 + 2(n - 1) / 5)$ -го ранга за период осреднения (12,6 для комплекта данных за 30 лет)
Верхняя граница квинтиля 3	Наблюдения $(1 + 3(n - 1) / 5)$ -го ранга за период осреднения (18,4 для комплекта данных за 30 лет)
Верхняя граница квинтиля 4	Наблюдения $(1 + 4(n - 1) / 5)$ -го ранга за период осреднения (24,2 для комплекта данных за 30 лет)
Верхняя граница квинтиля 5	Наибольшее наблюдавшееся значение за период осреднения

Во всех случаях значение с заданным относительным рангом рассчитывается путем линейной интерполяции между целыми значениями с каждой стороны (например, значение с рангом 6,8 рассчитывается по формуле $(0,2 \times \text{значение шестого ранга} + 0,8 \times \text{значение седьмого ранга})$).

Квинтильные границы на определенный месяц следует рассчитывать только если полнота месячных данных соответствует критериям, приведенным в разделе 4.4.2.

4.6 Оценка данных, используемых в расчетах норм

Существует возможность включения оценочных данных в расчет климатических норм. Это создает потенциальные возможности для увеличения объема данных, пригодных для использования в суммарных параметрах, когда отсутствие данных за одни сутки может привести к невозможности расчета месячного значения.

В контексте климатических норм допустимые методы оценки (которые могут применяться по отдельности или в сочетании друг с другом) включают:

- пространственная интерполяция — использование данных, полученных на основе интерполяции данных других пунктов наблюдений, расположенных близко друг от друга;
- временная интерполяция — использование данных, относящихся ко времени, предшествующему периоду отсутствующих данных или следующему за ним. Для элементов, которые рассматриваются в настоящих руководящих указаниях, значения за другие дни редко бывают полезны при определении отсутствующего суточного значения. Однако временная интерполяция внутрисуточных данных может позволить восстановить иначе отсутствующее суточное значение (например, если максимальная суточная температура не регистрируется на автоматической метеорологической станции вследствие 30-минутного выхода из строя в период, не совпадающий с ожидаемым периодом наступления максимальной температуры);

- использование альтернативных элементов, например, количества облаков для оценки отсутствующего суточного значения продолжительности солнечного сияния;
- использование альтернативных методов наблюдений, например, радиолокационных или спутниковых наблюдений для оценки данных о количестве осадков при отсутствии исходных наблюдений.

Также иногда возможно использовать методы оценки совместно с данными наблюдений; например, использовать пространственную интерполяцию за каждый день, чтобы разложить общее количество осадков за несколько дней на суточные составляющие.

Вопросы, связанные с оценкой климатологических данных, довольно подробно рассмотрены в *Руководстве по климатологической практике* (ВМО, 2011), раздел 5.9, и пользователи могут найти всестороннюю информацию по этой теме в указанной публикации и по ссылкам, содержащимся в ней. Целью настоящей публикации не является предоставление подробных указаний по методам оценки, и пользователям, которые рассматривают вопрос об использовании оценочных данных, следует самостоятельно изучить соответствующие методологии с учетом имеющихся региональных источников данных, климатических характеристик и географии.

Любые оценки, используемые для расчета климатических норм, следует выполнять на беспристрастной основе. Например, было бы нецелесообразно использовать радиолокационные данные для определения дней, за которые отсутствуют наблюдения и в которые не выпадало осадков, не представляя расчетных значений в отношении дней, за которые отсутствуют наблюдения, но в которые выпадали осадки, поскольку это означало бы систематическое занижение общих данных.

В контексте расчета норм на станции оценка должна использоваться только для заполнения относительно небольших пробелов в комплектах данных (до 10 дней каждого отдельного месяца). Она не должна использоваться для расчета нормы на станции в отношении элемента, который никогда там не наблюдался. (Это никак не связано с совершенно уместной практикой использования на станциях расчетных норм для оценки предполагаемых условий, которые могут ожидаться в аналогичный период в других местах.)

4.7 Точность и округление данных

Для большинства параметров нормы должны в общем случае регистрироваться с точностью до одного десятичного знака. Устанавливать нормы станции с более высокой точностью обычно нецелесообразно, хотя может быть в некоторых случаях оправдано для средних районных значений, действующих применительно к большому числу станций.

Необходимо рассмотреть вопрос о том, на каком этапе(ах) расчета следует применять округление. Расчет климатической нормы обычно производится в три этапа:

- расчет отдельного месячного значения на основании исходных суточных данных (для некоторых переменных исходные данные могут включать расчет значения на основании внутрисуточных данных);
- расчет нормы за месяц на основании каждого отдельного месячного значения в течение периода осреднения;
- расчет норм за многомесячные (например, годовые) периоды на основании месячных значений.

В принципе максимальная достоверность будет достигнута при условии сохранения максимальной точности на всем протяжении расчетов с округлением на последнем этапе (т. е. при регистрации месячной или многомесячной нормы). Однако основное препятствие для последовательного выполнения этого условия заключается в том, что

отдельные месячные значения обычно указываются с точностью до одного десятичного знака, так как национальные базы данных и код CLIMAT для международной передачи месячных климатических данных, как правило, предусматривают возможность отражения не более одного десятичного знака. Во многих случаях (особенно в международных комплексах данных, которые основываются главным образом на сводках CLIMAT) исходные суточные данные могут отсутствовать, что делает невозможным осуществление расчетов высокой точности.

В связи с этим для обеспечения единообразия практики рекомендуется округлять отдельные месячные значения до одного десятичного знака, прежде чем они будут использоваться в расчетах нормы за соответствующий месяц, и рассчитывать нормы за многомесячные периоды на основании месячных норм, округленных до одного десятичного знака. Хотя может показаться, что эта практика связана с некоторой потерей точности, различия являются незначительными. Например, стандартное отклонение разницы между 30-летней нормой, рассчитанной по месячным данным, округленным до одного десятичного знака, и 30-летней нормой, рассчитанной по данным высокой точности, составляет 0,005, что соответствует примерно пятипроцентной вероятности того, что эти два значения будут различаться на 0,1 после округления. В большинстве случаев эта разница ничтожно мала.

Последний вопрос в отношении округления касается того, как округлять значения, расположенные ровно посередине между точками данных (например, округляется ли 0,15 до 0,1 или 0,2). Важно учитывать, что при округлении не должно возникать систематической погрешности, т. е. такие значения не должны последовательно округляться в большую или меньшую сторону. Две практики, при помощи которых можно добиться такого эффекта, — это «привязка к нечетным значениям» (при которой значение, заканчивающееся на ,5, округляется до ближайшего нечетного числа) или «привязка к четным значениям» (при которой значение, заканчивающееся на ,5, округляется до ближайшего четного числа). «Привязка к нечетным значениям» широко используется в синоптических сводках ряда стран. Однако режимом округления по умолчанию, используемым в Стандарте двоичной арифметики с плавающей точкой Института инженеров по электротехнике и электронике, является «привязка к четным значениям», которая включена во многие стандартные компьютерные пакеты. По этой причине «привязка к четным значениям» отдается предпочтение при разработке новой системы, хотя если «привязка к нечетным числам» представляет собой уже сложившуюся национальную практику, она может быть сохранена при условии ее последовательного применения. Методы, которые приводят к возникновению систематической погрешности при округлении, такие как округление от нуля (используемое по умолчанию в Microsoft Excel) или округление в большую сторону до следующего целого значения, не применяются.

4.8 Однородность, использование компонентных станций и внедрение автоматических метеорологических станций

4.8.1 Однородность

Примечание: в настоящем разделе представлено только краткое введение в вопрос однородности климатических данных. Подробное описание этого вопроса читатели могут найти в публикации «*Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*» (Руководящие принципы по вопросам климатических метаданных и обеспечению однородности данных) (ВМО, 2003) или в обновленной редакции руководящих принципов, которая находится в стадии разработки на момент подготовки настоящей публикации.

Как упоминалось ранее, климатические нормы имеют две основные цели: служат индикатором условий, которые могут ожидаться с наибольшей вероятностью в заданном районе согласно текущим климатическим тенденциям, и контрольной точкой, с которой могут сравниваться климатические условия в заданном районе (или в заданном регионе) в заданный период времени.

Обе эти цели предполагают, что данные за период осреднения будут согласованными и репрезентативными для периода, в отношении которого период осреднения используется как контрольный. Например, если данные за 2017 г. сравниваются с данными за период осреднения с 1981 по 2010 гг., пункт наблюдений и приборы, использовавшиеся в 1981—2010 гг., должны быть репрезентативными для пункта наблюдений и приборов, использующихся в 2017 г.

Для соблюдения этих требований необходимо обеспечить однородность используемых данных на протяжении периода осреднения и, если они используются как опорные в отношении текущего периода, с периода осреднения до настоящего времени. Это означает, что любые изменения в данных отражают только изменения в фоновом климате, а не изменения в способе или условиях ведения наблюдений. Причины, по которым комплект данных может оказаться неоднородным, включают:

- перемещение пункта наблюдений;
- изменения, связанные с используемыми приборами;
- изменения процедуры производства наблюдений (например, изменение определения климатологического дня);
- изменение условий окружающей среды вокруг локального пункта наблюдений (например, изменение растительности или строительство здания в непосредственной близости от пункта наблюдений).

Не все возможные виды неоднородности будут оказывать серьезное влияние на данные, а те, которые оказывают, могут влиять на одни элементы и не влиять на другие. Например, замена травяного покрова на твердое покрытие возле пункта наблюдений может повлиять на температуру, но едва ли скажется на осадках. Однако вопрос наличия или отсутствия такого влияния необходимо рассматривать индивидуально на местах. В контексте однородности данных, в то время как желательно, чтобы пункт наблюдений соответствовал требованиям класса 1 классификации выбора места для наземных станций приземных наблюдений (ВМО, 2014, часть I, приложение 1B), безусловное соответствие стандартам имеет меньшее значение, чем долгосрочная сопоставимость по времени. Например, пункт наблюдений за температурой, расположенный на маяке на вершине скалы, не будет соответствовать стандартам *Руководства по метеорологическим приборам и методам наблюдений* (ВМО, 2014), но если он находился на вершине этой скалы более ста лет (и с ним не происходило никаких других существенных изменений), он, по всей вероятности, все равно обеспечивает однородность данных.

Даже незначительные перемещения пункта наблюдений могут оказывать существенное влияние на однородность данных, особенно в районах со сложной топографией, и на переменные (такие как скорость ветра), которые сильно зависят от места размещения пункта наблюдений.

Существование городских островов тепла само по себе не составляет неоднородность. Было установлено, что в сложившихся городских районах, при условии что окружающая природная среда в непосредственной близости от пункта наблюдений относительно стабильна, данные могут быть достаточно однородными. Таким образом, например, период 1981—2010 гг. в сложившемся городском районе, где любой городской остров тепла был уже хорошо развит до 1980 г., можно считать репрезентативным для существующих условий в таком районе. Однако природа городского района такова, что даже в сложившихся населенных пунктах или городах существует вероятность того, что здания, находящиеся на небольшом расстоянии от пункта наблюдений, на протяжении нескольких десятилетий могут претерпевать существенные изменения, если только такой пункт наблюдений не находится в защищенной зоне (например, в городском парке).

В связи с влиянием, которое может оказывать неоднородность на климатические нормы, рекомендуется использовать только однородные данные при расчете климатических норм. В частности, неоднородность может означать, что период осреднения не

репрезентативен для настоящего и, таким образом, текущие данные сопоставляются с нормой, которая не является репрезентативной. Тем не менее, отмечается, что в настоящее время не все Члены имеют ресурсы для обеспечения однородности их национальных комплектов данных, а значит могут быть вынуждены рассчитывать климатические нормы на основании исходных данных, которые не проверялись на однородность.

Существует два основных подхода к вопросу использования однородных данных при расчете климатических норм:

- использовать только станции, данные которых были признаны однородными;
- вносить коррективы в более ранние данные для устранения неоднородности.

В принципе, оба подхода являются разумными. Однако во многих странах только относительно небольшая часть станций может обеспечивать полную однородность. После периода осреднения, особенно в тех странах, где произошли серьезные изменения, влияющие на большую часть сети наблюдений (например, изменение в определении среднесуточной температуры или повсеместный переход с традиционных на автоматические приборы), может быть необходимо использовать скорректированные данные для достижения приемлемой плотности сети и/или обеспечить наличие данных о нормах в ключевых местах.

Существует обширная литература по однородности климатических данных, особенно в отношении температуры (в меньшей степени других элементов), касающаяся как определения неоднородности, так и методов корректировки. К ним может относиться использование, вместе и по отдельности, метаданных и статистических методов. В этих целях также были разработаны многочисленные пакеты программного обеспечения. Более подробную информацию можно найти в публикации «*Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*» (WMO, 2003).

4.8.2 **Использование компонентных станций**

Во многих случаях найти одну станцию, соответствующую требованиям наличия данных для расчета климатической нормы за определенный период осреднения, не представляется возможным. Однако в регионе может быть несколько станций, которые совместно располагают необходимыми данными в отношении периода осреднения (например, пункт наблюдений в небольшом городе, действовавший в период с 1981 по 1995 гг., мог быть заменен другим пунктом наблюдений на территории близлежащего аэропорта, действующим с 1995 г. по настоящее время, и совместно они могут располагать полными данными за период осреднения с 1981 по 2010 гг.).

Существует возможность использовать составные ряды данных, полученных в результате такого сочетания данных станций, при расчете климатических норм. Основопологающее требование в данном случае заключается в том, что объединенный комплект данных должен быть однородным, что может быть достигнуто либо благодаря достаточному сходству между разными пунктами наблюдений, которые использовались для получения составных данных, либо вследствие внесения надлежащих корректив. Это процесс, осуществление которого потребует большой осторожности, и методы корректировки и станции, используемые для получения составных данных, должны отражаться в метаданных. Станции также должны быть расположены на близком расстоянии друг от друга и действовать достаточно согласованно, чтобы выполнять процесс корректировки с высокой степенью достоверности. В этом контексте желательно, чтобы станции, используемые для получения составных данных, в течение какого-то периода эксплуатировались параллельно.

Следует отметить, что определение «компонентной» станции является несколько произвольным. В некоторых странах станция может сохранить свой идентификатор даже после существенного изменения ее местоположения, тогда как в других странах даже незначительное перемещение может привести в тому, что данные будут обрабатываться

как полученные с двух разных станций. (Бывают также случаи, когда станция получает другой национальный идентификатор, но продолжает работать под единым номером ВМО, или наоборот.) С точки зрения однородности данных не существует принципиальной разницы между гомогенизацией объединенного комплекта данных, полученных с нескольких станций, и согласованием неоднородного комплекта данных, полученных с одной станции (за исключением того, что изменение идентификатора станции является четким элементом метаданных).

4.8.3 **Внедрение автоматических метеорологических станций**

В последние 20—30 лет автоматические метеорологические станции получают все большее распространение в сетях метеорологических наблюдений. В некоторых странах все синоптические наблюдения или большая их часть теперь автоматизированы, и вполне вероятно, что все более высокая доля наблюдений в ближайшие годы будет производиться в автоматизированном режиме.

С 1981 г. появилось небольшое число автоматических метеорологических станций (а в период с 1961 г. не было ни одной). Использование автоматических метеорологических станций, установка которых в большинстве стран будет сопровождаться изменением идентификатора станции, при расчете климатологических стандартных норм или опорных норм, таким образом, предполагает сочетание их данных с данными другой станции (или других станций), как это описано выше в разделе 4.8.2.

В некоторых случаях автоматическая метеорологическая станция размещается в том же месте, что и традиционная станция, которую она заменяет. При этом в зависимости от используемых приборов между данными этих двух станций может не отмечаться значительной неоднородности в отношении некоторых элементов, хотя это все равно необходимо проверять. Однако во многих случаях автоматическая метеорологическая станция располагается на некотором расстоянии от традиционной станции. Распространенный сценарий связан с заменой традиционной станции, расположенной в черте города, на автоматическую метеорологическую станцию за его пределами (часто на территории аэропорта). Такое изменение места наблюдения может обусловить существенную неоднородность, которую необходимо устранить до того, как составные данные станут пригодны для использования в расчетах климатических норм.

Кроме того, при установке автоматических метеорологических станций могут возникать три следующих проблемы:

- традиционные станции производят лишь ограниченный объем суточных наблюдений, тогда как большинство автоматических метеорологических станций предоставляют данные в непрерывном режиме. Это означает потенциальный доступ к гораздо большему объему данных автоматических наблюдений для расчета таких параметров, как среднесуточное давление или упругость водяного пара. Желательно, чтобы с течением времени при расчете использовались методы, согласованные на уровне станции (или компонентной станции) и, по возможности, на уровне сети. Например, если более ранняя традиционная станция производила наблюдения только в период с 09:00 до 15:00, средние значения должны рассчитываться только на основании данных наблюдений, полученных с 09:00 до 15:00, даже при наличии гораздо большего объема наблюдений с автоматической станции. Внедрение автоматических станций также может привести к изменению определения климатологического дня, так как гораздо более целесообразно производить наблюдения за климатологический день, который заканчивается в полночь, на автоматической станции, чем на станции, требующей участия в наблюдениях человека. Несмотря на нежелательность внесения в определения таких изменений отмечается, что в некоторых странах это уже происходит, и обращать вспять этот процесс было бы нецелесообразно. В таких случаях изменение объема суточных наблюдений, используемых при расчете средних значений, или изменение определения климатологического дня следует рассматривать как потенциальную причину неоднородности (см. раздел 4.8.2);

- как на традиционной, так и на автоматической станции могут время от времени отсутствовать данные (на автоматических станциях чаще всего вследствие выхода из строя прибора или сбоя в работе сетей связи). Для многих элементов отсутствие данных, получаемых с двух видов систем, может рассматриваться одинаково. Однако применительно к осадкам, в то время как за периодом отсутствия наблюдений на традиционной станции часто следует регистрация кумулятивных наблюдений за время отсутствия данных, на автоматической станции отсутствие данных наблюдений часто означает их полную утрату и, таким образом, делает невозможным расчет общего месячного значения. Это может повысить важность использования оценочных данных для заполнения пробелов (см. раздел 4.6);
- применительно к некоторым элементам разница между традиционными и автоматическими системами наблюдений может быть настолько велика, что они плохо поддаются сопоставлению даже с учетом корректировки. Самым общим примером является скорость ветра, которую многие традиционные станции оценивают с использованием шкалы Бофорта (или ее эквивалента) — комплекта данных, который очень трудно объединить с комплектами данных, зарегистрированных приборами автоматических станций.

4.9 **Метаданные для сопровождения климатических норм**

Поддержание метаданных необходимо на всех станциях, для которых производится расчет климатических норм. Более подробную информацию в отношении надлежащих метаданных можно найти в публикации «*Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*» (ВМО, 2003) и в *Наставлении по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО, 2017, приложение 2.4).

В то время как представлять все имеющиеся формы метаданных по соответствующим станциям при публикации климатических норм практически нецелесообразно, к метаданным, которые следует включать в климатические нормы, относятся:

- текущие идентификаторы каждой станции (номер ВМО, национальные идентификаторы и название станции);
- координаты каждой станции по широте, долготе и высоте по состоянию на конец периода осреднения;
- информация о любых существенных изменениях на станциях, произошедших в течение или по окончании периода осреднения, а в случае внесения корректив — о методах корректировки (см. раздел 4.8);
- определение климатологического дня;
- метод расчета среднесуточных значений температуры, давления и упругости водяного пара.

Ожидается, что со временем внедрение платформы метаданных Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО приведет к снижению потребности в отдельном представлении метаданных в связи с климатическими нормами.

5. **АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

5.1 **Для чего нужно рассчитывать как климатологические стандартные, так и опорные нормы?**

Как упоминалось выше, климатические нормы имеют два основных назначения: являются имплицитным показателем, позволяющим прогнозировать условия, которые

могут ожидать с наибольшей вероятностью в заданном районе в ближайшее время, и служат устойчивой контрольной точкой, с которой могут сопоставляться долгосрочные изменения в климатических наблюдениях.

В стабильном климате эти две цели могут быть достигнуты в рамках общего опорного периода. Однако, как было показано в документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (WMO, 2007), для элементов, в отношении которых уже наблюдается явная и последовательная тенденция (особенно для температуры), эффективность прогнозирования изменений климатических норм наиболее высока, если они обновляются как можно чаще. Период осреднения с 1981 по 2010 гг. с гораздо большей вероятностью будет репрезентативным для условий 2017 г., чем период с 1961 по 1990 гг. С другой стороны, использование устойчивой контрольной точки в качестве опорной применительно к долгосрочным комплектам данных приносит очевидные преимущества как с практической точки зрения (отсутствие необходимости пересчитывать раз в десять лет комплекты данных, основанные на аномалии), так и с точки зрения коммуникации — результаты за год, оцениваемые выше среднего, не становятся ниже среднего по причине изменений в опорном периоде.

В связи с тем, что две главные цели климатических норм перестали согласовываться друг с другом с точки зрения их требований в отношении приемлемого периода осреднения, ВМО приняла решение о необходимости расчета обеих норм (при условии наличия данных). Наибольшая эффективность прогнозирования может быть достигнута в случае ежегодного обновления климатологических стандартных норм, однако, как отмечается, это было бы нецелесообразно для многих стран, в связи с чем было принято решение производить такие обновления раз в десять лет, и срок следующего обновления наступает по завершении 2020 г.

На практике в большинстве стран долгосрочные комплекты данных, используемые для мониторинга изменений климата, сообщаются в форме пространственного обобщения (например, комплекты данных с координатной сеткой или осредненная по площади аномалия, полученная на основании данных с координатной привязкой или осреднения данных станций). Это означает, что опорные нормы на отдельных станциях, как правило, будут рассчитываться в рамках промежуточного шага в производстве регионального комплекта данных или комплекта данных с координатной сеткой, а не для широкого использования сами по себе.

Ожидается, что в большинстве случаев климатические нормы для станций будут регистрироваться с опорой на климатологическую стандартную норму (на момент написания, 1981—2010 гг.). Некоторые страны имеют возможности для сообщения норм за несколько периодов в соответствии с требованиями пользователя; там, где такая возможность существует, она будет сохранена, хотя период климатологических стандартных норм будет использоваться в качестве основного периода. Ожидается также, что период климатологических стандартных норм будет использоваться для такой продукции мониторинга, как карты месячных и сезонных аномалий, которые не имеют прямого отношения к мониторингу изменения климата, а также в качестве исходного периода для сезонного прогнозирования климата.

5.2 Потенциальные сферы применения средних значений за нестандартные периоды

В некоторых ситуациях пользователям может быть нужно использовать периоды, не совпадающие с периодом климатологических стандартных норм или периодом опорных норм. Некоторые из них описываются ниже.

5.2.1 **Использование нестандартных 30-летних периодов применительно к исторической продукции**

Использование 30-летних вместо стандартных периодов в отношении некоторой исторической продукции может иметь свои преимущества. Примером является ситуация подготовки комплекта данных с координатной сеткой за счет наложения поля аномалий, полученного на основании аномалий на уровне станций, на данные климатологических наблюдений (Jones et al., 2009).

Для такого комплекта данных задача первостепенной важности заключается в том, чтобы задействовать максимальное число станций, на основании данных которых за этот период можно произвести расчет нормы. В комплекте данных, упоминаемом в Jones et. al (2009) (исторический комплект данных с координатной сеткой по Австралии), при разработке сетки за дни, попадающие в период между 1911 и 1940 гг., в качестве основы исходных климатологических наблюдений и аномалий по станциям, применявшейся для получения финального комплекта данных, использовался период осреднения с 1911 по 1940 гг. Это было обусловлено тем, что многие станции, осуществлявшие наблюдения в 1911—1940 гг., в более поздние годы не располагали достаточными данными, на основании которых можно было произвести расчет нормы за 1961—1990 гг. или 1981—2010 гг. Кроме того, в связи с тем что наличие нормы в отношении станции наблюдения является обязательным условием расчета аномалии для проведения анализа, использование периода осреднения с 1911 по 1940 гг. позволило включить в анализ данных за этот период большее число станций, чем это было бы возможно в случае применения более недавнего периода осреднения. Аналогично этому при подготовке сеток за 1941—1970 гг. использовался исходный период 1941—1970 гг.

5.2.2 **Использование периода продолжительностью более 30 лет для подготовки статистики более высокого порядка**

Период продолжительностью в 30 лет может быть недостаточным для того, чтобы охватить весь потенциальный спектр колебаний элементов, в частности осадков, значения которых могут сильно разниться во времени и пространстве. В то время как 30 лет по-прежнему остаются рекомендуемым стандартным периодом осреднения при расчете квинтильных границ климатологических стандартных норм (а следовательно принимаются за основу при отражении квинтильных значений в сообщениях CLIMAT), более экстремальные статистические данные, полученные за этот период, могут оказаться менее стабильными для некоторых элементов.

Два подхода к решению этой проблемы заключаются в том, чтобы вписать статистическое распределение, такое как гамма-распределение, в данные наблюдений за стандартный 30-летний период (подход, более подробно описанный в документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (ВМО, 2007)) или использовать существенно более продолжительный период данных, чем 30 лет. Например, квинтили атмосферных осадков для дождевых осадков в Австралии, включая пятый и десятый процентиля, которые составляют неотъемлемую часть стандартных определений мониторинга засухи, определяются на основе всего периода регистрации данных с 1900 г. по настоящее время. (В большинстве климатических условий определить стабильное значение пятого процентиля на основании 30-летнего периода наблюдений будет затруднительно.)

Другая сфера применения, в которой представляет интерес наличие максимально длинного периода наблюдений, касается регистрации экстремальных значений. Многих пользователей интересуют наибольшее и наименьшее значения, когда-либо зарегистрированные в той или иной точке, независимо от того, попадают ли они в стандартный период осреднения (хотя экстремальные значения, относящиеся к периоду более 30 лет, по-прежнему представляют ценность для некоторых сфер применения, таких как стандартизированный анализ экстремальных значений). Когда это возможно,

экстремальные параметры следует регистрировать как в период климатологических стандартных норм, так и за все имеющиеся годы наблюдений, представляющих практическую пользу⁵.

5.2.3 **Использование более коротких периодов осреднения**

На многих станциях отсутствуют достаточные данные, необходимые для расчета климатологической стандартной нормы или опорной нормы.

Пользователи в таких районах, по-видимому, все-таки будут заинтересованы в получении указаний относительно наиболее вероятных климатических условий в этих районах, а также аномалий основных элементов. Для этого можно использовать составные данные наблюдений, описанные в разделе 4.8, что предполагает наличие более старой станции (или станций), данные которой могут быть включены в составные данные для обеспечения охвата всего стандартного периода осреднения. Такие станции есть не везде. Возможность осуществления на станции расчета аномалий с достаточной степенью достоверности также имеет значение для включения данных с этой станции во многие комплекты данных с координатной сеткой.

В документе «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (WMO, 2007) было установлено, что для большинства средних и суммарных параметров (но не экстремальных параметров или статистических характеристик более высокого порядка), данные за 10—12 лет обеспечивают такую же эффективность прогнозирования, как и при использовании данных за стандартный 30-летний период. Более того, также было установлено, что более короткие периоды в 10—12 лет также могут эффективно использоваться в случае сочетания данных наблюдений за короткий период времени с аномалиями, полученными на основе пространственной интерполяции данных со станций региона, ведущих более долгосрочные наблюдения. Такие короткие периоды не могут рассматриваться с точки зрения расчета климатологических стандартных норм или опорных норм, однако они представляют практическую пользу для многих пользователей, и во многих случаях возможность оперативного расчета таких средних значений будет иметь свои преимущества. Дополнительную информацию и описание возможных методов читатели могут найти в разделе 7.2 документа «*The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*» (WMO, 2007).

6. **АСПЕКТЫ КОММУНИКАЦИИ**

Определение и использование климатических норм должно быть задокументировано и представлено четко и ясно во избежание неправильного толкования. Климатические нормы, в частности климатологические стандартные нормы и опорные значения, широко используются как критерии, в сопоставлении с которыми оцениваются климатические аномалии, изменчивость и изменение климата. В связи с этим настоятельно рекомендуется четко устанавливать точную норму, используемую применительно к любым видам климатической продукции и обслуживания, где это применимо.

В случае обновления климатологической стандартной нормы рекомендуется представить пояснительную записку для всех пользователей соответствующих видов продукции и обслуживания. Некоторые национальные метеорологические и гидрологические службы выпускают внутреннюю документацию для соответствующих сотрудников, а также пресс-релиз с объяснениями природы норм и их использования, а также изменений в соответствующих видах продукции и обслуживания, вызванных применением обновленных норм.

⁵ За исключением периодов, данные за которые носят явно неоднородный характер по сравнению с современными данными, например, наблюдения за температурой в XIX или начале XX века, производившиеся с использованием нестандартных метеорологических будок.

7. ПРОЦЕСС ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТНЫХ НОРМ И ОПОРНЫХ НОРМ

Климатические нормы следует рассчитывать для как можно большего числа станций, при условии выполнения требования, чтобы станция соблюдала стандарты в отношении количества и полноты рядов имеющихся данных наблюдений. Как минимум, их следует рассчитывать, по возможности, для всех станций, чьи данные распространяются по каналам Глобальной системы телесвязи (ВМО, 2011, раздел 4.8.2).

ВМО осуществляет и будет осуществлять сбор и предоставление данных о климатологических стандартных нормах в рамках соответствующих технических процедур. Секретариат ВМО направляет запрос на представление климатологических стандартных норм станциями наблюдений Членов ВМО наряду с подробными инструкциями в отношении порядка их расчета и представления. Такие запросы со стороны ВМО, которые будут, как правило, выпускаться с периодичностью раз в 10 лет, начиная с 1 января года, кончающегося цифрой 1, могут быть дополнены требованием о представлении обновлений в отношении опорных норм за период с 1961 по 1990 гг. по мере появления дополнительных данных по всему миру в результате деятельности по спасению данных.

Нормы, в идеале климатологические стандартные нормы, также используются для обмена данными ВМО посредством международного кода FM 71 CLIMAT (сводка месячных значений с наземной станции). Соответствующие подробные положения, включая примеры обновления норм, представлены в *Наставлении по кодам* (ВМО, 2016а).

8. ССЫЛКИ

Всемирная метеорологическая организация, 1992: *Международный метеорологический словарь*. Второе издание (ВМО-№ 182), Женева.

———, 2009: *Пособие по подготовке сводок CLIMAT и CLIMAT TEMP* (ВМО/ТД-№ 1188), Женева.

———, 2011: *Руководство по климатологической практике* (ВМО-№ 100), Женева.

———, 2014: *Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений* (ВМО-№ 8). Женева.

———, 2015: *Сокращенный окончательный отчет с резолюциями Семнадцатого Всемирного метеорологического конгресса* (ВМО-№ 1157), Женева.

———, 2016а: *Наставление по кодам, том I.1, Дополнение II к Техническому регламенту ВМО, часть А — Буквенно-цифровые коды* (ВМО-№ 306), Женева.

———, 2016b: *Технический регламент ВМО, Сборник основных документов № 2, том I — Общие метеорологические стандарты и рекомендуемая практика* (ВМО-№ 49), издание 2015 г., обновлено в 2016 г., Женева.

———, 2017: *Наставление по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1160), издание 2015 г., обновлено в 2017 г., Женева.

Jones, D.A, W. Wang and R. Fawcett, 2009: High-quality spatial climate data-sets for Australia. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 58:233–248.

World Meteorological Organization, 1989: *Calculation of Monthly and Annual 30-year Standard Normals* (WMO/TD-No. 341). Geneva.

———, 1998: *1961-1990 Global Climate Normals (CLINO), Version 1.0* (WMO-No. 847). Geneva.

———, 2003: *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization* (WMO/TD-No. 1186). Geneva.

———, 2007: *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate* (WMO/TD-No. 1377). Geneva.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

Communication and Public Affairs Office

Тел.: +41 (0) 22 730 83 14/15 – Факс: +41 (0) 22 730 80 27

Э-почта: cra@wmo.int

public.wmo.int