

Руководящие принципы по контролю и обеспечению качества данных станций приземных наблюдений для климатических применений

Издание 2021 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1269

Руководящие принципы по контролю и обеспечению качества данных станций приземных наблюдений для климатических применений

Издание 2021 г.



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1269

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Настоящие Руководящие принципы были первоначально разработаны сотрудниками управления климатическими данными Австралийского бюро метеорологии (АБМ). Они включают многие из методик, используемых в программном обеспечении системы эффективного управления качеством работы АБМ. Особая благодарность за вклад выражается Мейгин Флэннери, Джону Флэннери и Линде Чэмберс. Первоначальный проект данной публикации был рассмотрен и отредактирован Райнхардом Шпенглером (Метеорологическая служба Германии (Deutscher Wetterdienst (DWD))) и Уильямом Райтом (бывшим сотрудником АБМ) при содействии Дэвида Синклера (АБМ), который также предложил несколько дополнительных проверок, и Пера Хехлера (ВМО). После этого последовал процесс открытого экспертного обзора, в ходе которого были запрошены комментарии национальных метеорологических и гидрологических служб (НМГС) и членов Экспертной группы ВМО по разработке структуры данных и курированию данных. Их комментарии значительно улучшили текст документа, за что мы выражаем им свою признательность.

2 РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО КОНТРОЛЮ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ДАННЫХ СТАНЦИЙ
ПРИЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

конкретным климатическим условиям рассматриваемой страны, а также доработаны с учетом существующей и планируемой инфраструктуры наблюдений и информационных технологий (ИТ) и имеющегося кадрового потенциала.

2. **ПРИНЦИПЫ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ДАННЫХ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ**

В последующих разделах рассматривается общая практика, считающаяся важной для обеспечения высокого качества ряда приземных климатических данных НМГС. Более подробное руководство представлено в [разделе 3](#).

2.1 **Всеобъемлющие принципы**

- Процесс ОК должен охватывать жизненный цикл данных от установки оборудования и наблюдения до финального архивирования.
- Все методы и практики, применяемые для обеспечения качества и прослеживаемости на протяжении всего жизненного цикла данных, должны быть всесторонне задокументированы. Все соответствующие документы подлежат хранению и должны оставаться доступными.
- Необходимо установить соглашения с поставщиками данных для обеспечения производства и поддержания наблюдений в рамках климатических целей и соблюдения десяти принципов мониторинга климата Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК) (см. [Руководство по климатологической практике](#) (ВМО-№ 100)).
- Необходимо использовать объективные проверки и процедуры КК, а результаты проверок для каждого элемента данных должны быть четко помечены.
- Копия первоначально снятых показаний или полученных данных, даже если она считается сомнительной, всегда подлежит хранению¹.
- Каждой НМГС следует иметь менеджера по ОК данных, ответственного за мониторинг всего процесса ОК на протяжении полного жизненного цикла данных.
- Процессы ОК требуют обратной связи по источникам ошибок. Рекомендуется обеспечение регулярного обмена информацией между менеджером по ОК и персоналом, ответственным за системы наблюдений НМГС, для получения возможности рассмотрения источников системных ошибок и устранения соответствующих проблем.

2.2 **Требования, лежащие в основе адекватности наблюдений для климатических применений**

- Место производства наблюдений должно быть репрезентативным для определенной природной среды.
- Каждый пункт наблюдений и переменная, в частности, классификация пунктов наблюдений и классификация устойчивых характеристик, должны соответствовать [Руководству по приборам и методам наблюдений](#) (ВМО-№ 8).
- АМС должны обладать регистраторами данных (автоматической регистрацией данных), которые могут быть доступны и использоваться для восстановления информации в системе управления климатическими данными (СУКД), а также для автоматического повторного расчета производных параметров, включая точку росы, среднее давление на уровне моря и т. д.

¹ Иногда исходные показания явно не отражают метеорологические условия, но имеют самостоятельную научную ценность. Например, повышенные показания температуры могут быть связаны с возникновением лесного пожара вблизи станции. В этих случаях исходные показания не будут являться частью официального климатического ряда, но будут доступны для исследований и других целей. См. также сноску 4.

4 РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО КОНТРОЛЮ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ДАННЫХ СТАНЦИЙ ПРИЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

- Регистраторы данных должны соответствовать техническим требованиям, установленным НМГС, и подлежать испытанию и принятию к использованию.
- Предварительные проверки, калибровка и приемочные испытания необходимы для обеспечения соответствия датчиков приборов или программного обеспечения АМС и датчиков заданным требованиям. Данная процедура включает в себя обеспечение достаточной надежности каналов связи.
- Руководства по наблюдению должны быть неотъемлемой частью технологической документации НМГС и должны быть легко доступны.
- Наблюдатели должны регулярно проходить обучение, особенно в тех случаях, когда в практику наблюдений вносятся какие-либо изменения.
- НМГС должны обеспечить проведение регулярных инспекций станций, в том числе путем посещения объектов через соответствующие промежутки времени, для проверки необходимости технического обслуживания и замены датчиков, а также для поддержания надлежащих условий наблюдения на объекте. Проверки повторной калибровки датчиков должны проводиться регулярно.
- Изменение аппаратуры датчика (например, типа или производителя) или изменение места наблюдения требует проведения параллельных измерений (как с текущего, так и с нового датчика или с текущего и нового места) в течение как минимум одного года² (предпочтительнее двух лет). Исходные и параллельные данные, а также связанные с ними метаданные наблюдений должны архивироваться и храниться бессрочно.
- НМГС должны разработать минимальные руководящие принципы в отношении качества, включая требования к метаданным наблюдений, для внешних поставщиков данных. (Предоставление учебных материалов может помочь внешним поставщикам данных в соблюдении этих стандартов).

2.3 Требования к техническому мониторингу

- **Мониторинг ошибок при поглощении данных:** система оповещения необходима для обеспечения того, чтобы обстоятельства, при которых данные могут быть повреждены, непреднамеренно перезаписаны или удалены, либо не могли возникнуть, либо могли быть быстро обнаружены и исправлены в случае появления. Перед вводом в эксплуатацию эта система должна пройти приемочные испытания, а результаты процессов КК должны анализироваться на регулярной основе. Также должны быть налажены автоматизированные процессы, обеспечивающие получение ожидаемых данных, точность маркировки времени и реальность поглощаемых данных.
- **Мониторинг потока данных:** необходимо внедрение системы мониторинга технического оборудования (АМС, датчиков, оборудования для передачи данных) в режиме реального времени для своевременного выявления и устранения возможных неисправностей (известно, что несоблюдение этого требования приводит к значительным потерям климатических данных, которые могут быть обнаружены только спустя месяцы).
- **Процессы восстановления данных:** если появляются сигналы оповещения о том, что данные отсутствуют или каким-то образом повреждены, необходимо наличие стандартных операционных процедур для восстановления исходной версии данных, например, данные из АМС должны накапливаться или восстанавливаться из

² *Руководство по климатологической практике* (ВМО-№ 100) рекомендует, что в случае, если это представляется возможным, старые и новые станции наблюдений и приборы следует эксплуатировать параллельно в течение по меньшей мере одного года, а лучше в течение двух лет или дольше, чтобы определить влияние измененных приборов или пунктов на климатологические данные.

регистратора данных, при этом период хранения данных должен быть достаточно длительным. Подобные перебои в передаче данных часто связаны с проблемами связи, а не с отказом самого датчика. В данном случае необходимы оперативные действия, поскольку регистраторы данных АМС или базы данных, расположенные до СУКД (где часто сначала хранятся данные, поступающие в НМГС), обычно сохраняют данные только в течение нескольких дней, прежде чем они будут перезаписаны. Следовательно, неспособность адекватно отслеживать эти процессы приводит к тому, что потери данных не обнаруживаются в течение некоторого времени, результатом чего может стать значительная потеря климатических данных.

- Любые проблемы с датчиками и потерей данных должны решаться как можно скорее и подлежать документированию, а пользователи данных должны быть оповещены о возникновении и устранении проблемы.
- Ответственность за расследование и исправление любых процессов, которые приводят к потере или повреждению данных, лежит на поставщике данных и/или ИТ-отделе, и для этого должны быть разработаны соответствующие внутренние протоколы.

2.4 **Требования, лежащие в основе адекватности практики управления климатическими данными**

- С точки зрения прослеживаемости данных важной является возможность проследить происхождение данных от датчика до архива. Это может быть достигнуто при сохранении записи исходных измерений, а также всех изменений, внесенных в данные.
- Флаги качества являются важным компонентом управления данными и используются для обеспечения меры уверенности в достоверности данных³ (тема флагов источника и качества более подробно рассматривается в [подразделе 3.4.5](#)).
- Процедуры КК должны быть подробно задокументированы и при необходимости доступны пользователям данных, предпочтительно в режиме онлайн.
- Любое изменение, внесенное в измеренные или наблюдаемые значения, должно быть помечено и документировано как часть метаданных, причем сохраняется как исходное, так и измененное значение.
- Обычно данные проходят через различные этапы обеспечения качества (как описано в [разделе 3](#)). Результаты испытаний КК на каждом этапе должны быть задокументированы, в том числе путем присвоения флага качества. Так, например, флаги качества могут быть присвоены данным в пункте наблюдения, при поглощении и после КК в отложенном режиме в рамках СУКД.
- Сомнительные/подозрительные значения, которые были изменены, не должны удаляться, а подлежат хранению вместе с оценкой их качества⁴.
- При получении измеренных/наблюдаемых данных их пользователи должны иметь доступ ко всей доступной информации о ее качестве (включая пояснения). Возможно проведение различия между пользователями НМГС, которым может

³ На момент написания настоящего документа не существует стандартного руководства ВМО по определению флагов качества данных, однако ожидается, что такое руководство будет разработано Организацией в ближайшем будущем.

⁴ Разумеется, НМГС обязаны обеспечить, чтобы ряд климатических данных, представляемый пользователям, соответствовал самым высоким стандартам и был способен надежно поддерживать климатическое обслуживание. Ошибочные значения не должны регистрироваться в публичной версии ряда данных, но должны быть доступны, если это потребуется для общественного запроса и/или для помощи в обнаружении и устранении проблем с измерениями или программным обеспечением.

потребуется чрезвычайно подробная информация, и внешними пользователями, которые, вероятно, будут заинтересованы только в доступе к данным, прошедшим соответствующую проверку качества.

- Метаданные наблюдений подкрепляют полученные данные, предоставляют информацию об их происхождении, содействуют в исследовании подозрительных данных и служат опорой при осуществлении гомогенизации. Таким образом хранение метаданных в течение как минимум срока жизни данных должно рассматриваться как обязательная практика. Беспрепятственная доступность таких метаданных для оператора КК и пользователей данных необычайно важна.

Примечания:

- 1) *Climate Data Management System Specifications* (Спецификации Системы управления климатическими данными) (WMO-No. 1131) содержат подробную информацию о соответствующей практике управления данными и качеством.
- 2) *Наставление по Глобальной структуре управления данными высокого качества по климату* (WMO-№ 1238), являющееся частью нормативных материалов ВМО, устанавливает стандарты и рекомендуемую практику управления климатическими данными.

2.5 Общие соображения при разработке системы контроля качества

2.5.1 Вопросы автоматизации

Процедуры КК могут применяться вручную, автоматически или полуавтоматически на каждом этапе жизненного цикла данных. Хотя детали таких процедур будут различаться между АМС, типичная последовательность подходов в рамках КК может содержать следующее:

- КК в пункте наблюдения. Например, наблюдателю, собирающемуся записать наблюдение в электронном виде, может быть предложено проверить предложенное значение, если алгоритмы предполагают, что это значение маловероятно. В случае наблюдений на АМС могут быть встроены различные автоматизированные проверки на основе подробных данных о частоте и результатах отбора проб и проверки диапазона;
- КК баз данных, расположенных до СУКД, с целью поддержки выпуска продукции в реальном времени;
- КК в точке поглощения в СУКД, который может автоматически исключить значения, не соответствующие расширенному диапазону или не проходящие иные проверки (при условии, что копия самого значения должна быть по-прежнему сохранена);
- КК внутри СУКД по окончании поглощения данных (ручного, полуавтоматизированного или автоматизированного).

Приведенное ниже обсуждение относится исключительно к КК данных в СУКД. Иногда это называют КК в *отложенном режиме*, поскольку КК может быть осуществлен через некоторое время после проведения наблюдения и поглощения данных. КК в отложенном режиме может включать ручные, автоматизированные или полуавтоматизированные проверки, или любую их комбинацию. Настоящий документ не дает конкретных рекомендаций относительно того, какие проверки являются оптимальными, поскольку это зависит от таких соображений, как характер данных, количество станций и доступные ресурсы КК (отмечая, однако, что проверки КК должны проводиться как можно скорее, чтобы в случае необходимости проверки значения, наблюдатель все еще помнил соответствующее событие).

Общий подход при осуществлении КК в отложенном режиме заключается в реализации проверок КК, присвоении флага качества, который должен являться частью метаданных наблюдений, и архивировании данных и метаданных вместе с

деталью любых исправлений как часть цепочки изменений. Как следует из названий, ручной КК относится к проверкам данных операторами КК. Как правило, он трудоемок, субъективен и в значительной степени зависит от знаний и опыта операторов КК. Ручные методы могут быть пригодны при небольшом количестве станций и отсутствии доступа к диагностическому программному обеспечению КК. С другой стороны, автоматизированный КК относится к процессу сканирования данных и присвоения флагов качества полностью автоматически, то есть без ручного вмешательства. Это самый быстрый способ обработки поступающих данных. Однако полностью автоматизированная проверка может иметь тенденцию отмечать слишком много или слишком мало потенциально подозрительных значений (ложных срабатываний) в зависимости от того, как установлены параметры проверки. Данный вид проверки также может отмечать некоторые подлинные экстремальные значения как подозрительные, что нежелательно, учитывая растущий научный интерес к изменениям экстремальных значений для мониторинга климата.

Полуавтоматизированные методы проверок представляют собой баланс между ручными и полностью автоматизированными методами. В этом случае данные подвергаются автоматизированной проверке по ряду критериев проверок, а значения, не прошедшие одну (или несколько) проверок, помечаются как подозрительные и подлежат последующему изучению вручную обученным персоналом отдела КК. Для осуществления корректной диагностики, является ли подозрительное значение ошибочным или нет, рекомендуется оснащение операторов КК легкодоступным набором инструментов, которые, как показывает опыт, полезны для диагностики ошибок. Такие инструменты могут облегчить использование дополнительных спутниковых и/или радиолокационных данных (для оценки ситуации с дождем/без дождя), а также данных радиозонда, и предоставить средства доступа к исходному сообщению (которое может оказаться закодированным некорректно). Прочие способы диагностики того, является ли подозрительное значение ошибочным или нет, включают нанесение значений на карту для проверки пространственной согласованности, нанесение временного ряда в границах одной станции и сравнение с данными на соседних станциях (в случае осадков этот тип проверки часто помогает выявить случаи, когда осадки были зарегистрированы в неправильный день или представляют собой накопленную общую сумму) и оценку данных по сравнению с результатами численного прогноза погоды (ЧПП) для аналогичного периода времени или местоположения.

Обратите внимание, что в случае высокочастотных данных, таких как субчасовые данные АМС, автоматизированные методы, вероятно, являются единственным реальным вариантом для осуществления КК, хотя даже в этом случае, по возможности, следует провести некоторую форму последующей проверки для выяснения, была ли ошибка программным сбоем или физическим событием, таким как лесной пожар или включение системы орошения.

Можно утверждать, что в будущем методы машинного обучения, включая подходы экспертных систем, могут привести к улучшению автоматизации КК. НМГС рекомендуется быть в курсе таких достижений в области науки о данных и их потенциального применения.

Еще один вопрос в рамках применения проверок КК: каким образом необходимо осуществлять проверки — параллельно или последовательно? Например, при проведении сравнений с соседними станциями может быть полезно сначала исключить из проверки все вероятные ошибочные станции.

Наконец, стоит упомянуть, что в случае наличия данных, переписанных в СУКД с бумажных форм, погрешности при вводе с клавиатуры, вероятно, являются значительным источником ошибок. Эти проблемы могут быть решены путем внедрения проверок при вводе для предупреждения оператора ввода с клавиатуры о возможном ошибочном значении. Если ресурсы НМГС это позволяют, двойной ввод с клавиатуры, как было показано, очень эффективен для уменьшения количества погрешностей при вводе. Двойной или многократный ввод с клавиатуры особенно рекомендуется при оцифровке исторических данных в рамках процесса спасения данных.

2.5.2 ***Разработка и внедрение системы контроля качества***

- В случае ручных или полуавтоматизированных систем настоятельно рекомендуются внедрение КК для новой переменной или выполнение модификации существующей системы КК в процессе разработки системы. Кроме этого рекомендуется, чтобы операторы КК, которые будут использовать систему, были вовлечены в фазы планирования и внедрения с самого начала. Это обеспечит соответствие системы, в которой операторам предстоит работать, реальной операционной среде, а также даст сотрудникам чувство сопричастности. Кроме того, операторы КК могут рекомендовать диагностические средства, которые они считают полезными. В дополнение рекомендуется, чтобы при разработке и/или внедрении компьютерной системы использовались гибкие методологии, при которых разработчики работали бы непосредственно с операционным персоналом КК для обсуждения, например, процессов принятия оперативных решений и недостатков системы.
 - Следует собирать и обновлять статистические данные по ошибкам и ложным срабатываниям (когда процедуры проверки отмечают значение как подозрительное, а затем подтверждают его достоверность). Они предоставляют информацию о системных ошибках, которая должна быть передана поставщикам данных, а также информацию, которая потенциально может помочь в тонкой настройке системы контроля качества и ее алгоритмов.
 - В продолжение предыдущего пункта следует регулярно оценивать эффективность системы КК, чтобы выяснить, какие способы проверок лучше всего срабатывают на конкретных типах данных и что может помочь в тонкой настройке системы.
-

3. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДАННЫХ

3.1 Обзор

ОК на протяжении жизненного цикла данных можно разбить на пять основных этапов, описанных ниже¹.

Этап 1: Наблюдение

Этот этап затрагивает аспекты качества данных, связанные с обеспечением надежности процесса наблюдения, включая обеспечение правильной настройки и работы станции наблюдений, как с персоналом, так и автоматизированной. Эти аспекты должны быть отражены в метаданных наблюдений, например, в характеристиках пункта наблюдения, метаданных прибора и метаданных, подтверждающих соблюдение спецификаций установки в этом пункте. Метаданные наблюдений должны также отражать процесс сбора данных, будь то автоматическое или ручное наблюдение, а также процессы регулярного обслуживания и технического мониторинга. Также могут быть предусмотрены проверки программного обеспечения, позволяющие узнать, обосновано ли представленное показание или нет, а также понять, не произошел ли сбой в работе прибора. При ручной записи на бумажных носителях процесс ОК должен подтвердить своевременное предоставление бумажных форм в НМГС.

Этап 2: Передача и поглощение данных

Этот этап включает в себя мониторинг качества данных, связанных с потоком данных между пунктом наблюдения и СУКД (также возможно наличие расположенных до СУКД баз данных, которые проводят собственную проверку качества). Проверка качества данных должна происходить в момент их электронного поглощения в СУКД (для выявления «невозможных значений»). При вводе данных при помощи клавиатуры следует предусмотреть дополнительные проверки, чтобы убедиться, что все было введено безошибочно. На этом этапе также необходимо проверить данные, которые ожидалось, но не были получены.

Этап 3: Управление базами климатических данных (в рамках СУКД)

Этот этап обычно включает в себя обширную область (централизованного) управления климатическими данными² после их поглощения в момент, когда происходит КК в отложенном режиме с использованием ручных, полуавтоматизированных или автоматизированных проверок контроля качества. Именно этот этап в первую очередь рассматривается в оставшейся части данного документа.

Этап 4: Финальное архивирование

Этот этап включает требования к финальному архивированию в СУКД, а также требования, связанные с архивированием бумажных записей в соответствующем хранилище.

¹ В этом документе «жизненный цикл данных» распространяется только до момента архивирования данных, тогда как в стандартном использовании жизненный цикл данных распространяется до момента утилизации данных.

² Значительно более подробную информацию о требованиях к управлению данными можно найти в [Climate Data Management System Specifications](#) (Спецификации Системы управления климатическими данными) (WMO-№. 1131).

Этап 5: Аварийное восстановление данных

Этот этап включает защиту данных от потери с помощью процессов, включающих, например, электронное резервное копирование и сканирование бумажных записей. Обратите внимание, что процессы восстановления должны быть предусмотрены и для промежуточных этапов.

3.2 Этап 1: Наблюдение

В этом разделе рассматриваются аспекты качества данных, связанные с наблюдением за метеорологическими элементами, а также с обеспечением правильной настройки и работы станций наблюдений, как с персоналом, так и автоматизированных.

3.2.1 Стандарты наблюдений

Поиск участка и решение об установке станции наблюдений в конкретном месте влияют на качество данных, получаемых в соответствии с требованиями к наблюдениям. Для климатических целей участок должен удовлетворять требованиям пользователей данных³ в течение как можно более длительного периода времени. Поэтому условия наблюдения должны оставаться практически неизменными в течение длительного периода времени. Участок также должен быть репрезентативным для метеорологических условий значительной территории.

Стандарты и руководство по метеорологическим наблюдениям представлены во многих публикациях ВМО, включая следующие:

- *Наставление по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1160)
- *Руководство по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1165)
- *Руководство по приборам и методам наблюдений* (ВМО-№ 8)
- *Руководство по климатологической практике* (ВМО-№ 100)
- *Стандарт метаданных ИГСНВ* (ВМО-№ 1192)
- *Сложности при переходе с традиционных метеорологических наблюдательных сетей на автоматические для длительных климатических наблюдений* (ВМО-№ 1202);

Ниже подробно описаны критические элементы соблюдения стандартов и практики с точки зрения КК и ОК в отношении климатических применений и обслуживания.

- Процессы, предшествующие развертыванию датчиков: датчики должны соответствовать установленным стандартам, охватывающим следующие области:
 - 1) спецификации по проверке оборудования от производителя;
 - 2) проверка НМГС или внешняя проверка датчика на соответствие стандартам, охватывающим ожидаемую климатологию (рекомендуется проведение испытаний датчика, воспроизводящих ожидаемый полевой диапазон параметра);
 - 3) стандарты ВМО в отношении датчиков;

³ Они будут многочисленными и разнообразными, и к данным для мониторинга изменения климата будут предъявляться более строгие требования по качеству, чем к данным для других целей. Однако во всех случаях целью является обеспечение максимально возможного качества ряда климатических данных.

- 4) калибровка.
- Процессы, предшествующие развертыванию АМС: АМС должны соответствовать установленным стандартам, охватывающим следующие области:
 - 1) документация и спецификации по кодированию для алгоритмов АМС (при наличии⁴), которые должны поддерживаться НМГС как часть метаданных наблюдений;
 - 2) испытательные полигоны и полевые эксперименты для обеспечения соответствия платформы АМС своему назначению (то есть проверка прочности, надежности и работоспособности) и соответствия стандартам НМГС и ВМО;
 - 3) мощность регистратора данных (которая зависит от возможностей НМГС по восстановлению данных);
 - 4) адекватные возможности коммуникации, электропитание и прочие условия для минимизации времени простоя.

Все существующие пункты наблюдений должны быть классифицированы в соответствии с *Руководством по приборам и методам наблюдений* (ВМО-№ 8) по каждому параметру, наблюдаемому на участке. Информация о классификации должна быть включена в метаданные наблюдений станции.

3.2.2 **Метаданные наблюдений**

Метаданные наблюдений подлежат документированию и хранению в системе метаданных НМГС в соответствии со стандартной практикой ВМО и НМГС (*Руководство по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО* (ВМО-№ 1165)) и *Стандарт метаданных ИГСНВ* (ВМО-№ 1192)).

В целях КК климатических данных рекомендуется, чтобы метаданные наблюдений содержали как можно больше информации представленных категорий:

- информация о пункте наблюдений и его расположении, включая:
 - широту, долготу и высоту;
 - съемку горизонта, если возможно (включая описание);
 - фотографии участка с севера, юга, востока и запада;
 - сведения о местной окружающей среде, а также обзор местности (полярная диаграмма), включая высоту расположения приборов и расстояние от приборов до деревьев, зданий и т. д.
- информация о приборе/датчике, включая:
 - серийный номер;
 - подробную информацию о проверке калибровки;
 - историю развертывания/работоспособности;
 - метод передачи данных и время наблюдения.

⁴ К сожалению, многие поставщики АМС не предоставляют доступ к алгоритмам датчиков.

Отсутствие адекватных, правильных и актуальных метаданных наблюдений может поставить под угрозу весь процесс управления качеством. Обратите внимание, что для осуществления оценки однородности эти метаданные должны регулярно обновляться и отражать любые изменения, такие как растущие деревья или изменения в землепользовании, которые могут повлиять на измерения.

3.2.3 **Контроль качества на уровне станции**

Этот раздел относится как к наблюдениям, производимым вручную, так и к автоматически генерируемым электронным наблюдениям с беспилотных станций.

Осуществление первого этапа КК на станции в реальном времени рассматривается в качестве значительного преимущества. Необработанные данные всех датчиков доступны в пункте наблюдений, а в случае станций с персоналом наблюдатели могут выполнить проверку согласованности с другими параметрами. Это позволит предотвратить попадание явно ошибочных данных в архив, а также их возможное включение в продукцию.

Ручные наблюдения

Все наблюдатели должны иметь стандартные инструкции по метеорологическим наблюдениям и следовать им. Эти инструкции являются неотъемлемой частью документации процесса и соблюдения требований. Если в эти инструкции будут внесены какие-либо изменения, наблюдатели должны быть проинформированы об этом надлежащим образом. Наблюдатели должны проходить переподготовку через регулярные промежутки времени. В идеале, в случае повреждения датчиков необходимо наличие запасных датчиков, что поспособствует сведению к минимуму отсутствие данных.

Записи, произведенные наблюдателями вручную, должны быть отправлены в центральный офис (обычно НМГС) сразу после окончания месяца. Станция должна хранить копии этих записей.

Для наблюдений, которые полностью или частично снимаются вручную, необходимо выполнить следующие проверки (контрольный список может поспособствовать обеспечению их систематического выполнения):

- проверка согласованности с другими ручными наблюдениями;
- проверка диапазона и ограничений по разумным климатологическим нормам;
- проверка согласованности с данными станции (исторические данные для соответствующей станции, включая экстремальные значения в прошлом);
- расчеты по наблюдениям (например, расчет относительной влажности);
- для объектов с персоналом — независимые проверки, проводимые ответственным сотрудником или другим наблюдателем.

Более подробная информация об упомянутых проверках представлена в [дополнении 1](#) и [дополнении 2](#).

Автоматически генерируемые наблюдения

Для полностью автоматически сгенерированных наблюдений (сгенерированных с помощью АМС) необходимо выполнить следующие проверки:

- проверки ограничений, накладываемых при поглощении в базу данных;

- проверки ограничений для определения того, являются ли наблюдения климатологически обоснованными;
- проверки согласованности с другими параметрами на станции (внутренняя согласованность).

Примеры перечисленных проверок приведены в [дополнении 1](#) и [дополнении 2](#).

В идеале результаты автоматизированных проверок качества должны храниться в виде флага качества, который передается в региональный или центральный офис вместе с соответствующим значением данных.

Для автоматически генерируемых электронных наблюдений с беспилотных станций рекомендуется, чтобы емкость регистратора данных была достаточной для хранения данных во время перебоев связи, а для критически важных участков целесообразно рассмотреть надежный метод восстановления данных (например, с помощью спутниковых наблюдений).

В случае технических проблем с датчиком, регистратором данных или АМС, системы должны автоматически генерировать «технические сигналы тревоги», которые могут быть проанализированы и приняты во внимание НМГС.

3.2.4 **Обслуживание**

Регулярное посещение всех станций необходимо для проверки состояния местности и, что еще более важно, для осуществления технического обслуживания, включая замену датчиков. Результаты этих посещений должны быть задокументированы.

При замене датчика на отдельной станции требуется повторная калибровка, а результаты калибровки должны быть включены в метаданные наблюдений.

В случае смены датчика в сети наблюдений необходимо провести параллельные измерения (текущим и новым датчиком) в течение как минимум одного года, а предпочтительно двух лет или более (см. [Руководство по климатологической практике](#) (ВМО-№ 100)) на всех затронутых станциях или, по крайней мере, на ряде опорных станций, представляющих диапазон климатических условий в сети, прежде чем вводить новый датчик во всю сеть⁵.

Результаты этих параллельных измерений должны быть задокументированы в метаданных наблюдений и, таким образом, находиться в доступе пользователей данных для дальнейшего анализа. Важно зарегистрировать точную дату смены датчика для каждого участка.

3.2.5 **Технический мониторинг**

Этот раздел относится как к полуавтоматизированным, так и к полностью автоматизированным станциям. Речь идет о полуавтоматизированных системах технического мониторинга, которые могут обнаруживать и, в определенной степени, вмешиваться в неисправности, связанные с датчиками, регистраторами данных и системами связи.

Ошибки в датчиках и регистраторах данных должны выявляться как можно скорее путем мониторинга технических параметров в режиме реального времени. Это снижает

⁵ Основная причина документирования параллельных измерений в течение двух лет, а не одного года, заключается в предоставлении дополнительных подтверждающих данных в случае, если первый год сравнения окажется климатически необычным.

вероятность отсутствия данных или того, что дефектные данные будут продолжать обрабатываться в течение длительного периода времени в ущерб временным рядам климатических данных и полученной климатической продукции.

При разработке механизмов обнаружения системы мониторинга операторам сетей наблюдения настоятельно рекомендуется учитывать следующее:

- Интеллектуальные датчики могут определить, правильно ли работает их источник питания, внутренний механизм калибровки или любая внутренняя система, например система подогрева. Если датчики обнаруживают какую-либо ошибочную операцию, соответствующие сигналы поступают в регистратор данных, а оттуда в программное обеспечение для мониторинга (центр управления) при получении данных. В идеале, если источник питания датчика, внутренний механизм калибровки или внутренняя система работают неправильно, эта информация должна быть видимой в виде флага качества, прикрепленного к измеренным значениям во время обработки сигнала в регистраторе данных, что могло бы обеспечить простоту обнаружения ошибочной операции.
- Возможен сбой в работе либо регистратора данных, либо устройства обработки данных на станции, либо обоих устройств. Это может быть идентифицировано в том случае, если измеренные значения больше не кодируются или получение данных со станции больше не происходит.
- Технический мониторинг передачи данных обеспечивает получение оперативной информации о возможных ошибках процесса. Эта информация закладывает базу для изучения пробелов в поступающих данных (между ожидаемыми и фактически полученными данными), что способствует пониманию того, почему определенные данные могут отсутствовать, и, следовательно, служит основой для начала процедур исправления. Обратите внимание, что такие сбои могут возникать в различных точках инфраструктуры данных НМГС.

Детали всех технических ошибок должны быть занесены в базу данных. База данных должна содержать, как минимум, следующую информацию:

- типы ошибок
 - датчик;
 - регистратор данных или АМС;
 - линия коммуникации;
- время начала ошибки;
- время окончания ошибки;
- меры, принятые для исправления ошибки (примечание: убедитесь, что меры описаны четко);
- информация о том, вызвала ли ошибка какие-либо пробелы в данных;
- кто обработал ошибку.

3.3 **Этап 2: Система передачи и поглощения данных**

В этом разделе рассматриваются вопросы качества данных, связанные с системой передачи данных из пункта наблюдения в (центральную) базу данных, включая поглощение.

3.3.1 **Ручной ввод с клавиатуры**

Многие НМГС получают бумажные копии записей станций, которые затем оцифровываются сотрудниками НМГС. В рамках процесса ОК/КК рекомендуется:

- в рамках стратегии спасения данных НМГС запись должна быть запечатлена, а изображение сохранено⁶;
- для смягчения последствий ошибок оцифровки следует использовать многократный ввод с клавиатуры (рекомендуется использование двойного ввода);
- идентификатор оператора должен быть прикреплен к оцифрованной записи в качестве метаданных. Это позволяет проводить проверку работы операторов и помогает в их обучении;
- дата и время оцифровки должны быть приложены к оцифрованной записи. Это позволяет проводить проверку любых изменений;
- для снижения частоты ошибок следует использовать КК на уровне оцифровки. Для оцифровки в СУКД алгоритмы контроля качества на уровне поглощения должны включать:
 - проверку диапазона и согласованности;
 - проверку отсутствия данных этой станции за аналогичный момент времени и аналогичную дату в базе данных для избежания повторов;
 - проверку метаданных, а именно соответствие названия и местоположения станции присвоенному ей номеру;
 - арифметическую проверку расчета параметров (например, расчет точки росы с использованием значений температуры сухого и смоченного термометров);
 - в случае совокупных переменных, таких как осадки и испарение, арифметическое суммирование ежедневных значений для обеспечения согласованности с зарегистрированной месячной суммой.

3.3.2 **Электронное поглощение данных**

Для КК на уровне поглощения рекомендуется ограничить проверки выявлением данных, которые при помощи проверки диапазона доменов могут быть статистически определены как явно ошибочные. В случае если при поглощении данных производится дополнительный анализ КК, рекомендуется пометить флагом любые подобные сомнительные данные для их оценки через систему КК в отложенном режиме в рамках НМГС (см. [раздел 3.4.1](#)).

Рекомендации:

- при поглощении данные и метаданные для всех параметров должны надежно декодироваться;
- программное обеспечение для КК поглощаемых данных должно быть независимым от программного обеспечения, используемого для поглощения данных (для уменьшения проблем, связанных с обновлениями и модернизацией);

⁶ Обратите внимание, что, как правило, бумажные документы также подлежат хранению за исключением случаев, когда национальный архивный орган страны дает юридически обязательные рекомендации об обратном.

- в случае аварийного восстановления данных необходимо наличие возможности повторного поглощения восстановленных данных, если это необходимо;
- программное обеспечение должно быть легко расширяемым для адаптации к новым типам, форматам и потокам данных;
- журналы регистрации ошибок должны составляться и использоваться для выявления потенциальных проблем с системой поглощения данных.

3.3.3 **Обнаружение системных ошибок**

Даже в полностью автоматизированной системе должны существовать соответствующие инструменты для обнаружения и анализа системных проблем сети. Кроме того, любые изменения в системе КК требуют проведения приемочных испытаний для пользователей, а также испытаний в операционной среде, причем как испытания, так и результаты должны быть полностью задокументированы. Также требуется полное испытание (от датчика до архива).

В идеале должен существовать процесс, в рамках которого выявленные проблемы с данными документируются и проводится анализ моделей ошибок. Если определенный тип ошибки обнаруживается неоднократно, это может указывать на наличие системной проблемы в точке наблюдения, в системе наблюдения, в программном обеспечении для поглощения данных или с участием операторов ручного ввода.

Системные проблемы сети для соответствующего параметра могут быть определены по более высокой, чем обычно, частоте данных, помеченных как «подозрительные».

3.4 **Этап 3: Контроль качества в рамках базы климатических данных**

В данном разделе рассматривается КК в рамках СУКД, включая правила, процедуры и проверки.

Определенные на сегодняшний день процессы проверки данных наблюдений, поступающих и поглощаемых в СУКД, обычно предназначены для выявления наиболее очевидных ошибок. Однако, прежде чем данные будут заархивированы как часть официального ряда климатических данных, необходимо проведение окончательной, всеобъемлющей оценки КК. Процессы КК различаются в зависимости от источника данных, измеряемого параметра и временного разрешения. В зависимости от структуры НМГС, КК может осуществляться центральным подразделением или на региональном уровне в соответствии с последовательным, четко определенным в рамках всей НМГС процессом. Важным моментом является то, что окончательный КК должен проводиться по единой процедуре с использованием последовательных инструментов и подходов, до наступления момента финального архивирования.

3.4.1 **Введение**

Описанные в данном разделе проверки КК рекомендованы для обеспечения всестороннего, хотя и не исчерпывающего, анализа данных, полученных в климатической базе данных. Они должны выполняться после поглощения данных, и поэтому часто называются КК в отложенном режиме⁷. Существует пять основных видов проверок.

- **Проверки ограничений** (проверки диапазона датчика проверяют, не выходят ли наблюдения за теоретические пределы датчика, а проверки домена определяют, является ли значение научно обоснованным).

⁷ Следует отметить, что некоторые из описанных видов проверок могут дополнительно проводиться и на других этапах жизненного цикла данных.

- **Проверки согласованности** (осуществляют проверку согласованности данных из двух или более источников и позволяет ответить на такие вопросы, как: превышают ли часы солнечного сияния максимально допустимые для данного времени года? превышает ли температура точки росы значение температуры смоченного термометра? есть ли несоответствие между трехчасовыми значениями и суточными максимальными/минимальными температурами? является ли выпадение осадков маловероятным, учитывая влажность, облака и т. д.?).
- **Эвристические проверки** (основываются на опыте и знании процессов наблюдения и приборов для проверки противоречивых или маловероятных значений, например проверки для идентификации того, высох ли батист смоченного термометра).
- **Проверки предоставления данных** (например, проверки, сравнивающие местное время с временем получения данных или проверки, исследующие наличие необоснованно больших разрывов между наблюдениями, и т. д.).

Статистические проверки (анализируют полученные данные в сравнении с историческими данными или закономерностями пространственной изменчивости для выявления противоречивых или маловероятных значений, например, проверка на плоскую линию или проверка на выброс; эта категория также включает проверки пространственной согласованности с помощью линейной регрессии или картирования и проверки временной согласованности).

Обзор этих проверок, включая рекомендации о необходимости рассмотрения данных проверок в качестве обязательных, рекомендуемых или факультативных, представлены в [дополнении 1](#). Более подробная информация об этих проверках содержится в [дополнении 2](#).

Конкретные параметры мониторинга качества (ПМК) используются для определения того, прошли ли исследуемые значения вышеуказанные проверки. ПМК — это числовое справочное значение, которое действует в качестве ограничения, часто как верхний или нижний предел. ПМК определяются для соответствующего метеорологического элемента/станции/месяца/типа проверки и могут быть сформированы статистически (например, более чем x стандартных отклонений от среднего значения). Значения, которые выходят за пределы диапазона ПМК для конкретной проверки, обычно считаются не прошедшими эту проверку и могут считаться подозрительными, по крайней мере, до тех пор, пока последующие исследования не смогут либо проверить эти значения, либо подтвердить, что они подозрительны или ошибочны.

Чувствительность проверки часто определяется тем, является ли она автоматизированной или полуавтоматизированной. Автоматизированные проверки КК могут привести к получению данных с меньшей достоверностью и либо переоценить количество ошибок, либо недооценить экстремальные значения⁸. Тем не менее автоматизированные проверки КК подходят для высокочастотных данных из-за ограниченных изменений значений в данных за короткие периоды времени и больших объемов данных для обработки в процессе проверок.

3.4.2 **Устранение различий между пунктами наблюдений**

При проведении проверок КК необходим учет различий между пунктами наблюдений. Это особенно важно для НГМС, которые функционируют в широком диапазоне климатических зон и высот.

Прибрежные станции, например, имеют значительно отличающиеся диапазоны некоторых переменных по сравнению с континентальными станциями, что может

⁸ Эту ситуацию можно улучшить различными способами, например, обеспечить большой объем проверочной выборки, провести многовариантную проверку (см. ниже) или использовать конкретные сценарные ситуации. В этом отношении может быть полезным применение методов машинного обучения.

повлиять на ожидаемое количество ложных ошибок при использовании одинаковых параметров проверки. Для НГМС, охватывающих различные климатические зоны, существует два основных подхода к решению проблемы различий между пунктами и изменения уровня ложных ошибок. Одним из вариантов является расчет ПМК и константы нормализации отдельно для каждой зоны. В качестве альтернативы одна система может быть использована в полуавтоматизированной процедуре с обученными операторами, используемыми для выявления ложных ошибок, связанных с сезонными колебаниями и известной разницей между пунктами.

Различия в высоте пункта наблюдений также могут повлиять на ожидаемое количество подозрительных данных при использовании одинаковых параметров проверки. Операторы контроля качества должны проверить, не находятся ли соседние станции на существенно разных высотах или в существенно разных условиях (например, станции на материке, когда станция-кандидат является береговой); в случае последнего использования, например, проверок на основе ближайшего соседа может оказаться нецелесообразным. Однако сравнение аномалий данных с климатическими нормами пунктов может решить проблему различий в высоте местности.

Длина ряда климатических данных может влиять на ПМК и, соответственно, на надежность применяемых проверок. Например, ПМК, подготовленные в пункте наблюдений, где записи ведутся на протяжении 30 лет, будут значительно более репрезентативными, чем ПМК, подготовленные в пункте, где записи ведутся только три года. При выполнении пространственного статистического анализа наличие относительно новых соседних станций с короткими рядами может привести к снижению эффективности проверки. Метаданные наблюдений помогут операторам определить длительность ряда и ожидаемую эффективность проверки. В качестве примера, при проверке диапазона для климатических данных, описанной в [дополнении 1](#) и [дополнении 2](#), осуществляется сравнение с экстремальными значениями местного ряда климатических данных, и поэтому ожидается, что пункт с коротким периодом записи без широкого диапазона экстремальных значений будет чаще давать предположительно ложные результаты.

Плотность сети наблюдений влияет на проверки контроля качества, использующие пространственную статистику, например проверки на пространственную изменчивость и пространственные проверки на основе картирования (см. [дополнение 1](#) и [дополнение 2](#)). Возможно, потребуется наложение ограничений на пространственные алгоритмы для сокращения расстояния от соседней станции до целевой до «разумного», которое будет определяться рядом факторов, включая климатическую зону, топографию, длину ряда и проверяемый параметр. На очень удаленных пунктах при очень разреженных сетях может потребоваться отметка первого дня месяца в качестве подозрительного с целью обеспечения ручной проверки на наличие ошибок. Для подтверждения любых подозрительных наблюдений могут потребоваться альтернативные методы и/или параметры. На примере наблюдений за осадками альтернативные методы могут включать использование спутниковых снимков, радиолокаторов, уровня рек или стока. Также возможен прямой контакт с наблюдателем для подтверждения снятого показания, предпочтительно в реальном или близком к реальному времени.

Для поддержки деятельности оператора КК могут быть использованы многовариантные проверки. Например, если общее количество осадков, зарегистрированных за определенный день, оценивается как «большое», эти данные могут сравниваться с данными почасовых наблюдений за осадками, данными о текущей и прошлой погоде, типах облаков, связанных с сильными осадками, данными о влажности, данными других приборов для измерения осадков (например, осадкомера или графиков интенсивности осадков), данными радиолокационных изображений, спутниковых снимков, численных прогнозов погоды, анализа последствий, сообщений СМИ и т. д. Разумеется, это предполагает, что альтернативные параметры и изображения легко доступны. Обратите внимание, что такие многовариантные подходы также потенциально могут помочь автоматизировать процесс КК.

3.4.3 **Работа с высокочастотными данными**

В настоящее время многие НМГС эксплуатируют АМС, предоставляющие данные с высоким временным разрешением (1 минута, 10 минут), которые передаются через короткие промежутки времени со станции наблюдения в головной офис. В дополнение к автоматизированному КК, который осуществляется непосредственно на станции в центральном процессоре АМС, существует возможность дальнейшего контроля качества данных в режиме реального времени в СУКД. Этот дополнительный КК помогает избежать серьезных ошибок в полученных ежедневных или ежемесячных значениях ряда климатических данных, поскольку данные высокого разрешения, на основе которых получены ежедневные или ежемесячные значения, уже были помечены флагом и/или исправлены.

В целях отслеживания исходные высокочастотные данные необходимо хранить, что требует сложных систем хранения и моделей данных (или, по крайней мере, журнала внесенных изменений). КК высокочастотных данных требует больших затрат времени. В связи с этим некоторые НМГС предпочитают проводить КК практически в режиме реального времени на основе полученных почасовых значений: высокочастотные данные рассматриваются более тщательно только в том случае, если почасовые значения кажутся сомнительными. Тем не менее обратите внимание на целесообразность включения проверки на выброс или на плоскую линию, поскольку выбросы, например, могут быть отражены в почасовых значениях неадекватно.

В случаях, когда это возможно, рекомендуется использовать автоматизированный процесс КК для всех параметров высокочастотных данных, а проверка КК должна включать:

- проверки согласованности;
- проверки на выброс;
- проверки на резкие изменения;
- проверки на плоскую линию;
- проверки домена.

Риски, связанные с полностью автоматизированными проверками, описанные в [разделе 2.5](#), могут быть минимизированы с помощью многовариантного анализа.

Ретроспективный КК в контексте высокочастотных данных

В некоторых случаях значительное и неожиданное изменение параметра высокочастотных данных, например, выброс данных, потребует дальнейшего исследования для оценки более широкого контекста внезапного изменения. Событие может быть, например, вызвано реальным суровым погодным явлением или локальным явлением, таким как микровзрыв, неметеорологическим событием, таким как близлежащий лесной пожар, или выбросом, вызванным внутренним скачком напряжения.

Контекст события оценивается с помощью многовариантного анализа для подтверждения, является ли событие репрезентативным для метеорологических условий в определенный момент времени или вызвано какой-либо другой причиной.

3.4.4 **Контроль качества с добавленной стоимостью**

КК с добавленной стоимостью может принимать различные формы, включая оценку замещающих значений в случае недостающих или ошибочных значений⁹. Однако рассмотрение таких методов выходит за рамки данного документа.

Гомогенизация также может рассматриваться как форма добавления стоимости. Она включает в себя корректировку рядов климатических данных (когда это необходимо) для устранения влияния неклиматических факторов (например, переноса станций), чтобы результирующие данные отражали несмещенные изменения, обусловленные реальными климатическими процессами. Очень важно, чтобы процесс КК или ОК обеспечивал достаточное количество надежных метаданных для поддержки гомогенизации данных.

Guidelines on Homogenization (Руководящие принципы по гомогенизации) (WMO-№. 1245) содержит рекомендации по решению проблем гомогенизации. В процессе гомогенизации как правило реализуются четыре основных этапа.

- Анализ метаданных наблюдений: на этом этапе происходит поиск изменений в измерениях и проверка того, какие процедуры КК были осуществлены.
- Создание опорного временного ряда: как правило, опорный временной ряд создается с помощью средневзвешенного значения соседних станций (по окончании КК), но другие методы, такие как метод главных компонент, также могут оказаться полезными.
- Обнаружение точки излома: этот шаг включает в себя поиск неоднородностей путем наблюдения за расхождениями между опорным временным рядом и рассматриваемым временным рядом.
- Корректировка данных: на этом этапе принимается решение о том, какие точки излома будут рассмотрены в качестве неоднородностей, путем сравнения с имеющимися метаданными и использования экспертной оценки. Затем оцененные разрывы в данных корректируются для соответствия условиям последнего однородного участка.

Для поддержки прослеживаемости и достоверности данных важно документировать каждую корректировку, внесенную в данные, и всегда сохранять исходные данные.

3.4.5 **Флаги источника и качества**

Хотя на момент публикации данного документа общее руководство ВМО по маркировке КК не существует, в целях прослеживаемости НМГС необходимо принять определенную форму маркировки показателей качества для отслеживания происхождения и источника данных. Некоторые предложения приведены ниже.

Флаги источника идентифицируют тип источника наблюдения. Например, они проводят различие между ручными и автоматизированными наблюдениями или между наблюдениями, полученными от НМГС, и наблюдениями из внешних источников (которые могут практиковать различные методы наблюдений и иметь особые требования к полноте метаданных). Флаги источника также могут использоваться для сравнения одного и того же наблюдения, полученного разными методами, например, суточные осадки, отправленные в электронном виде и зарегистрированные на бумажном носителе. Эти значения не всегда совпадают, и в таких случаях они требуют дальнейшего изучения. Флаги источника также могут использоваться для сравнения значений, полученных от совместно расположенных приборов, например, суточных значений осадков,

⁹ Этот тип замены особенно предпочтителен вместо простого указания «данные отсутствуют» в случае осадков, когда одно отсутствующее значение может привести к недействительности суммы за весь месяц/год.

когда доступны как ручные наблюдения за осадками, так и показания автоматических дождемеров, а также значений, полученных посредством сторонних наблюдений, таких как датчики предупреждения о наводнениях.

Флаги качества дают качественное представление об уровне уверенности в данных. Эти флаги должны быть выделены из любого автоматизированного метода КК, используемого на станции (АМС, регистратор данных и т. д.), во время процесса поглощения/ввода с клавиатуры (который сам по себе может включать один или несколько этапов, как описано выше), а также во время КК в отложенном режиме. Типичные флаги качества должны указывать, проводился ли контроль качества репера, и если да, был ли он оценен как достоверный, подозрительный, сомнительный или ошибочный или нет, а также был ли он оценен или исправлен в целом.

Одним из примеров условий, в которых использование флага качества будет необходимо, может быть ситуация, когда значение максимального термометра, снятое на станции вручную, не соответствует соседним, и оператор КК подозревает ошибку считывания. В этом случае может быть целесообразно пометить данные как грубую оценку или, в более экстремальных обстоятельствах, как подозрительное или неверное значение.

Флаги КК могут также отсылать к конкретному типу применяемого метода КК: КК при вводе, автоматизированному КК и автоматизированной маркировке данных, полуавтоматизированному КК с многовариантным анализом оператора и т. д.

Выделенные значения флагов, а также любые произведенные в них изменения должны сохраняться в журнале изменений, и эти изменения должны быть доступны для ручного анализа или проверки.

Принятая модель маркировки не должна быть сложной. Вместо одного большого списка флагов, который охватывает все возможные сценарии метаданных, рекомендуется использовать ряд подмножеств флагов для обозначения различных аспектов метаданных.

Количество усилий, затраченных на планирование системы флагов качества, будет определять, насколько устойчива система будет в будущем. Система маркировки должна быть достаточно гибкой, чтобы учитывать будущие изменения в технологиях, сетях и т. д. Система маркировки, включающая подмножества флагов, имеет ряд преимуществ, некоторые из которых приведены ниже.

- При необходимости подмножество флагов может быть расширено. Например, дополнительный флаг может быть добавлен к существующему подмножеству для указания нового источника данных, а дополнительное подмножество может быть добавлено для описания качества инструментального воздействия или конкретного КК, уже выполненного внешним поставщиком данных.
- Ретроспективные КК могут проводиться по мере совершенствования системы КК.

В *Руководстве по приборам и методам наблюдений* (ВМО-№ 8) приводятся примеры типов флагов качества. Хотя данный документ не содержит исчерпывающего списка, он, тем не менее, представляет собой общее руководство. Типы флагов качества включают:

- код типа данных;
- код метода сбора;
- код этапа валидации.

Флаги качества позволяют отслеживать цепочки изменений и происхождение данных: были ли внесены изменения в данные, кем, как и почему. Они также облегчают мониторинг работы и подотчетности операторов КК. Например, если для конкретного оператора была выявлена проблема обучения, то с помощью флагов качества можно восстановить все исправления, примененные этим оператором, которые относятся к этой конкретной

проблеме обучения, восстановить исходные данные и повторно их обработать. Все решения, принимаемые в отношении отнесения данных к подозрительным, должны быть научно обоснованы. Если оператор не может обоснованно и уверенно принять решение, рекомендуется сохранить данные как есть.

Использование флагов качества является обязательным компонентом КК. Они обеспечивают уровень гарантии качества для пользователей данных, а также запись об источниках данных и результатах процесса КК. Это гарантирует, что подозрительные или ошибочные данные не удаляются, а помечаются (как упоминалось ранее, хотя подозрительные или ошибочные данные и сохраняются, они не должны включаться в ряд климатических данных, обращенный к пользователю). Это дает пользователям данных возможность выбирать уровень качества данных, соответствующий их потребностям.

Данные из источников, не относящихся к НМГС

Данные, хранящиеся в НМГС, могут быть собраны внешними сетями и принадлежать им. Они могут отличаться по качеству из-за различий в практике наблюдений и/или объема доступных метаданных наблюдений. По этой причине данные могут быть отнесены к определенному классу сетей, либо управляемых НМГС, либо управляемых внешними сторонами. Поскольку качество данных (и метаданных) может варьироваться в зависимости от их источника, рекомендуется использовать соответствующие флаги (или другие средства дифференциации) для указания источника и документирования того, какая обработка, если таковая имела место, была применена (включая, например, факт наличия пройденного контроля качества данных их поставщиком). Более подробное руководство по управлению данными, полученными из внешних источников, можно найти в [Наставлении по Глобальной структуре управления данными высокого качества по климату](#) (ВМО-№ 1238).

3.4.6 Перспективы контроля качества

Описанные выше процессы КК в основном основаны на алгоритмах, использующих наземные данные, и ручной проверке этих данных оператором с использованием спутниковых и радиолокационных данных и продукции, а также другой информации и инструментов.

Будущие процессы КК имеют потенциал для интеграции этих типов данных дистанционного зондирования, а также любых производных продуктов непосредственно в алгоритмы проверки в рамках усилий по повышению автоматизации. На основе данных дистанционного зондирования может быть возможна полная автоматическая проверка следующих параметров, в частности, для районов, где станции наблюдения распределены неравномерно и пространственные сравнения с другими наземными станциями невозможны:

- солнечная радиация;
- облачный покров;
- снежный покров;
- температура (среднесуточная);
- осадки (суточная сумма).

Продукция ЧПП (например, поля нулевого приближения) потенциально может предоставить ценную информацию для контроля измеренных или наблюдаемых данных во времени, близком к реальному, для обнаружения и быстрого исправления ошибочных данных. Прогнозы погоды для конкретной местности могут быть использованы для определения исторической разницы (аномалии) между прогнозируемыми и

наблюдаемыми значениями. Если разница между прогнозом и наблюдением больше определенного порога, наблюдение может быть помечено как подозрительное. Преимущество этого подхода заключается в том, что величина различий обычно невелика, и, следовательно, пороговое значение, при превышении которого наблюдение считается подозрительным, может быть определено достаточно жестко. Недостатком этого подхода является то, что если прогноз неверен, то правильное наблюдение может быть помечено как подозрительное. Аналогичным образом, технологии реанализа могут помочь в обнаружении аномалий, вызванных подозрительными данными.

Необходимо также отслеживать достижения в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), такие как машинное обучение и подходы экспертных систем, учитывая их потенциал для оказания помощи в автоматизации ОК или КК.

3.5 **Этап 4: Финальное архивирование**

При использовании электронных архивов на этапе финального архивирования важно убедиться, что:

- данные, подлежащие архивированию, сопровождаются полной цепочкой изменений и/или отдельными версиями данных после проведения КК и любого добавления стоимости;
- оригинальное электронное сообщение сохраняется и может быть легко извлечено вместе со значением наблюдения и метаданными;
- при необходимости имеется возможность извлечения истории происхождения, указывающей на все изменения, внесенные в данные;
- данные соответствуют назначению, то есть пригодны для климатических применений;
- качество данных известно, проведенные проверки качества были должным образом задокументированы, флаги качества присвоены (для общественного доверия к процессу КК может быть полезно наличие «информационного бюллетеня» с описанием проведенных проверок);
- соответствующие процедуры управления применены таким образом, что данные не могут быть изменены без надлежащего разрешения.

Примечание: изменения после архивации могут возникнуть, например, если пользователь обнаружит явную ошибку в данных, или если впоследствии методология КК изменится, и данные будут ретроактивно проверены с использованием новых методов.

Для того чтобы финальные архивы оставались доступными бессрочно, необходима регулярная смена технологий.

Для хранения бумажных копий система управления записями должна обладать контролируемой средой, в которой:

- не используются материалы для хранения, содержащие кислоты;
- имеется защита от пожаров и наводнений;
- нет вредителей;
- содержится полная опись хранящихся записей;
- соблюдаются процедуры соответствующего обращения;

- обеспечивается сохранность всех записей;
- гарантируется должный уровень безопасности.

Для более подробного обсуждения вопросов, связанных с управлением бумажными записями, обратитесь к [Руководящим принципам по наилучшим практикам спасения климатических данных](#) (ВМО-№ 1182).

3.6 **Этап 5: Аварийное восстановление данных**

Этап аварийного восстановления включает в себя обеспечение возможности восстановления данных в случае катастрофы, которая приводит к полной или частичной потере или повреждению данных. Для баз данных или электронных данных это включает обеспечение наличия нескольких копий данных и резервных копий за пределами участка наблюдений, а также планы по обеспечению эффективного и полного восстановления архива из этих резервных источников. [Наставление по Глобальной структуре управления данными высокого качества по климату](#) (ВМО-№ 1238) содержит более подробную информацию о требованиях к обеспечению безопасности и возможности восстановления климатических рядов НМГС. В случае бумажных записей эти требования включают соответствующее хранение и гарантию безопасности (см. выше). Настоятельно рекомендуется подвергать все бумажные документы визуализации и оцифровке.

4. **РОЛЬ МЕНЕДЖЕРА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА**

Учитывая растущее значение надежных и достоверных климатических данных, а также то, что каждая НМГС имеет свои собственные процедуры и структуры, управление процессом обеспечения качества является несомненно важным. Поэтому настоятельно рекомендуется, чтобы в каждой НМГС был назначен менеджер по ОК данных, ответственный за обеспечение надлежащего соблюдения всех аспектов процесса ОК и КК климатических данных, а также за надлежащее выявление и решение любых возникающих проблем. Руководитель ОК данных должен знать детали процесса (процессов) на протяжении всего жизненного цикла данных и иметь представление о состоянии процесса ОК в рамках НМГС, даже если разнообразные задачи ОК и КК в рамках НМГС распределены по различным организационным областям. Менеджеры по ОК должны регулярно обмениваться опытом на международном уровне и стараться быть в курсе новых научных разработок, имеющих отношение к КК и ОК. В идеале процессы в области ОК и КК должны быть направлены на соответствие признанному стандарту ИСО, так как это обеспечит дополнительную уверенность в этих процессах и в том, что уровень соответствия признанным стандартам качества соблюдается.

Далее описаны рекомендуемые обязанности менеджера по ОК данных по обеспечению качества записей, передачи и архивирования данных. Эти задачи могут выполняться различными подразделениями НМГС или внешними сторонами, но менеджер по ОК данных должен убедиться, что они выполняются таким образом, чтобы целостность ряда климатических данных не нарушалась. Для обеспечения информированного процесса контроля качества менеджеру по ОК должны быть доступны метаданные наблюдений и документация по соответствующим процедурам.

Обязанности:

- Менеджер по ОК данных должен убедиться в том, что технология приборов соответствует назначению путем:
 - обеспечения надлежащего тестирования приборов с документированием эксплуатационных и приемочных испытаний до начала полевых испытаний;
 - проведения параллельных полевых испытаний. Для приборов, заменяющих более старую технологию, необходимо проводить параллельные полевые испытания в течение как минимум одного года (но по возможности — двух или более лет), чтобы надлежащим образом оценить разницу в производительности приборов. В идеале это должно быть сделано до ввода новых приборов в эксплуатацию, чтобы убедиться, что они надежны и стабильно работают в пределах установленных допусков;
 - необходимо обеспечение сохранения результатов параллельных полевых испытаний и предоставление их пользователям данных и клиентам по запросу;
 - необходимо обеспечение оперативного размещения прибора в соответствии со спецификациями ВМО или страны, включая проведение проверки калибровки прибора на соответствие стандарту (где это применимо) до ввода в эксплуатацию.
- Для приборов, уже находящихся в эксплуатации, менеджер по ОК данных должен:
 - обеспечивать соответствие выходных сигналов приборов допустимым значениям с помощью программы регулярных проверок;
 - убедиться, что наблюдения проводятся через требуемые промежутки времени;
 - регулярно документировать и контролировать размещение приборов на участке, отмечая любые значительные изменения, которые повлияют на качество данных (эта информация передается в систему метаданных наблюдений НМГС);

- убедиться, что плановое техническое обслуживание запланировано и проводится.
- Для наблюдений, записанных вручную, менеджер по ОК данных должен:
 - если наблюдения записываются вручную в журнал полевых наблюдений станции (запись наблюдений), обеспечить, чтобы журналы полевых наблюдений¹ проверялись на точность персоналом станции; в пунктах, где работает более одного наблюдателя, эта обязанность обычно возлагается на сотрудника, ответственного за станцию;
 - осуществлять запись метаданных, относящихся к любым проблемам с приборами или качеством данных, в журнал полевых наблюдений или другую подобную запись наблюдений;
 - насколько это практически возможно, обеспечить, чтобы наблюдатели и сети наблюдений использовали стандартную практику и процедуры (т. е. последовательную практику и методы наблюдения), и чтобы рекомендации по любым необходимым изменениям в процедурах наблюдения широко распространялись и документировались;
 - осуществлять проверку прохождения повторного обучения и проведения обучения новых наблюдателей при назначении.
- В отношении ввода и архивирования данных менеджер по ОК данных должен:
 - обеспечивать наличие адекватных метаданных и журнала изменений данных;
 - обеспечивать обратную связь с пунктом и/или поставщиком наблюдений в отношении системных проблем качества наблюдений в рамках процессов;
 - обеспечивать проведение проверок потока данных, решая такие потенциальные проблемы, как: ожидаемые, но не полученные данные, повреждение данных, проблемы с временной маркировкой и т. д. (менеджер по ОК данных должен поддерживать постоянную связь с персоналом ИКТ НМГС);
 - обеспечивать наличие эффективных процедур восстановления данных;
 - обеспечивать наличие, документирование и полное понимание процедур резервного копирования и аварийного восстановления (опять же, необходимо поддержание тесной связи с сотрудниками ИКТ НМГС);
 - обеспечивать оцифровку и, по возможности, съемку бумажных копий полученных данных, а также архивирование бумажных записей.
- В отношении ввода и архивирования данных менеджер по ОК данных должен:
 - убедиться, что операторы КК полностью понимают и способны выполнять процедуры КК НМГС (для обеспечения стабильно высоких стандартов КК предлагается проводить периодические аудиты для проверки того, насколько операторы КК придерживаются стандартных и последовательных процессов);
 - обеспечивать полное, непрерывное и своевременное выполнение всех процедур и проверок КК;
 - обеспечивать корректную запись информации о качестве как части метаданных;

¹ Это в особенности относится к наблюдениям, записанным на бумажных бланках. На станциях, где данные ручных наблюдений вводятся в электронную систему, также следует применять тот или иной вид проверки.

- обеспечивать маркировку всех данных в соответствии с процедурами маркировки НМГС;
 - обеспечивать актуальность и доступность всей процедурной документации.
-

ДОПОЛНЕНИЕ 1. ПРОВЕРКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА: ОБЗОР

В данном дополнении приводится неисчерпывающий общий обзор типов проверок ОК и КК, которые могут применяться для ОК и КК климатических данных, наряду с предлагаемой оценкой их относительной важности. Данные проверки значительно более подробно описаны в [дополнении 2](#).

Таблица. Отдельные виды проверок по обеспечению качества и контролю качества и их предполагаемая важность

Условные обозначения: О = обязательно; Р = рекомендуется; Н = необязательно

Проверки ограничений: вид проверок, обеспечивающих техническую и научную правдоподобность наблюдений на основе теоретических и климатологических ограничений, технических характеристик оборудования датчиков или ограничений базы данных на ввод данных.

Название проверки	Краткое описание	Примечания	Предполагаемая важность
Проверка диапазона датчика	Обнаружение наблюдений, выходящих за пределы теоретических ограничений или технических характеристик оборудования датчика		О
Проверка диапазона базы данных	Обнаружение значений, которые находятся вне диапазона критериев занесения для системы хранения данных	Данный вид проверки проводится в процессе поступления данных в систему хранения	О
Проверка домена	Определение того, находится ли метеорологическое значение в пределах научной допустимости, например, $T > 70\text{ }^{\circ}\text{C}$		О

Проверки согласованности: вид проверок, использующих сравнение с другими параметрами для обеспечения того, чтобы противоречивые, маловероятные или невозможные комбинации были либо отклонены, либо помечены как подозрительные. Затем в ходе ручной проверки появляется возможность оценить достоверность подозрительных значений.

Название проверки	Краткое описание	Примечания	Предполагаемая важность
Проверка значений для наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки	Эта проверка проводится для определения наличия согласованности между значениями, зарегистрированными при наблюдениях, производимых чаще одного раза в сутки, например, трехчасовых наблюдений и суточных значений		О
Проверка суточного минимума в сравнении с суточным минимумом температуры грунта	Сравнение суточного минимума и суточной минимальной температуры грунта		Н

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Почасовая проверка разницы между ДСУМ и ДУС	Проверки для определения наличия значительного изменения в разнице между давлением, приведенным к среднему уровню моря (ДСУМ), и давлением на уровне станции (ДУС) в течение двух последовательных записей	Данный вид проверки может быть реализован с использованием почасовых, трехчасовых и т. д. наблюдений	Н
Сравнительная проверка данных по осадкам из нескольких источников	Проверка соответствия данных из одного источника данным из другого источника	Источниками данных могут быть различные приборы или один и тот же прибор с разными путями связи	Р
Пространственная проверка на нулевое количество осадков	Проверка случаев, когда значительные осадки регистрируются на одном участке, но не регистрируются на соседних участках, и наоборот. Обратите внимание, что может потребоваться опыт операторов КК, чтобы убедиться, что соседние сравниваемые станции достаточно репрезентативны для климата в данной местности	Как правило, это указывает на то, что осадки были зарегистрированы в неверный день или что значение является суммарным количеством осадков	О
Проверка на достаточное количество соседей	Проверка наличия достаточного количества станций в пределах разумного расстояния от станции-кандидата для проведения пространственных проверок	Данный вид проверки обычно выполняется в первый день месяца и в отношении данных об осадках	Р
Проверка периода выпадения осадков	Проверка на перекрытие и неполное перекрытие суммарного количества осадков (проверка несоответствия значения периода записи с фактическими датами сообщений о нулевом количестве осадков)	Разработана для данных об осадках	Р
Проверка отслеживания	Проверка факта одновременного роста и снижения двух или более элементов или событий одного и того же элемента на двух соседних станциях	Ожидается, что два элемента будут расти и снижаться вместе. Эта проверка является очень эффективным средством для определения необходимости отклонять значения или помечать их как подозрительные	Р
Проверка согласованности максимальной (минимальной) температуры воздуха	Проверка согласованности между ежедневной максимальной (минимальной) температурой воздуха и наблюдениями, производимыми чаще одного раза в сутки	Является продолжением вышеупомянутых проверок значений наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки	Р

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Астрономическая проверка солнечного времени	Определяет разницу между продолжительностью солнечного сияния и расчетной длиной дня		О
Проверка согласованности между температурой воздуха и температурой смоченного термометра	Сравнивает температуру воздуха с температурой смоченного термометра		О
Проверка согласованности смоченного термометра и точки росы	Определение разницы между температурой смоченного термометра и температурой точки росы	Проверка считается неудачной, если разница меньше 0. Используется при ручных наблюдениях	Н
Проверка смоченного термометра и точки росы	Температура смоченного термометра проверяется в сравнении с температурой точки росы путем пересчета температуры точки росы из температуры воздуха смоченного термометра	Используется при ручных наблюдениях	Н
Проверка согласованности температуры точки росы	Проверка того, является ли значение температуры точки росы меньшим или равным температуре воздуха		Р
Проверка согласованности видимости	Проверки на соответствие видимости коду текущей погоды на фоне флагов явлений (туман, песчаная буря, дымка, пыльная буря)	Горизонтальная видимость. Используется при ручных наблюдениях	Р
Проверка согласованности общего количества облаков	Проверки согласованности общего количества облаков по различным элементам	Используется при ручных наблюдениях	Р
Проверка флага ежедневных явлений	Проверка согласованности флагов ежедневных явлений с кодами в таблицах значений наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки, и другими различными ежедневными элементами		Р
Проверка согласованности текущей погоды	Проверка согласованности кодов текущей погоды в таблицах значений наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки, с другими различными ежедневными элементами		Р
Проверка температуры почвы	Проверка согласованности температуры почвы на различной глубине		Р
Проверка согласованности сообщений	Проверка сообщений на содержание одного и того же значения для соответствующего параметра, если для одного и того же наблюдения получено несколько сообщений	Применяется ко всем параметрам	О

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Проверка максимума - минимума одноминутных данных	Сравнение сообщенной максимальной или минимальной температуры с соответствующим одноминутным значением в момент максимальной или минимальной температуры, чтобы убедиться, что значения совпадают	Дневной максимум, дневной минимум	P

Эвристические проверки: вид проверок, которые основываются на опыте и знании процессов наблюдения, методов и инструментов для выявления противоречивых, маловероятных или невозможных значений для их дальнейшей пометки как подозрительные. Затем в ходе ручной проверки появляется возможность оценить достоверность подозрительных значений.

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Проверка относительной влажности по сухому – смоченному термометру	Проверка для определения того, высох ли батист смоченного термометра		P

Проверка предоставления данных: проверки, гарантирующие, что наблюдения, не соответствующие ожидаемому графику наблюдений, либо отклонены, либо помечены как подозрительные.

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Наблюдение, полученное в результате будущей проверки	Сравнение времени наблюдения по местным часам со временем получения наблюдения		P
Проверка на разрывы между периодами	Определение соответствия периодов имеющимся записям	Применяется к ежедневным наблюдениям	O
Проверка на длительный период	Определение, являются ли периоды чрезмерно длинными (множество дней) или меньше одного дня	Применяется к ежедневным записям	P
Проверка на пересечение с будущим периодом	Проверка для выявления случаев, когда наблюдение отправляется с опозданием и после получения наблюдения за последующий день, для обеспечения согласованности в отчетном периоде наблюдения		P
Проверка на пересмотр	Проверка изменений в значениях наблюдения, периоде или флаге качества с момента последнего обновления	Применяется ко всем параметрам	P

Статистические проверки: вид проверок, которые статистически анализируют исторические данные для выявления противоречивых, маловероятных или невозможных записей и помечают их как подозрительные. Затем в ходе ручной проверки появляется возможность оценить достоверность подозрительных значений.

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Проверка климатического диапазона	Сравнение метеорологического значения наблюдения с климатологическими верхним и нижним экстремальными значениями	Пороговые значения могут быть рассчитаны с учетом сезонных колебаний в наблюдениях	О
Проверка на плоскую линию	Проверка продолжительности ряда одинаковых метеорологических значений, а именно проверка факта изменения параметра с течением времени в маловероятной степени		Р
Проверка на резкие изменения	Проверка того факта, что разница между предыдущим и текущим наблюдением не превышает разумного порога		Р
Проверка на выброс	Сравнение полученного метеорологического наблюдения с предыдущим и последующим значениями	Аналогично проверке на резкие изменения, однако проверка на выброс отслеживает маловероятный подъем, затем падение (или падение, затем подъем)	Р
Проверка частотности (округлений)	Проверка случаев чрезмерного округления значения	Применяется к ручным наблюдениям, когда оператор округляет, а не интерполирует значения	Н
Проверка на пространственную изменчивость	Ежедневная климатология, сравнивающая различия между станцией, представляющей интерес, и близлежащими станциями		Н

<i>Название проверки</i>	<i>Краткое описание</i>	<i>Примечания</i>	<i>Предполагаемая важность</i>
Пространственная проверка на основе картирования	Сравнение метеорологического значения с окружающими значениями данных с использованием метода картографического анализа, например анализа Барнса	Пространственная проверка на основе картирования, используемая для взвешивания значения от близлежащих станций для оценки значения в месте расположения станции-кандидата. В качестве альтернативы оператор КК визуально оценивает вероятность значения в подозрительном месте по сравнению со значениями на окружающих станциях, как показано на карте, включающей топографию	Р
Пространственная проверка с применением линейной регрессии	Сравнение метеорологического значения с окружающими значениями данных с использованием линейной регрессии		Н
Проверка на пространственную изменчивость с применением линейной регрессии	Для расчета пределов проверки используется изменчивость соседних станций, а не стандартные оценки ошибки	Вариация пространственной проверки с применением линейной регрессии и проверки на пространственную изменчивость	Н
Многодневная проверка с применением линейной регрессии	Сравнение климатологических различий между интересующей станцией и близлежащими станциями за многодневный период	Аналогична пространственной проверке с применением линейной регрессии, но применяется к нескольким дням	Р
Проверка максимума/минимума	Проверка реалистичности разницы между максимальной и минимальной температурами (то есть больше, чем/равна нулю и меньше верхнего предела)	Верхний предел определяется на основе климатологии с использованием данных минимум за 5 лет (предпочтительно за 30 лет)	Р

34 РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО КОНТРОЛЮ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ДАННЫХ СТАНЦИЙ
ПРИЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Источники: «QMS Test Specification» (Спецификация проверок СМК) (Бюро метеорологии, Австралия (внутренний документ)), *Climate Data Management System Specifications* (Спецификации Системы управления климатическими данными) (WMO No. 1131), *Руководство по климатологической практике* (WMO-№ 100).

ДОПОЛНЕНИЕ 2. ПРОВЕРКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА: ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1 Проверки ограничений

Вид проверок, обеспечивающих техническую и научную правдоподобность наблюдений на основе теоретических и климатологических ограничений, технических характеристик оборудования датчиков или ограничений базы данных на ввод данных.

1.1. Проверка диапазона датчика

Краткое описание: обнаружение наблюдений, выходящих за пределы теоретических ограничений или технических характеристик оборудования датчика.

Параметры, к которым применяется проверка: температура, влажность, барометрическое давление, ветер.

Подробное описание: для автоматизированных наблюдений проверка диапазона датчика обычно выполняется на станции. Пределы часто устанавливаются производителем, часто с участием НМГС. Датчик производит измерения с интервалом в одну секунду, и, если значение превышает заданный предел, оно исключается. Перед передачей значения требуется наличие минимального количества действительных измерений — количество действительных измерений может отличаться у разных производителей. Из этих достоверных выборок извлекаются максимум, минимум и среднее значение. Проверка также проводится для ручных наблюдений, например, при сбросе жидкости в стеклянных термометрах, сброшенные значения сравниваются с температурой окружающего воздуха. На полевых станциях, как с ручным, так и с автоматизированным управлением, показания стеклянного термометра сравнивают с показаниями температурных зондов, применяя разумные допуски.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

1.2 Проверка диапазона базы данных

Краткое описание: обнаружение наблюдений, которые находятся за пределами допустимого диапазона ввода данных в базу данных (технические ограничения базы данных).

Параметры, к которым применяется проверка: все параметры, хранящиеся в базе данных.

Подробное описание: проверка диапазона базы данных может быть выполнена более чем в одной точке, например, в точке ввода, когда наблюдаемое значение впервые попадает в НМГС, а затем при поглощении в СУКД. Цель состоит в том, чтобы избежать значений, созданных по недосмотру, например, во время исправления или поглощении данных в базу. Примеры: температура воздуха > 80 °С, отрицательное давление.

Периодичность проверки: при поглощении данных в СУКД и любые предыдущие базы данных.

1.3 Проверка домена

Краткое описание: определение того, находится ли метеорологическое значение в пределах научной вероятности.

Параметры, к которым применяется проверка: температура, влажность, барометрическое давление, ветер.

Подробное описание: этот вид проверки определяет, находится ли наблюдаемое значение между 0,3 и 99,7 процентилями всех значений за последние 30 лет. Данная проверка применима как к ручным, так и к автоматическим наблюдениям. Если наблюдение представляет собой накопленное значение, то для проверки суточного значения, оно делится на периоды.

Периодичность проверки: ежедневно.

2. ПРОВЕРКА СОГЛАСОВАННОСТИ

Проверки, гарантирующие, что противоречивые, маловероятные или невозможные значения либо отклонены, либо помечены как подозрительные. Затем возможно проведение ручной проверки для оценки достоверности подозрительных значений.

2.1 Проверка значений наблюдений, производимых несколько раз в сутки

Краткое описание: эта проверка проводится для определения наличия согласованности между значениями, зарегистрированными при наблюдениях, производимых чаще одного раза в сутки, таких как трехчасовые наблюдения, и суточными значениями.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневная максимальная и минимальная температура воздуха, температура сухого термометра.

Подробное описание: в отношении суточной минимальной температуры рассчитывается и проверяется разница между зарегистрированным минимальным значением и самой низкой трехчасовой температурой за прошедшие 24 часа.

Для суточной максимальной температуры рассчитывается и проверяется разница между зарегистрированным максимальным значением и самой высокой трехчасовой температурой в течение последующих 24 часов.

В обоих случаях допускается погрешность показаний в 0,5 °C, чтобы учесть допуски приборов и наблюдений в отдельных случаях. Различия значительно меньше нуля должны быть помечены, очень большие различия также должны быть помечены.

Периодичность проверки: ежедневно.

2.2 Проверка суточного минимума в сравнении с минимумом грунта

Краткое описание: сравнение суточного минимума и суточной минимальной температуры грунта.

Параметры, к которым применяется проверка: суточная минимальная температура суши, суточная минимальная температура воздуха.

Подробное описание: эта проверка позволяет удостовериться в согласованности дневной минимальной температуры, которая снимается в будке (например, в будке Стивенсона), по сравнению с минимальной температурой грунта, которая снимается с грунта. Минимальная температура грунта почти всегда будет ниже температуры из метеорологической будки. Данная проверка, как правило, выявляет

проблемы с минимальной температурой грунта, поскольку это измерение может быть проблематичным, если оно выполнено неправильно или если в термометре появляются пузырьки.

Подобная проверка может давать ложноположительные результаты на участках с высоким содержанием тяжелых металлов в почве (например, оксида железа).

Периодичность проверки: ежедневно.

Порядок проведения проверки: проверка выполняется после оценки минимальной температуры воздуха.

2.3 **Почасовая проверка разницы между ДСУМ и ДУС**

Краткое описание: проверки для определения наличия значительного изменения в разнице между давлением, приведенным к среднему уровню моря (ДСУМ), и давлением на уровне станции (ДУС) для двух последовательных измерений.

Параметры, к которым применяется проверка: почасовое ДСУМ и почасовое ДУС.

Подробное описание: проверки для определения наличия значительного изменения в разнице между ДСУМ и ДУС для двух последовательных измерений. Эта проверка может быть выполнена с использованием почасовых, трехчасовых и т. д. наблюдений. Подобная проверка идентифицирует ошибки транспозиции и вычисления.

Примечание: на некоторых станциях, которые используют текущую температуру в алгоритме для получения ДСУМ из ДУС, соотношение ДУС/ДСУМ может существенно измениться в течение суточного цикла температуры. Эта проблема возникает в основном на станциях, расположенных на больших высотах, где зимой развиваются сильные инверсии на низких уровнях.

Периодичность проверки: при каждом наблюдении.

2.4 **Сравнительная проверка осадков из нескольких источников**

Краткое описание: проверка соответствия данных из одного источника данным из другого источника. Источниками данных могут быть различные приборы или один и тот же прибор с разными путями связи.

Параметры, к которым применяется проверка: осадки*.

Подробное описание: этот вид проверки позволяет удостовериться, что данные в конкретном источнике согласуются с данными из другого совместно расположенного источника. Двумя источниками данных могут быть различные приборы или один и тот же прибор с разными путями связи.

В случае наличия источников данных из одного и того же прибора из разных путей предоставления данных, ожидается, что эти два значения будут одинаковыми. При наличии расхождения и невозможности принять объективное решение о том, какое значение является правильным, данные помечаются соответствующим образом. Аналогичный комментарий применим в случае источников данных из разных приборов. В обоих случаях другие проверки и анализы (например, пространственное и временное распределение) помогут определить наиболее вероятное правильное значение. Для выявления станций с постоянными расхождениями и понимания причин таких расхождений следует использовать другие анализы, не входящие в данный вид проверки.

Периодичность проверки: ежедневно.

*Примечание: аналогичный подход может быть использован для других элементов, измеряемых с помощью нескольких датчиков.

2.5 Пространственная проверка на нулевое количество осадков

Краткое описание: проверка случаев, когда значительные осадки регистрируются на одном участке, но не регистрируются на соседних участках, и наоборот. Как правило, это указывает на то, что осадки были записаны в неверный день или что количество зарегистрированных осадков представляет собой накопленную в течение нескольких дней сумму.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные осадки.

Подробное описание: эта проверка позволяет исследовать случаи регистрации осадков при нулевых значениях осадков на соседних станциях, и наоборот. Как правило, подобное происходит в тех случаях, когда значение было зарегистрировано в неверный день. Значение осадков также может представлять собой накопленный итог значений на одной или нескольких станциях, например, когда трехдневный итог записывается в понедельник, так как неавтоматическая станция не укомплектована персоналом в течение выходных. Это расхождение не всегда выявляется при пространственных проверках, поскольку пространственные проверки могут неадекватно отражать пространственную изменчивость, связанную с ливнями. Следует отметить, что эффективность таких проверок может пострадать в случае, если станция-кандидат находится в другом климатическом режиме по сравнению с так называемыми ближайшими соседями.

Эта проверка имеет низкий коэффициент ошибок, а не выявляет большое количество потенциальных подозрительных значений, ввиду чего, как правило, разница в количестве осадков между станцией-кандидатом и окружающими станциями должна быть значительной.

Примечание: в дополнение к этой проверке может быть реализована проверка нулевых значений в течение нескольких дней в пределах длительного периода времени в ситуациях, когда соседние станции регулярно сообщают о небольших количествах осадков, недостаточно значительных для проведения проверки за какой-либо единственный день. Описанное может произойти, например, при блокировке дождемера. Таким образом, хотя отдельное нулевое значение может и не отклоняться от соседних в такой степени, чтобы вызвать подозрение, накопленные значения укажут на очевидную проблему.

Периодичность проверки: выполняется ежедневно, однако результаты анализируются ежемесячными блоками.

2.6 Проверка на достаточное количество соседей

Краткое описание: проверка наличия достаточного количества соседних станций для проведения пространственных проверок. Данный вид проверки обычно выполняется в отношении данных об осадках в первый день месяца.

Параметры, к которым применяется проверка: осадки.

Подробное описание: указанная проверка исследует наличие случаев недостаточного количества соседних станций для выполнения ряда пространственных проверок. Обычно она выполняется в первый день месяца (для других дней не выполняется). Если результатом проверки является «неудача», оператор КК обязан проверить все дни месяца.

Периодичность проверки: только в первый день месяца.

Порядок проведения проверки: выполняется перед другими пространственными проверками осадков.

2.7 Проверка периода выпадения осадков

Краткое описание: проверка согласованности, оценивающая перекрытие и неполное перекрытие накоплений осадков.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные осадки.

Подробное описание: данная проверка оценивает, является ли значение периода записи (количество дней, в течение которых было накоплено значение количества осадков) большим или меньшим фактического количества дней, за которые данные об осадках сообщаются как накопленные. Эта проверка специально разработана для данных об осадках. Она состоит из двух частей: перекрытие и неполное перекрытие.

Пример перекрытия: значение периода записи больше, чем фактические даты отчета о нулевых осадках. Например, если 4 мая значением периода является «три дня», но в последний раз ненулевое значение осадков сообщалось 2 мая, фактический разрыв периода (накопление осадков) может составлять только «два дня» — 3 и 4 мая. В описанном примере в первую очередь необходима оценка точности значения осадков за 2 мая (осадки могли быть зарегистрированы в неправильный день). Если данные о количестве осадков как 2 мая, так и 4 мая оцениваются как верные, то, скорее всего, ошибка произошла при указании периода. Для определения действительности наличия ошибки периода оператор КК использует пространственные данные и другие инструменты, такие как радиолокатор, чтобы подтвердить результаты анализа. Для того, чтобы убедиться в правильности оцифровки данных, также необходимо проведение оценки записи станции.

Пример неполного перекрытия: значение периода записи меньше, чем фактические даты отчета о нулевых осадках. Например, если 6 мая период накопления осадков — «два дня», но последнее ненулевое значение осадков зарегистрировано 3 мая, то фактический разрыв в периоде составляет три дня.

Периодичность проверки: ежедневно.

2.8 Проверка отслеживания

Краткое описание: проверка факта ожидаемого синхронного поведения (одновременного роста и снижения) двух или более элементов или событий одного и того же элемента на двух соседних станциях. Эта проверка очень эффективна и имеет низкий коэффициент ложных ошибок.

Подробное описание: данный вид проверки показывает, насколько один элемент соответствует одному или нескольким другим элементам, или насколько хорошо наблюдения одного и того же элемента с течением времени соответствуют наблюдениям на соседнем участке. В ней используется очень простая концепция, согласно которой два или более тесно связанных элемента, как ожидается, будут демонстрировать схожие модели вариаций. При оценке аномалий, зарегистрированных в результате данной проверки, оператор КК должен принимать во внимание преобладающие метеорологические условия, включая местные особенности и пространственную плотность сети.

Комбинации элементов, к которым могут применяться проверки отслеживания, включают:

- давление, приведенное к среднему уровню моря (ДСУМ) и давление на уровне станции (ДУС);
- минимальная температура суши и минимальная температура воздуха;
- температура почвы на одной глубине и температура почвы на другой глубине;

40 РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО КОНТРОЛЮ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ДАННЫХ СТАНЦИЙ ПРИЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

- почасовая температура сухого термометра, температура смоченного термометра и температура точки росы (особенно для термометров с ручным снятием показаний);
- суточное испарение и суточные осадки;
- значения при пробеге ветра до 3 м со значением пробега ветра 10 м.

Отслеживание пространственных корреляций между соседями: пространственные корреляции могут быть визуально оценены оператором КК путем сравнения графика временного ряда для конкретного участка с графиком соседнего участка в графическом интерфейсе пользователя вместо компьютерного алгоритма. Этот подход может быть применен ко многим параметрам, особенно в отношении сетей с хорошим пространственным покрытием. Как правило, таким образом оцениваются следующие элементы:

- почасовая температура сухого термометра;
- почасовое значение точки росы;
- ДСУМ и ДУС;
- скорость ветра.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдения обоих параметров.

2.9 Проверка согласованности максимальной (минимальной) температуры воздуха

Краткое описание: проверка согласованности между суточной максимальной (минимальной) температурой воздуха и значениями, зарегистрированными при производстве наблюдений чаще одного раза в сутки. Это конкретное применение проверки 2.1 (проверка значений наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки).

Параметры, к которым применяется проверка: максимальная и минимальная температура воздуха.

Подробное описание: проверка согласованности между ежедневной максимальной температурой воздуха и почасовой или трехчасовой температурой воздуха, то есть температурой, которая регистрируется в почасовых или трехчасовых записях. В случае трехчасовых наблюдений не допускается, чтобы трехчасовое значение превышало зарегистрированный суточный максимум температуры. Допускается погрешность показаний в 0,5 градуса. Данная проверка может применяться в случае наличия только одного наблюдения в день, однако эффективность проверки возрастает при более частых ежедневных наблюдениях.

Примечания:

1. Этот вид проверки также применим к минимальным температурам, как указано в описании проверки 2.1.
2. Вариация этой проверки может быть использована для сравнения максимальной температуры с фиксированными почасовыми температурами, чтобы убедиться, что максимальная температура не превышает фиксированные почасовые температуры более чем на определенную величину. Эта вариация наиболее эффективна для рядов данных с относительно высоким временным разрешением.

Периодичность проверки: ежедневно.

2.10 **Астрономическая проверка солнечного времени**

Краткое описание: определение разницы между продолжительностью солнечного сияния и расчетной длиной дня.

Параметры, к которым применяется проверка: продолжительность солнечного сияния.

Подробное описание: данный вид проверки позволяет определить разницу между продолжительностью солнечного сияния и расчетной длиной дня. Проверка считается неудачной, если разница больше нуля.

Периодичность проверки: ежедневно.

2.11 **Проверка согласованности между температурой воздуха и температурой смоченного термометра**

Краткое описание: сравнение температуры воздуха с температурой смоченного термометра.

Параметры, к которым применяется проверка: температура сухого термометра и температура смоченного термометра.

Подробное описание: сравнение температуры сухого термометра и температуры смоченного термометра. Если температура смоченного термометра, включая значение допуска, превышает температуру воздуха, проверка считается непройденной.

Обратите внимание, что хотя допуск в данной проверке применяется к жидкостным стеклянным термометрам, считываемым вручную, тот же алгоритм обычно применяется к данным электронных датчиков температуры. Хотя признано, что допуск для электронных датчиков температуры должен быть гораздо ниже, в смешанной сети из-за трудностей в определении типа прибора на этапе КК удобно использовать один и тот же алгоритм.

Периодичность проверки: ежечасно, но может применяться к любому фиксированному часовому наблюдению.

2.12 **Проверка согласованности между температурой смоченного термометра и температурой точки росы**

Краткое описание: определение разницы между температурой смоченного термометра и температурой точки росы.

Параметры, к которым применяется проверка: температура смоченного термометра и температура точки росы.

Подробное описание: определение разницы между температурой смоченного термометра и температурой точки росы. Если температура смоченного термометра ниже температуры точки росы, проверка считается непройденной. Данная проверка применяется к показаниям термометра, считываемым вручную.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

2.13 **Проверка температуры смоченного термометра и температуры точки росы**

Краткое описание: температура смоченного термометра проверяется в сравнении с температурой точки росы.

Параметры, к которым применяется проверка: температура смоченного термометра и температура точки росы.

Подробное описание: температура смоченного термометра проверяется в сравнении с температурой точки росы путем пересчета температуры точки росы из температуры сухого термометра и температуры смоченного термометра. Наблюдаемые и пересчитанные значения точки росы должны совпадать с точностью до одного градуса. Подобная проверка используется для ручных наблюдений, когда температура точки росы рассчитывается оператором. Она обладает большей чувствительностью в сравнении с проверкой 2.12 (согласованность между температурой смоченного термометра и температурой точки росы), и может проводиться после проверки 2.12 для изучения неправильно рассчитанных точек росы, проходящих проверку 2.12. В случае выявления значений точек росы, которые не прошли проверку «проверка температуры смоченного термометра и температуры точки росы», оператор КК должен пересчитать точку росы, используя метод наблюдения, применимый для соответствующей страны.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

2.14 **Проверка согласованности температуры точки росы**

Краткое описание: проверка того, является ли значение температуры точки росы меньше или равным температуре воздуха.

Параметры, к которым применяется проверка: температура точки росы и температура воздуха.

Подробное описание: температура воздуха всегда должна быть больше или равна температуре точки росы, при этом температура точки росы равна температуре воздуха только в случае насыщенного воздуха. Ситуации, в которых может произойти насыщение воздуха, включают осадки и туман. Важно, чтобы оператор КК установил, что температура точки росы действительно является результатом условий насыщенного воздуха, а не следствием ошибки наблюдателя при расчете точки росы или высыхания батиста влажного термометра.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

2.15 **Проверка согласованности видимости**

Краткое описание: проверки согласованности видимости с кодом текущей погоды.

Параметры, к которым применяется проверка: текущая погода и видимость.

Подробное описание: проверки согласованности видимости коду текущей погоды на фоне флагов явлений (туман, песчаная буря, дымка, пыльная буря). Данный вид проверки касается горизонтальной видимости и используется при ручных наблюдениях.

Примеры маловероятных/невозможных комбинаций включают следующие (должны быть адаптированы к различным климатическим условиям): видимость выше 1000 м и туман, видимость выше 1000 м или ниже 200 м и слабая или умеренная песчаная или пыльная буря, видимость выше 10 км и туман и т. д.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

2.16 **Проверка согласованности общего количества облаков**

Краткое описание: проверки согласованности общего количества облаков по различным элементам. Используется при наблюдениях, производимых вручную.

Параметры, к которым применяется проверка: общее количество облаков, текущая погода.

Подробное описание: проверки на согласованность общего количества облаков с высотой облаков и текущей погодой.

Примеры маловероятных/невозможных комбинаций: общее количество облаков меньше количества облаков на низкой, средней или большой высоте; общее количество облаков невидимо, но наблюдаются следы осадков (полосы падения); безоблачно, но при этом выпадают осадки и т. д.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

2.17 Проверка флага ежедневных явлений

Краткое описание: проверка согласованности суточных флагов явлений с наблюдениями, производимыми чаще одного раза в сутки.

Параметры, к которым применяется проверка: такие явления, как град, снег, гроза, пыльная буря, сильный ветер, штормовой ветер, мороз, туман, мгла, дымка и т. д.

Подробное описание: проверка флагов ежедневных явлений исследует согласованность флагов ежедневных явлений (дни с градом, грозой, туманом и т. д.) с кодами в таблицах наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки, и различными другими ежедневными элементами. Данная проверка выявляет случаи, когда явление было зарегистрировано в синоптическом коде текущей погоды, но не было отмечено в категориях явлений от полуночи до полуночи и наоборот¹. Она также может позволить обнаружить несоответствия между явлениями и другими переменными, такими как температура, точка росы ит. д.

Примерами подозрительных комбинаций являются следующие (обратите внимание, что может потребоваться их адаптация к различным климатическим условиям): флаг снега и минимальная температура воздуха выше 9 °С; флаг отсутствия грозы, но гроза наблюдалась в течение дня, флаг отсутствия пыли/мглы/дымки, но видимость в течение дня ниже соответствующих пороговых значений; флаг заморозка, но минимальная температура воздуха выше 4 °С, и др.

Периодичность проверки: ежедневно.

2.18 Проверка согласованности текущей погоды

Краткое описание: проверка согласованности кодов текущей погоды в таблицах наблюдений, производимых чаще одного раза в сутки, с другими различными ежедневными элементами.

Параметры, к которым применяется проверка: текущая погода, температура и прочее.

Подробное описание: проверка согласованности текущей погоды выявляет маловероятные комбинации текущей погоды и температуры, например, замерзающие осадки или ледяной туман и высокая температура воздуха. Другие комбинации могут быть включены по усмотрению НМГС.

Одним из примеров такой проверки является сравнение температуры воздуха с наблюдениями за ледяным туманом и замерзающими осадками.

Периодичность проверки: ежедневно и чаще одного раза в сутки.

¹ Или другим 24-часовым периодом, в зависимости от НМГС

2.19 Проверка температуры почвы

Краткое описание: проверка согласованности температуры почвы на различной глубине.

Параметры, к которым применяется проверка: показания температуры почвы на глубине 5 см, 10 см, 20 см, 50 см и 1 м.

Подробное описание: проверка температуры почвы рассматривает различные комбинации температур почвы на разной глубине (эти температуры могут быть адаптированы к различным климатическим условиям):

Целевой элемент	Высказывание для проверки (подозревается, если истинно)
Температура почвы на глубине 5 см (SOIL 5 temp)	SOIL 5 temp = SOIL 10 temp И SOIL 5 temp = SOIL 20 temp И SOIL 5 temp = SOIL 50 temp И SOIL 5 temp = SOIL 100 temp
	SOIL 5 temp – SOIL 10 temp > 16 ИЛИ SOIL 10 temp – SOIL 5 temp > 6
Температура почвы на глубине 10 см (SOIL 10 temp)	SOIL 10 temp – SOIL 20 temp > 10 ИЛИ SOIL 20 temp – SOIL 10 temp > 6
Температура почвы на глубине 20 см (SOIL 20 temp)	SOIL 50 temp – SOIL 20 temp > 6 ИЛИ SOIL 20 temp – SOIL 50 temp > 7
Температура почвы на глубине 50 см (SOIL 50 temp)	SOIL 50 temp – SOIL 100 temp > 7 ИЛИ SOIL 100 temp – SOIL 50 temp > 4

Примечание: температура почвы указана в градусах Цельсия.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

2.20 Проверка согласованности сообщений

Краткое описание: проверка сообщений на содержание одного и того же значения для заданного параметра, если для одного и того же наблюдения получено несколько сообщений.

Параметры, к которым применяется проверка: все параметры, хранящиеся в базе данных.

Подробное описание: проверка согласованности сообщений выявляет случаи, когда для одного и того же наблюдения получено несколько сообщений. Эта проверка позволяет удостовериться, что сообщения содержат одно и то же значение для заданного параметра. При наличии нескольких сообщений с разными значениями проверка считается не пройденной.

Периодичность проверки: при наличии данных проверки.

2.21 Проверка максимума-минимума одноминутных данных

Краткое описание: сравнение сообщенной максимальной или минимальной температуры с соответствующим одноминутным значением в момент максимальной или минимальной температуры, чтобы убедиться, что значения совпадают.

Параметры, к которым применяется проверка: максимальная и минимальная температура воздуха.

Подробное описание: Проверка максимума-минимума одноминутных данных позволяет сравнить сообщенную максимальную или минимальную температуру с соответствующим одноминутным значением в момент максимальной или минимальной температуры, чтобы убедиться, что значения совпадают. Эта проверка предназначена для выявления отклонения часов АМС и отсутствия одноминутных данных. Если одноминутная температура воздуха не соответствует дневной максимальной температуре воздуха или дневной минимальной температуре воздуха, или если одноминутные данные отсутствуют на момент зарегистрированной максимальной или минимальной температуры, проверка считается непройденной. Данный вид проверки также включает в себя проверку на резкий выброс, которая позволяет сравнить одноминутные значения за минуту до и минуту после суточного экстремума, чтобы убедиться, что разница не превышает 0,5 °С для минимальной температуры и 1,0 °С для максимальной температуры.

Периодичность проверки: ежедневно.

3. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПРОВЕРКИ

Данный вид проверок (обычно многовариантных) основывается на опыте и знании процессов наблюдения, методов и инструментов для выявления противоречивых, маловероятных или невозможных значений для дальнейшей пометки их как подозрительные. Затем в ходе ручной проверки появляется возможность оценить достоверность подозрительных значений.

3.1 Проверка относительной влажности по сухому – смоченному термометру

Краткое описание: проверка сухости или загрязнения батиста смоченного термометра.

Параметры, к которым применяется проверка: температура смоченного термометра и температура сухого термометра.

Подробное описание: данный вид проверки позволяет обнаружить высохший батист смоченного термометра, исследуя наблюдения, зарегистрированные в 15:00, когда относительная влажность воздуха составляет > 90 %. Для снижения коэффициента ложных ошибок, случаи, когда помимо относительной влажности > 90 % наблюдаются осадки и/или туман, исключаются путем изучения кодов прошедшей и текущей погоды.

Проверка будет осуществлена только в том случае, если:

- время наблюдения — 15:00 (или эквивалентное время максимального показания термометра во второй половине дня);
- высота над уровнем моря — < 1100 м (с помощью данной проверки невозможно отличить влияние орографических облаков от влияния высыхания смоченного термометра).

Периодичность проверки: ежедневно в 15:00 (или в эквивалентное время максимального показания термометра во второй половине дня).

4. ПРОВЕРКИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ

Проверки, гарантирующие, что наблюдения, не соответствующие ожидаемому графику наблюдений, либо отклонены, либо отмечены как подозрительные.

4.1 **Наблюдение, полученное в результате будущей проверки**

Краткое описание: как правило представляется в виде отчета о случаях, когда наблюдатель отправил наблюдение заранее.

Параметры, к которым применяется проверка: сравнение местного времени наблюдения с временем получения наблюдения.

Подробное описание: НМГС или местный региональный орган устанавливает предел, определяющий допустимую «заблаговременность» наблюдения. Например, ограничение в 30 минут позволит принимать данные наблюдений, полученных максимум за 30 минут до официального времени наблюдения. Для выявления недостатков в практике наблюдений рекомендуется вести журнал, в котором указываются последовательно получаемые со станции заблаговременные наблюдения. Эти журналы могут быть использованы для определения приоритетности требований к обучению.

Периодичность проверки: при наличии данных проверки.

4.2 **Проверка на разрывы между периодами**

Краткое описание: определение того, соответствует ли период (сумма дней) имеющимся записям.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные параметры.

Подробное описание: проверка на разрывы между периодами применяется к ежедневным наблюдениям и сводится к определению того, соответствуют ли периоды (суммы дней) имеющимся записям. Например, утром понедельника получено синоптическое сообщение от станции, которая не регистрировала данные в выходные дни. Необходима проверка максимальных и минимальных значений температуры в базе данных за этот понедельник, поскольку даже если они архивируются как значения за один день, они могут оказаться многодневными. См. также предыдущее обсуждение относительно проверки 2.5 (пространственная проверка на нулевое количество осадков).

Периодичность проверки: ежедневно.

4.3 **Проверка на длительный период**

Краткое описание: определение того, являются ли периоды (суточные накопления) чрезмерно длинными (период в несколько дней) для параметров, где большой разрыв между ежедневными показаниями может повлиять на целостность данных. Например, если в жарком климате в течение пяти дней не регистрируются осадки, то, скорее всего, общее количество осадков уменьшится за счет испарения.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные показания осадков и испарения.

Подробное описание: проверка на длительный период отслеживает необоснованно длинные периоды, которые могут повлиять на достоверность показаний. В случае измерения осадков и испарения меньший промежуток времени может быть приемлемым в зависимости от климата и требований пользователя НМГС. Эта проверка может быть использована НМГС для установления ограничений на количество дней, после которых суммарные показатели осадков и испарения будут считаться подозрительными.

Периодичность проверки: ежедневно.

4.4 Проверка на пересечение с будущим периодом

Краткое описание: проверка для выявления случаев, когда наблюдение отправляется с опозданием и после получения наблюдения за последующий день, для обеспечения согласованности в отчетном периоде наблюдения.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные параметры.

Подробное описание: проверка на пересечение с будущим периодом предназначена для выявления случаев, когда наблюдение отправляется с опозданием и после получения наблюдения за последующий день, с целью обеспечения согласованности в отчетном периоде наблюдения. Если период, указанный в сообщении за последующий день, не совпадает с ожидаемым периодом, проверка считается непройденной. Пример ситуации, которая приведет к непрохождению проверки на пересечение с будущим периодом, описан ниже.

- Ежедневное наблюдение 8 числа не было отправлено вовремя.
- Ежедневное наблюдение 9 числа отправлено за период двух дней.
- После получения ежедневного наблюдения за 9-е число, отправляется ежедневное наблюдение за 8-е число, что приводит к несогласованности периода, указанного 9-го числа.

Периодичность проверки: ежедневно.

4.5 Проверка на пересмотр

Краткое описание: проверка изменений в значениях наблюдения, периоде или флаге качества с момента последнего обновления. Если с момента последнего обновления произошли какие-либо изменения, проверка считается непройденной.

Параметры, к которым применяется проверка: все параметры, хранящиеся в базе данных.

Подробное описание: проверка на пересмотр отслеживает изменения в значениях наблюдения, периоде или флаге качества с момента последнего обновления. Если с момента последнего обновления произошли какие-либо изменения, проверка считается непройденной. Проверка будет считаться успешной, если значение, период или флаг качества были изменены оператором КК, который внесен в список допущенных пользователей. Таким образом, действия по КК не могут привести к непрохождению проверки.

Периодичность проверки: при наличии данных проверки.

5. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПРОВЕРКИ

Вид проверок, которые статистически анализируют исторические данные для выявления противоречивых, маловероятных или невозможных записей и помечают их как подозрительные. Затем в ходе ручной проверки появляется возможность оценить достоверность подозрительных значений.

5.1 Проверка климатического диапазона

Краткое описание: сравнение метеорологического значения с климатологическими верхним и нижним значениями. Для учета сезонных колебаний местного климата могут

применяться различные пороговые значения. Значения, выходящие за эти пределы, будут помечены как подозрительные или, как минимум, подлежащие дальнейшему расследованию.

Параметры, к которым применяется проверка: как правило, ежедневные наблюдения. Однако, при наличии соответствующего ПМК, данная проверка может быть применена в отношении элементов, измеряемых чаще одного раза в сутки.

Подробное описание: сравнение метеорологического значения с климатологическими верхним и нижним значениями. Эффективность проверки зависит от того, является ли временной ряд достаточно длинным (рекомендуется не менее 30 лет), чтобы гарантировать, что ПМК отражает полную изменчивость климата. В связи с этим, проверка окажется ненадежной для новых участков и участков с неполными временными рядами. Данные типы участков могут воспользоваться ПМК соседней станции с аналогичным климатом, но более длительным временным рядом.

Вместо фиксированного ПМК может использоваться ПМК, полученный при проведении статистической проверки (например, более трех или четырех стандартных отклонений от среднего значения). Однако при использовании такого ПМК следует соблюдать осторожность, поскольку некоторые метеорологические переменные имеют плотность распределения, существенно отличающуюся от нормального распределения (Гаусса).

Периодичность проверки: ежедневно и ежесуточно.

5.2 Проверка на плоскую линию

Краткое описание: проверка того, остается ли ряд метеорологических значений неизменным в течение подозрительно долгого периода, а именно определение того, является ли параметр неизменным с течением времени.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные параметры, измеряемые чаще одного раза в сутки.

Подробное описание: плоские линии могут возникать из-за неисправности оборудования или при неверном вводе данных вручную. Важно отметить, что эта проверка имеет ограниченную ценность для некоторых параметров, которые имеют малую изменчивость, например температура почвы, измеренная значительно ниже уровня поверхности земли.

Периодичность проверки: при проведении наблюдения.

5.3 Проверка на резкие изменения

Краткое описание: проверка значимости разницы между текущим и предыдущим наблюдаемым значением.

Параметры, к которым применяется проверка: параметры с частотой наблюдения три часа или менее.

Подробное описание: проверка на резкие изменения выявляет проблемы в данных, когда с течением времени наблюдается быстрый рост или падение в данных, связанные с неметеорологическими факторами. Поскольку этот вид проверки исходит из того, что резкое изменение не связано с метеорологической изменчивостью, ее чувствительность в отношении более длительных временных интервалов наблюдения снижается.

Изменчивость параметров может быть непостоянной как для каждой станции/месяца, так и для каждого часа. Такая временная и пространственная вариация может оправдать расчет дискретных ПМК на уровне станции, месяца и часа.

Если период времени между наблюдаемым значением и следующим или предыдущим значением составляет более трех часов, эта проверка как правило не проводится.

Периодичность проверки: при проведении наблюдения.

5.4 Проверка на выброс

Краткое описание: сравнение полученного метеорологического наблюдения с предыдущим и последующим значениями.

Параметры, к которым применяется проверка: данные измерений, производимых чаще одного раза в сутки. Эта проверка особенно приспособлена для высокочастотных данных АМС.

Подробное описание: проверка на выброс схожа с проверкой на резкие изменения, однако проверка на выброс вычисляет именно внезапные скачки, за которыми следуют внезапные падения переменной, или наоборот. Такие изменения могут отражать, например, всплеск напряжения на АМС. Пределы ПМК для проверки на выброс меньше, чем для проверки на резкие изменения. Если период времени между наблюдаемым значением и следующим или предыдущим значением составляет более трех часов, эта проверка не проводится. Проверка на выброс лучше всего работает на высокочастотных данных для периодов наблюдения короче 20 минут.

Периодичность проверки: при проведении наблюдения.

5.5 Проверка частотности (округлений)

Краткое описание: проверка случаев чрезмерного округления значения. Данная проверка применима для ручных наблюдений, когда оператор округляет значения до деления на приборе вместо точного расчета значения между делениями прибора.

Параметры, к которым применяется проверка: упомянутая проверка как правило применима при ручном считывании показаний термометров и дождемеров.

Подробное описание: частотность появления последней цифры (например, первого десятичного знака для таких элементов, как температура) исследуется в течение нескольких дней и сохраняется в виде ПМК. Если частотность одного из значений «высокая», например, подозрительно большое количество значений, заканчивающихся нулем, проверка считается непройденной. Частотность выражается в процентах от проанализированных значений. Обратите внимание, что округленные значения не оцениваются как подозрительные, однако им присваивается флаг, указывающий на более низкий уровень доверия. Эта проверка важна для выявления проблем с обучением персонала.

Проверка частотности (округлений) выполняется для всего месяца и назначается на номинированный элемент и дату.

Она выполняется только при наличии как минимум 75 % значений (ненулевых) в течение рассматриваемого периода.

Периодичность проверки: ежемесячно.

5.6 Проверка на пространственную изменчивость

Краткое описание: сравнение различий между интересующей станцией и близлежащими станциями.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные параметры и параметры, измеряемые чаще одного раза в сутки.

Подробное описание: разница между станцией и ее соседями рассчитывается и сравнивается с установленным порогом, например, стандартным отклонением различий, полученным из исторической записи.

Периодичность проверки: в соответствии с периодичностью наблюдений.

5.7 Пространственная проверка на основе картирования

Краткое описание: сравнение значения метеорологического элемента с окружающими значениями данных. Для определения веса близлежащих станций используется картографический метод, такой как анализ Барнса².

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные параметры и параметры, измеряемые чаще одного раза в сутки.

Подробное описание: цель картографического анализа заключается в оценке значения на целевой станции на основе фактических значений в точках в общем регионе станции с использованием объективной весовой функции (близлежащие точки должны иметь большее влияние и поэтому должны обладать большим весом).

Основной принцип метода заключается в том, что значение рассматриваемой переменной оценивается путем картографической интерполяции от ряда точек сети — тех точек сети, которые соответствуют расположению станций³. На каждой станции есть фактически наблюдаемое значение и интерполированное значение, основанное на данных всех других близлежащих наблюдений (при этом влияние наблюдения на точку определяется весовой функцией). В анализируемой точке *P* наблюдаемое значение сравнивается с интерполированным значением, оцененным с помощью картирования.

Ограничения:

1. Эта проверка теряет чувствительность в отношении станций сравнения, находящихся на расстоянии более установленного расстояния от целевой станции. НМГС потребует определить максимальный диапазон для проверки. В Австралии регионы с дефицитом данных относительно равнинные, с однородным климатом, поэтому установлен диапазон (*R*), равный 200 км, и станции за пределами этого расстояния будут исключены из анализа.
2. Результаты данной проверки следует интерпретировать в соответствии с местными особенностями участка. В частности, большие градиенты могут возникать в некоторых метеорологических переменных в условиях сложной топографии или вблизи береговых линий. Для детальной интерпретации результатов этой проверки может потребоваться некоторое знание соответствующих участков. Например, на участке на вершине холма или склоне может постоянно регистрироваться более высокая минимальная температура, чем на других региональных участках, расположенных в долине или на равнине.

² Другие виды пространственного картографического анализа включают, например, анализ, который использует высоту в качестве третьего измерения для таких переменных, как температура и осадки, которые являются топографически чувствительными.

³ В рамках данного описания алгоритма под сетью понимается местоположение станций, поэтому интерполяция выполняется непосредственно к местоположению станций. В качестве альтернативы, при наличии анализа с привязкой к географической сетке, интерполяция к местам расположения станций может быть выполнена по данной сетке. Эта альтернатива может подойти, например, для проверок, связанных с ЧПП.

Примечание: помимо статистической интерполяции, обоснованность или необоснованность значений может быть оценена путем визуального сравнения значений на подозрительной станции со значениями на окружающих станциях. В случае визуального осмотра действуют те же ограничения, что и указанные выше.

Периодичность проверки: ежедневно и чаще одного раза в сутки, но может осуществляться и в пределах других временных периодов, например ежемесячно.

5.8 **Пространственная проверка с применением линейной регрессии**

Краткое описание: сравнение метеорологического значения с окружающими значениями данных с использованием линейной регрессии.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные осадки, но может быть адаптирована и для других параметров.

Подробное описание: пространственный анализ с применением линейной регрессии⁴ позволяет получить оценку элемента на целевой станции и в целевой момент времени на основании того, насколько хорошо соседние станции коррелировали с целевой станцией во времени. Корреляция рассчитывается с помощью линейной регрессии, и станции, коррелирующие с целевой станцией лучшим образом, получают больший статистический вес, чем те станции, чья корреляция не так точна.

Периодичность проверки: ежедневно, но может быть адаптирована и к другой периодичности наблюдений.

5.9 **Проверка на пространственную изменчивость с применением линейной регрессии**

Краткое описание: для расчета пределов проверки используется изменчивость соседних станций, а не стандартные оценки ошибки. Эта проверка является разновидностью пространственной проверки с применением линейной регрессии.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные осадки, но может быть адаптирована и для других параметров.

Подробное описание: при осуществлении данной проверки для расчета пределов проверки используется изменчивость наблюдений на соседних станциях (в одно и то же время наблюдения), но не стандартные оценки ошибки. Она предназначена для оценки надежности соседних станций при анализе вариаций. Данная проверка хорошо подходит для анализа осадков при наличии перемен в изменчивости набора наблюдений в соответствующем регионе.

Ограничения:

1. Данная проверка теряет чувствительность в отношении станций сравнения, которые находятся слишком далеко или слишком различаются по высоте расположения от целевой станции. НМГС потребуется определить максимальный диапазон для проверки. В Австралии диапазон высот для «однородного» климата равен максимум 300 м.
2. Следует также учитывать виды осадков, поскольку в ситуациях, когда происходят изолированные грозы, даже станции, которые можно считать расположенными близко друг к другу, могут значительно отличаться в своих ежедневных суммарных показателях.

⁴ Адаптировано на основе метода, описанного в Hubbard, K. G.; Goddard, S.; Sorensen, W. D.; Wells, N.; Osugi, T. T. Performance of Quality Assurance Procedures for an Applied Climate Information System (Выполнение процедур обеспечения качества для прикладной климатической информационной системы). Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2005, 22 (1):105–112. <https://doi.org/10.1175/JTECH-1657.1>

Периодичность проверки: ежедневно, но может быть адаптирована и к другой периодичности наблюдений.

5.10 **Многодневная проверка с применением линейной регрессии**

Краткое описание: сравнение климатологических различий между интересующей станцией и близлежащими станциями за многодневный период. Аналогична пространственной проверке с применением линейной регрессии, однако применяется к нескольким дням. Проверка является чувствительной к выявлению потенциально подозрительных станций, где наблюдатель регулярно не снимает показания дождемера.

Параметры, к которым применяется проверка: ежедневные осадки, но может быть адаптирована и для других параметров.

Подробное описание: хотя данная проверка и схожа с пространственной проверкой с применением линейной регрессии, значения, которые она использует, должны быть определены по-другому. Для значения накопления осадков используется сумма суточных показаний соседей, максимальная температура — это наивысшее из суточных показаний соседей, а минимальная температура — наименьшее из суточных показаний соседей.

Периодичность проверки: ежедневно, но может быть адаптирована и к другой периодичности наблюдений.

5.11 **Проверка максимума/минимума**

Краткое описание: проверка реалистичности разницы между максимальной и минимальной температурами (является ли разница больше/равна нулю и меньше верхней границы). Верхняя граница определяется на основе климатологии с использованием данных минимум за 5 лет (предпочтительно за 30 лет). Данная проверка чувствительна к выявлению неверно зарегистрированных значений, внесенных вручную, которые, как правило, неточны на 5 или 10 °C.

Параметры, к которым применяется проверка: значения ежедневной максимальной и минимальной температуры воздуха.

Подробное описание: расчет разницы между максимальной и минимальной температурой. Проверка считается непройденной, если разница равна значению меньше нуля (максимум меньше минимума) или превышает верхнюю границу.

Если разница меньше нуля, результатом проверки станет ошибка, а если она превышает верхнюю границу, это приведет к отметке проверенных значений как «подозрительных».

Периодичность проверки: ежедневно.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

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

Strategic Communications Office

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

Электронная почта: sra@wmo.int

public.wmo.int