

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБУ «ЦАО»

 А.А.Рыжков

« » 2019 г.



МЕТОДИКА

**валидации наблюдений доплеровских метеорологических
радиолокаторов, установленных на наземной наблюдательной
сети**

Долгопрудный

2019

1. РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Центральная Аэрологическая Обсерватория» (ФГБУ «ЦАО»)

2. РАЗРАБОТЧИКИ:

Павлюков Ю.Б. (руководитель разработки);

Серебрянник Н.И., канд. геогр. наук;

Коренев Д.П.; Охрименко В.А.; Травов А.В.; Шумилин А.А.;

Ерошкина Н.А.; Козырев А.В.; Белякова Т.А.

Документ разработан впервые. Проект документа был рассмотрен Центральной методической комиссией (ЦМКП) Росгидромета 03.12.2015г. и в настоящей редакции учитывает сделанные замечания и рекомендации.

Документ в настоящей редакции одобрен Решением Центральной методической комиссией Росгидромета по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 24 декабря 2018 г. и рекомендован к использованию всем организациям Росгидромета для оценки точности наблюдений метеорологических радиолокаторов, функционирующих на наблюдательной сети Росгидромета, а также при испытании образцов новых метеорологических радиолокационных средств.

Авторы выражают благодарность за полезные замечания, высказанные при рецензировании документа, в.н.с. ФГБУ «Гидрометцентр России», к.г.н. А.А. Алексеевой.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	4
1	Область применения	5
2	Сокращения	6
3	Термины и определения	7
4	Общие положения	10
5	Методика валидации вторичных продуктов ДМРЛ	13
5.1	Валидация измерений накопленных сумм осадков	14
5.2	Валидация измерений высоты верхней границы облаков	19
5.3	Валидация идентификации опасных метеоявлений	26
5.4	Валидация измерений горизонтального ветра	40
5.5	Валидация измерений дальности видимости в осадках	45
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	48

ВВЕДЕНИЕ

История радиолокационных метеорологических наблюдений насчитывает уже более 70 лет. За прошедшее время существенно усовершенствовались технические средства метеорологической радиолокации, накоплен опыт организации наблюдений, развиты методы и алгоритмы обработки данных [5, 9, 15, 16, 27, 30]. Сети метеорологических радиолокаторов стали важной частью интегрированной системы метеорологических наблюдений ВМО и Росгидромета [25, 32].

В 2010-х годах началось развертывание новой радиолокационной сети Росгидромета на базе отечественной разработки – доплеровского метеорологического радиолокатора нового поколения с двойной поляризацией ДМРЛ-С [9]. Основным отличием создаваемой сети от уже существующей на базе радиолокаторов МРЛ-5 является создание единого Центра управления и обработки данных в ФГБУ «ЦАО», объединяющего все радиолокаторы в единую сеть, а также применение на радиолокаторах единого регламента наблюдений и программного обеспечения обработки данных [7, 9, 19]. В новых условиях появилась настоятельная необходимость в разработке в Росгидромете единой методики оценки качества (валидации) радиолокационных метеорологических наблюдений, которая отсутствовала до настоящего времени, когда отдельные НИУ для оценки качества наблюдений МРЛ использовали разные методики [5, 16, 27].

Настоящая Методика разработана в соответствии с общими требованиями к разработке нормативных документов Росгидромета [28] и утвержденным техническим заданием [34], определяющим перечень вторичных р/л продуктов, подлежащих валидации, используемые при этом эталоны и показатели точности (качества) наблюдений.

Методика регламентирует валидацию тех вторичных радиолокационных продуктов, для которых в Росгидромете уже накоплен опыт контроля качества наблюдений с использованием в качестве эталонов независимых надежных средств наблюдений. Предполагается, что по мере появления в Росгидромете новых наблюдательных технологий, представленный документ будет дополняться новыми разделами, описывающими валидацию тех вторичных продуктов ДМРЛ, которые не охвачены настоящей Методикой.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая Методика предназначена для использования в организациях Росгидромета при оценке качества (валидации) наблюдений доплеровских метеорологических радиолокаторов (ДМРЛ), установленных на ГНС и проводящих наблюдения в соответствии с утверждённым регламентом [19, 22].

2. СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

- 2.1 **АМСГ:** авиационная метеорологическая станция (гражданская);
- 2.2 **АСПД:** автоматизированная система передачи данных;
- 2.3 **АЭ:** аэрологическая станция Государственной Наблюдательной Сети;
- 2.4 **ВГО:** верхняя граница облачности;
- 2.5 **ВММ:** высотная метеорологическая мачта;
- 2.6 **ВМО:** Всемирная Метеорологическая Организация;
- 2.7 **ВСВ:** всемирное скоординированное время;
- 2.8 **ГНС:** государственная наблюдательная сеть;
- 2.9 **ГПС:** грозопеленгационная сеть;
- 2.10 **ДМРЛ:** доплеровский метеорологический радиолокатор;
- 2.11 **КК:** контрольный круг (для валидации);
- 2.12 **МДВ:** метеорологическая дальность видимости;
- 2.13 **МР:** молниевый разряд;
- 2.14 **МРЛ:** метеорологический радиолокатор;
- 2.15 **МС:** метеорологическая станция;
- 2.16 **МЯ:** метеорологическое явление;
- 2.17 **НИУ:** научно-исследовательское учреждение;
- 2.18 **НП:** наблюдательное подразделение;
- 2.19 **ОЯ:** опасное явление (погоды);
- 2.20 **ПО:** программное обеспечение;
- 2.21 **р/л:** радиолокационный;
- 2.22 **РВЗ:** радиолокатор вертикального зондирования;
- 2.23 **РЗ:** радиозондирование (аэрологическое зондирование);
- 2.24 **РКК:** радиус контрольного круга;
- 2.25 **РС:** радиус (области) сопоставления;
- 2.26 **СКО:** среднеквадратическое отклонение;
- 2.27 **СМЛ:** самолет-лаборатория;
- 2.28 **УГМС:** управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета;
- 2.29 **ШП:** штормовое предупреждение.

3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем документе использованы следующие термины с соответствующими определениями, содержащимися в законе «О гидрометеорологической службе», других законах Российской Федерации и руководящих документах Росгидромета.

3.1 Валидация: в технике или менеджменте качества система независимых объективных доказательств того факта, что требования заказчика (пользователя) к предмету валидации удовлетворены.

3.2 Вторичные радиолокационные продукты (вторичные продукты): метеорологическая информация в виде цифровых компьютерных карт (горизонтальных сечений), вертикальных разрезов полей характеристик атмосферных параметров, векторов переноса облачных систем, метеорологической наноски скорости ветра и других метеорологических характеристик атмосферы, получаемых в результате математической обработки первичных р/л данных, представляемая конечному пользователю.

3.3 Контрольный круг (КК): круг с центром в точке размещения МС (или данных другого независимого эталона), в котором проводится сопоставление информации ДМРЛ и эталонных данных.

3.4 Карта метеоявлений: вторичный р/л продукт, содержащий информацию о типе идентифицированного МЯ с указанием координат МЯ.

3.5 Градация ОЯ: вид ОЯ, точность идентификации которого на р/л карте МЯ оценивается по настоящей Методике.

3.6 Методика валидации: описание конкретных правил, приемов и формул для расчета показателей, однозначно характеризующих точность (качество) предмета валидации. Методика должна отвечать ряду требований: соответствовать своему назначению, быть надежной, реализуемой и воспроизводимой.

3.7 Опасное явление – опасное метеорологическое явление, связанное с облачностью и осадками (ливень, гроза, гроза со шквалом, град) [10, 22].

3.8 Осадкомерный круг: круг (область) с центром в точке установки ДМРЛ, в котором проводится валидация осадкомерных измерений.

3.9 Первичные радиолокационные продукты (первичные данные): информация, получаемая непосредственно в процессе р/л наблюдений ДМРЛ, является основой для расчёта вторичных (метеорологических) продуктов. К ним относятся: р/л отражаемость, доплеровская скорость и ширина спектра (на ДМРЛ), поляризационные характеристики (ДМРЛ с двойной поляризацией).

3.10 ПЕРСОНА-МИС: автоматизированная система, предназначенная для обработки, получения режимно-справочных материалов и пополнения Госфонда текущей режимной метеорологической информацией МС на персональных ЭВМ в УГМС Росгидромета [1].

3.11 Радиус сопоставления (РС): радиус круга (области) в точке установки МРЛ/ДМРЛ, в котором проводится сопоставление р/л и эталонной метеоинформации.

3.12 Эталонные данные: данные надежных независимых метеорологических наблюдений (измерений), используемые в процессе валидации для сопоставления с соответствующими вторичными продуктами ДМРЛ [7, 16, 25, 34].

3.13 BUFR FM-94: бинарный код для передачи метеоинформации [4].

3.14 METAR: авиационный код для передачи сводок о фактической погоде на аэродроме [11].

3.15 ТМС: таблицы метеорологических наблюдений станционные [20].

3.16 **WAREP:** Национальный вариант международного кода RF 6/04 для передачи штормовых сообщений с метеостанций, входящих в метеорологическую наблюдательную сеть [12].

4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Целью валидации наблюдений ДМРЛ является надежное объективное доказательство адекватности полученных метеорологических продуктов наблюдаемым атмосферным параметрам, явлениям, а также достоверности методики таких измерений.

4.2 Настоящая Методика валидации разработана с целью создания единой методической основы для оценки качества радиолокационных наблюдений на ГНС Росгидромета, при испытаниях новых радиолокаторов, мониторинге качества работающих радиолокаторов и др.

4.3 Метеорологические радиолокационные наблюдения относятся к дистанционным методам наблюдений нижней атмосферы, в задачу которых входит обнаружение и идентификация явлений погоды (в т.ч. ОЯ), связанных с облачностью и осадками, а также получение их количественных характеристик: интенсивность и сумма выпавших осадков, интегральная водность облаков, фаза гидрометеоров, высота облачных слоев и характеристики переноса облаков, ветра и пр.

4.4 Конечные радиолокационные продукты являются результатом сложной цепочки измерений и расчетов в тройной системе: объект наблюдений (импульсный объем в атмосфере, формирующий отраженный р/л сигнал) – среда распространения зондирующего излучения (атмосфера) – измерительный прибор (радиолокатор), каждый элемент этой системы влияет на конечный результат наблюдений. Влияние множества трудно учитываемых или неизвестных факторов на каждом этапе наблюдений определяет вероятностный характер получаемых результатов.

4.5 Для метеорологических радиолокаторов, как и для большинства приборов дистанционного зондирования атмосферы, не существует метеорологических эталонов измеряемых характеристик, таких, как р/л отражаемость, доплеровские и поляризационные характеристики

распределенной (объемной) цели, поэтому валидация р/л наблюдений проводится путем сравнения отдельно для каждого вторичного р/л продукта с данными надежных независимых метеорологических наблюдений о них.

4.6 При валидации наблюдений ДМРЛ по эталонным метеонаблюдениям необходимо учитывать, что абсолютно точных наблюдательных систем (в т.ч. метеорологических) не существует: каждая характеризуется определенным уровнем погрешности.

4.7 В качестве *эталона* для валидации вторичных продуктов ДМРЛ должны использоваться надежные независимые измерения соответствующего параметра, явления, имеющие доказанные точностные характеристики.

4.8 Настоящей Методикой устанавливается, что для валидации вторичных продуктов ДМРЛ возможно использование нескольких эталонов с различающимися точностными характеристиками. В результате валидации обоснованный вывод может быть сделан только о соответствии или несоответствии конкретного вторичного продукта (конкретного ДМРЛ для конкретного периода времени) наблюдениям избранного эталона. При наличии нескольких эталонов, выводы по разным эталонам могут не совпадать.

4.9 Настоящая Методика валидации р/л наблюдений регламентирует:

- принципы организации процедуры валидации р/л наблюдений,
- состав вторичных р/л продуктов, подлежащих валидации,
- эталоны, используемые при валидации отдельных вторичных продуктов,
- перечень показателей, характеризующих качество р/л наблюдений по отдельным вторичным продуктам,
- правила расчета показателей качества отдельных вторичных р/л продуктов.

4.10 Технические характеристики метеорологических радиолокаторов могут изменяться в любой момент времени в результате технического отказа,

поэтому для обеспечения высокого качества выходной информации процедура валидации р/л наблюдений должна проводиться непрерывно.

4.11 Метеорологические радиолокационные наблюдения на ГНС Росгидромета проводятся в автоматизированном круглосуточном режиме с периодом 10 минут [19,22], поэтому в процессе валидации сопоставление результатов р/л наблюдений с эталонными данными проводится также, как правило, с привязкой информации к десятиминутным интервалам.

4.12 Горизонтальное разрешение выходной продукции современных ДМРЛ, как правило, составляет 1х1, реже 2х2 или 4х4 км. Выбор используемого пространственного разрешения вторичных р/л продуктов при валидации зависит от пространственного разрешения эталонных данных и целей дальнейшего использования полученных результатов.

4.13 Предполагается, что настоящая Методика должна обновляться по мере появления новых источников метеорологической информации, которые могут использоваться в качестве эталонов при валидации наблюдений ДМРЛ, а также за счет усовершенствования самой методики валидации, например, путем введения дифференцированной оценки степени согласованности (введением нескольких градаций) радиолокационных и эталонных наблюдений, например, как это сделано в методике валидации идентификации ОЯ на ДМРЛ.

5. МЕТОДИКА ВАЛИДАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ДМРЛ

Настоящая методика разработана в соответствии с утвержденным Росгидрометом техническим заданием [34], определяющим перечень вторичных продуктов, используемых эталонов и показателей, характеризующих качество радиолокационных наблюдений по каждому вторичному продукту ДМРЛ. Выбор пяти вторичных радиолокационных продуктов обусловлен, во-первых, наличием практического опыта валидации этих вторичных продуктов, во-вторых, наличием относительно надежных и независимых источников метеорологических измерений рассматриваемых атмосферных характеристик, которые можно использовать в качестве эталона. Однако современные ДМРЛ обеспечивают получение ряда других востребованных вторичных р/л продуктов, которые не охватываются настоящей Методикой из-за отсутствия достоверных эталонов. К числу таких продуктов относятся: турбулентность, сдвиги ветра, интегральная водность облаков, фазовый состав гидрометеоров и др.

Предполагается, что настоящая Методика должна обновляться по мере появления новых источников метеорологической информации, которые могут использоваться в качестве эталона при валидации наблюдений ДМРЛ, а также за счет совершенствования самой методики валидации, например, путем введения дифференцированной оценки согласованности р/л и эталонных наблюдений по нескольким градациям (как уже сделано в случае валидации точности идентификации ОЯ).

5.1 Валидация измерений накопленных сумм осадков

5.1.1 Валидация измерений на ДМРЛ накопленных сумм осадков проводится отдельно для каждого радиолокатора. Интервал времени, на котором проводится валидация, называется периодом валидации.

5.1.2 Валидация измерений на ДМРЛ накопленных сумм осадков проводится для проверки соответствия осредненного по территории (по множеству МС) и периоду времени количества накопленных осадков, измеренного по ДМРЛ и эталону. Также результат валидации используется для абсолютной калибровки валидируемого радиолокатора по методу “отношения средних” [6].

5.1.3 Объектом валидации являются цифровые данные измерений на ДМРЛ **суточных слоев** выпавших осадков с пространственным разрешением не хуже 4x4 км, снабженные точными географическими координатами каждого элемента карты.

5.1.4 Длительность периода валидации зависит от временного интервала, в течение которого выпадает достаточное для валидации количество осадков, которое определяется для каждого ДМРЛ по климатической норме среднемесячного количества осадков за текущий период времени в регионе расположения ДМРЛ ($\overline{Q_{\text{климат}}}$), но **не менее 15 мм**.

В качестве эталонов при валидации могут использоваться данные ежедневных измерений осадков на МС, входящих в ГНС Росгидромета. Осадкомерные данные передаются в коде КН-01 [13] в виде полусуточных/суточных сумм осадков. Территория РФ условно разделена на метеозоны в соответствии с документом [23], согласно которому установлено время начала и окончания метеорологических суток/полусуток на МС, относящихся к каждой метеозоне.

5.1.5 Валидация ДМРЛ проводится по множеству МС, расположенных на удалении до 100 км от ДМРЛ – в “осадкомерном круге”. Из этого множества исключаются МС, находящиеся в секторах «закрытия» данного ДМРЛ, в которых измерения осадков на ДМРЛ считаются в силу разных причин недостоверными. Для получения надежного результата необходимо, чтобы МС располагались в “осадкомерном круге” равномерно.

5.1.6 Валидация измерений накопленных сумм осадков на ДМРЛ проводится в два этапа.

5.1.7 На первом этапе проводится обработка данных измерений за очередные метеорологические сутки. Для этого выбираются значения накопленных суточных слоев осадков на МС, вошедших в “осадкомерный круг”, и значения сумм осадков по измерениям ДМРЛ в пунктах на р/л карте, соответствующих местам размещения МС.

5.1.8 Далее проводится анализ отобранных парных случаев измерений осадков - на МС и р/л данных (карт ДМРЛ), в ходе которого из дальнейшего процесса исключаются парные измерения, для которых:

- суточная сумма по МС меньше 1 мм (далее – суточная сумма осадков не менее 1 мм называется «значимыми осадками»);
- в месте расположения МС в р/л данных фиксируются ослабление зондирующего излучения в осадках или на РПУ, радиопомехи, “неметеорологическое” р/эхо, повлиявшие на результат осадкомерных измерений на ДМРЛ;
- суммы осадков по МС и ДМРЛ отличаются более чем в 3 раза в условиях малоградиентного поля суммы осадков за метеорологические сутки по данным ДМРЛ.

Фильтрация проводится с целью уменьшения влияния больших относительных погрешностей в случаях слабых осадков, а также для исключения статистических “выбросов”.

5.1.9 Из дальнейшего рассмотрения исключаются суточные интервалы, для которых:

- в радиолокационных наблюдениях отсутствуют данные более 2-х десятиминутных циклов (во время выпадения осадков) в течение суток;
- количество прошедших фильтрацию (согласно п. 5.1.8) парных наблюдений оказалось менее **трех**. Для некоторых ДМРЛ количество МС, входящих в “осадкомерный круг”, крайне мало (менее 4-5). В этом случае допускается проведение валидации по измерениям на двух МС.

5.1.10 Прошедшие отбор парные измерения накопленного слоя осадков за прошедшие сутки используются для расчета коэффициента согласования dBK_{OC}^j (дБ) по формуле:

$$dBK_{OC}^j = 10 \cdot \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^N Q_{ДМРЛ}^i}{\sum_{i=1}^N Q_{МС}^i} \right), \quad (5.1.1)$$

здесь j - порядковый номер метеорологических суток со «значимыми осадками», суммирование по $i=1, \dots, N$ проводится по множеству МС, прошедших фильтрацию согласно пп. 5.1.8 и 5.1.9. Для j -го суточного интервала рассчитывается средняя (в расчете на 1 МС) сумма наземных осадков ($\bar{Q}_{МС}^j$). Подход ЦАО-? Ссылку! - [6].-?

Пример: В табл. 5.1.1 приведены данные измерений сумм осадков по МС “осадкомерного круга” ДМРЛ за одни метеорологические сутки по 13 МС до фильтрации (колонки 1-4) и по 11 МС после фильтрации (колонки 6-9). Полученное за эти сутки значение $dBK_{OC}^1 = 0,83$ дБ.

Таблица 5.1.1

Парные измерения осадков до фильтрации				Фильтрация	Парные измерения осадков, отобранные после фильтрации			
№ п/п	№ МС	Q _{мс}	Q _{дмрл}	Причина исключения	№ п/п	№ МС	Q _{мс}	Q _{дмрл}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	5,2	5,9		1	1	5,2	5,9
2	2	3,6	4,1		2	2	3,6	4,1
3	3	2,1	2,4		3	3	2,1	2,4
4	4	3,7	4,8		4	4	3,7	4,8
5	5	2,2	1,7		5	5	2,2	1,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	6	0,5	1,3	Незначимая Q _{мс}	–	–	–	–
7	7	1,2	2,4		6	7	1,2	2,4
8	8	2,7	4,9		7	8	2,7	4,9
9	9	1,2	3,5		8	9	1,2	3,5
10	10	4,5	3,1		9	10	4,5	3,1
11	11	7,2	2,3	Отброшено по 5.1.8	–	–	–	–
12	12	3,8	4,3		10	12	3,8	4,3
13	13	4,8	5,3		11	13	4,8	5,3

$$\frac{\sum_{i=1}^N Q_{\text{ДМРЛ}}^i}{\sum_{i=1}^N Q_{\text{МС}}^i} = 1,21$$

$$dBK_{oc}^1 = 0,83$$

5.1.11 На втором этапе валидации рассчитывается средний за период валидации коэффициент согласования по формуле:

$$\overline{dBK_{oc}} = \frac{1}{M} \cdot \sum_{j=1}^M dBK_{oc}^j, \quad (5.1.2)$$

здесь j - порядковый номер метеорологических суток со «значимыми осадками».

Суммирование по j производится по метеорологическим суткам со «значимыми осадками»: начиная с текущих суток, затем предыдущих суток и т.д. до выполнения на M -ом суточном интервале условия п. 5.1.4:

$$\sum_{j=1}^M \bar{Q}_{MC}^j = \overline{Q_{\text{климат}}} \quad (5.1.3)$$

5.1.12 Валидация может проводиться только для временных интервалов, на которых имеются надежные парные измерения осадков на ДМРЛ и МС и выполняется условие (5.1.3).

5.1.13 Отсчет интервала валидации начинается заново после изменения технических характеристик ДМРЛ в результате технического обслуживания, ремонта.

5.1.14 Измерения накопленных сумм осадков по ДМРЛ и эталону – на МС, входящих в “осадкомерный круг” - считаются согласованными за

период валидации, если средний коэффициент согласования отличается по модулю от нуля не более, чем на 0,5 дБ.

Пример: В табл. 5.1.2 приведены результаты расчетов значений dBK_{OC}^j по метеорологическим суткам со «значимыми осадками», причем за указанные 14 суток значение $\sum_{j=1}^M \bar{Q}_{MC}^j$ стало соизмеримо со средней месячной климатической нормой осадков для данного региона. Рассчитанное среднее значение $\overline{dBK_{OC}} = 0,28$ дБ.

Вывод: В соответствии с п. 5.1.4, измерения накопленных сумм осадков по ДМРЛ и метеостанциям, входящим в “осадкомерный круг”, считаются согласованными.

Таблица 5.1.2

№ п/п	j-номер суток со «значимыми осадками»	dBK_{OC}^j
1	2	3
1	1	0,83
2	2	0,95
3	3	0,76
4	4	1,02
5	5	0,96
6	6	-2,35
7	7	0,78
8	8	-1,15
*9	9	1,15
10	10	1,35
11	11	-0,87
12	12	0,92
13	13	0,78
14	14	1,60
	$\overline{dBK_{OC}}$	0,28

5.2 Валидация измерений высоты верхней границы облаков

5.2.1 Объектом валидации являются цифровые карты высоты ВГО с пространственным разрешением не хуже 4х4 км, которые рассчитываются в каждом цикле наблюдений ДМРЛ [19,22]. Каждый элемент (пиксель) карты характеризуется географическими координатами и средним значением $H_{ВГО}$.

5.2.2 При валидации р/л измерений $H_{ВГО}$ в качестве эталонов могут использоваться:

- измерения $H_{ВГО}$ на самолете-лаборатории (СМЛ);
- измерения $H_{ВГО}$ на соседнем ДМРЛ;
- измерения $H_{ВГО}$ на радиолокаторе вертикального зондирования (РВЗ).

5.2.3 Валидация р/л измерений $H_{ВГО}$ по наблюдениям на СМЛ.

5.2.3.1 Валидация измерений на ДМРЛ высоты верхней границы облачности может проводиться с использованием в качестве эталона измерений (наблюдений) с борта самолета-лаборатории.

5.2.3.2 В качестве эталона необходимо использовать данные инструментальных измерений $H_{ВГО}$ с помощью бортовых лидаров или радиолокаторов, обеспечивающих измерения $H_{ВГО}$ с погрешностью менее 0,5 км. На результаты визуальных измерений высоты верхней границы облачности сильно влияют субъективные факторы, что не позволяет получать надежные данные о $H_{ВГО}$ с погрешностью менее 0,5 км.

5.2.3.3 Валидация с использованием в качестве эталона измерений на СМЛ производится путем сопоставления данных одновременных измерений $H_{ВГО}$ на ДМРЛ и на СМЛ в одних и тех же точках пространства, что обеспечивается высокой точностью координатно-временной привязки измерений на СМЛ и обязательного учета угла крена СМЛ в процессе проведения измерений.

5.2.3.4 Сопоставление должно проводиться на удалениях до 150 км от ДМРЛ. Для репрезентативности необходимо выбирать разнообразные метеоситуации, характеризующиеся $H_{ВГО}$ в широких пределах, вплоть до высот 12-13 км, и однородным заполнением р/л отражаемостью зоны сравнения.

5.2.3.5 Из сопоставления должны исключаться случаи метеоситуаций, в которых проявляется ослабление зондирующего радиоизлучения ДМРЛ в осадках и водяной пленке на радиопрозрачных укрытиях антенных устройств, а также случаи метеоситуаций с многослойной облачностью.

5.2.3.6 Оценка согласованности измерений высоты верхней границы облачности на ДМРЛ, обозначаемых далее верхним индексом 1, и на СМЛ, далее обозначаемых верхним индексом 2, заключается в вычислении средней разности значений $H_{ВГО}$:

$$\overline{\Delta H}_{ВГО} = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \Delta H_{ВГО m}^{1,2}, \quad (5.2.1)$$

$$\Delta H_{ВГО m}^{1,2} \equiv (H_{ВГО}^1 - H_{ВГО}^2)_m,$$

здесь суммирование по m ведется по парным наблюдениям от 1 до N , где N – количество парных измерений высоты ВГО по ДМРЛ и эталону.

5.2.3.7 Расчет среднеквадратического отклонения $\Delta H_{ВГО}$ производится по формуле:

$$СКО_{\Delta H_{ВГО}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N \left(\Delta H_{ВГО m}^{1,2} - \overline{\Delta H}_{ВГО} \right)^2}, \quad (5.2.2)$$

5.2.3.8 Для получения надежных оценок с помощью формул (5.2.1) и (5.2.2) число независимых отсчетов $H_{ВГО}$ должно быть не менее 100.

5.2.3.9 Измерения высоты верхней границы по данным ДМРЛ и СМЛ считаются хорошо согласованными, если средняя величина разности $\Delta H_{ВГО}$,

измеренной на СМЛ и ДМРЛ, не превышает на удалении до 75 км от ДМРЛ величины 0,5 км при $СКО \leq 0,5$ км, а на дистанции >75 км от ДМРЛ – величины 0,75 км при $СКО \leq 0,75$ км.

Пример: В табл. 5.2.1 приведены данные одновременных измерений высоты ВГО в близких точках по пространству по ДМРЛ (колонка 3) и лидару на СМЛ (колонка 4) за несколько полетов СМЛ и разных форм облачности. Расчет проведен для $N=112$ парных измерений. Получены среднее значение $\overline{\Delta H}_{ВГО} = +0,07$ км и $СКО_{\Delta H_{ВГО}} = 0,33$ км.

Таблица 5.2.1

№ п/п	Дата, время, ВСВ, измере- ний	Нвго ДМРЛ (Нвго ¹), км	Нвго лидар (Нвго ²), км	Тип облач- ности	Удале- ние от ДМРЛ, км	Хар-ка Облачн. покрова	$\Delta H =$ Нвго ¹ – Нвго ² , км
1	2	3	4	5	6	7	8
12.02.16							
1	11:30:20	3,5	3,45	Ac	72	Сплош.	+0,05
2	11:40:20	3,4	3,50	Ac	69	Сплош.	-0,10
3	11:50:00	3,5	3,55	Ac	58	Сплош.	-0,05
...							
13.02.16							
111	16:10:20	4,9	4,85	Ns	95	Сплош.	+0,05
112	16:20:42	4,8	4,70	Ns	108	Сплош.	+0,10

$$\overline{\Delta H}_{ВГО} = +0,07$$

$$СКО_{\Delta H_{ВГО}} = 0,33$$

Вывод: в соответствии с п. 5.2.3.9 измерения $H_{ВГО}$ по ДМРЛ и СМЛ считаются согласованными.

5.2.4 Валидация р/л измерений $H_{ВГО}$ по наблюдениям на соседнем ДМРЛ

5.2.4.1 Валидация измерений на ДМРЛ высоты верхней границы облачности может проводиться с использованием в качестве эталона одновременных наблюдений на соседнем ДМРЛ.

5.2.4.2 В качестве эталона для сопоставления целесообразно выбирать радиолокаторы с близкими техническими характеристиками, расположенные на удалении не более 200-300 км от валидируемого ДМРЛ и обеспечивающие надежное перекрытие зон р/л обзора.

5.2.4.3 Измерения $H_{ВГО}$ на обоих радиолокаторах должны проводиться с использованием одинакового порога р/л отражаемости (минус 5 dBZ) для идентификации верхней границы облачности.

5.2.4.4 Оценка согласованности измерений высоты верхней границы облачности на двух ДМРЛ, обозначаемых далее верхними индексами 1 и 2, заключается в вычислении средней разности значений $H_{ВГО}$ по формуле 5.2.1. Расчет стандартной ошибки оценки средней величины разности высот ВГО по ДМРЛ и эталону производится по формуле 5.2.2.

5.2.4.5 Вычисление средней разности измерений $H_{ВГО}$ на двух ДМРЛ для исключения краевых эффектов проводится в равноудаленных от обоих радиолокаторов точках, расположенных вне границ зон р/л обзора.

5.2.4.6 Для проведения сопоставления выбираются метеоситуации с однородным заполнением р/эхом области сравнения и наблюдаемыми $H_{ВГО}$ в широком диапазоне – до высот 10÷12 км. Из сопоставления должны исключаться случаи метеоситуаций, в которых проявляется ослабление зондирующего радиоизлучения в осадках и водяной пленке на радиопрозрачных укрытиях антенных устройств ДМРЛ.

5.2.4.7 Измерения высоты верхней границы облачности на двух соседних радиолокаторах считаются согласованными, если $\overline{\Delta H_{ВГО}}$ не превышает 0,5 км при $СКО \leq 0,5$ км.

5.2.4.8 Для получения надежных оценок по (5.2.1) и (5.2.2) количество независимых парных измерений N на обоих ДМРЛ должно быть не менее 100.

Пример: В табл. 5.2.2 приведены данные одновременных измерений в одних и тех же точках значений $H_{ВГО}$ по ДМРЛ¹ и соседнему ДМРЛ² (колонки 3 и 4, соответственно) для нескольких дней в условиях разных форм сплошной облачности. В колонке 8 рассчитаны значения разностей ($H_{ВГО}^1 - H_{ВГО}^2$) для всех 105 точек и результат расчета среднего значения и СКО: $\overline{\Delta H_{ВГО}} = 390$ м, $СКО_{\Delta H_{ВГО}} = 450$ м.

Таблица 5.2.2

№ точки	Дата, время	Нвго ДМРЛ ¹ ($H_{ВГО}^1$), м	Нвго ДМРЛ ² ($H_{ВГО}^2$), м	Форма облачности	Удаление от ДМРЛ, км	Облачн. покров	ΔH , м
1	2	3	4	5	6	7	8
13.11							
1	14:30	4300	4400	Ns	180	Сплошной	-100
2	14:40	4500	4600	Ns	180	Сплошной	-100
3	14:50	4600	4400	Ns	180	Сплошной	200
....							
04.12							
105	12:10	4900	4800	As	180	Сплошной	100
Сред.	$\overline{\Delta H_{ВГО}}$, м						250
СКО	$СКО_{\Delta H_{ВГО}}$, м						450

Вывод: в соответствии с п. 5.2.4.7, измерения $H_{ВГО}$ на соседних ДМРЛ считаются согласованными.

5.2.5 Валидация р/л измерений $H_{ВГО}$ по наблюдениям радиолокатора вертикального зондирования

5.2.5.1 В качестве эталона для валидации измерений высоты верхней границы облачности на ДМРЛ может использоваться информация об $H_{ВГО}$, получаемая на метеорологическом радиолокаторе вертикального зондирования (РВЗ), обеспечивающем непрерывное измерение профиля р/л отражаемости в интервале высот до 15-20 км с радиальным разрешением выше 0,5 км.

5.2.5.2 В целом, методика валидации по данным РВЗ повторяет методику, изложенную в разделе 5.2.3. При этом, для расчетов по формулам (5.2.1)-(5.2.2) должны использоваться данные РВЗ, осредненные по временным интервалам, соответствующим регламенту наблюдений на ДМРЛ (см. п. 4.11). Требование о близости технических характеристик (метеопотенциала) обоих радиолокаторов, в случае использования РВЗ в качестве эталона при валидации, может с учетом направления зондирования РВЗ не выполняться. При этом, выполнение требований п. 5.2.3.3 обязательно.

5.2.5.3 Измерения высоты ВГО на ДМРЛ и РВЗ считаются согласованными, если: $\overline{\Delta H}_{ВГО}$ не превышает 0,5 км при $СКО \leq 0,5$ км.

5.2.5.4 Для получения надежных оценок с помощью формул (5.2.1) и (5.2.2) количество независимых парных измерений N во всем высотном диапазоне измерений на ДМРЛ и РВЗ должно быть не менее 100.

Пример: В табл. 5.2.3 приведены данные одновременных измерений $H_{ВГО}$ в одних и тех же точках по ДМРЛ и РВЗ (колонки 3 и 4, соответственно) для нескольких дней в условиях наблюдения разных форм сплошной облачности. В колонке 8 рассчитаны значения разностей ($H_{ВГО}^1 - H_{ВГО}^2$) для всех 110 точек и результат расчета среднего значения и СКО: $\overline{\Delta H}_{ВГО} = 95$ м, $СКО_{\Delta H_{ВГО}} = 420$ м.

Таблица 5.2.3

№ точки	Дата, время измерения	Нвго ДМРЛ (Нвго ¹), м	Нвго РВЗ (Нвго ²), м	Тип облачности	Удаление от ДМРЛ, км	Облачн. покров	ΔН
1	2	3	4	5	6	7	8
29.01							
1	23:00	5800	5700	Ns	90	Сплошной	100
2	23:30	6300	6400	Ns	80	Сплошной	-100
3	00:00	6400	6200	Ns	70	Сплошной	200
...							
28.02							
110	15:00	3500	3400	As	180	Сплошной	100
Сред.	$\overline{\Delta H_{ВГО}}$, м						95
СКО	СКО _{ΔH_{ВГО}} , м						420

Вывод: в соответствии с п. 5.2.5.3 измерения **Н_{ВГО}** на ДМРЛ и РВЗ считаются согласованными.

5.3 Валидация идентификации опасных метеоявлений

5.3.1 Объектом валидации являются цифровые карты метеоявлений (МЯ), которые рассчитываются в каждом цикле наблюдений ДМРЛ [19,22]. Каждый пиксель карты МЯ характеризуется географическими координатами и кодом (градацией) МЯ в соответствии с таблицей из [22]:

Таблица 5.3.1

Код	Метеоявление	Обозна- чение	Код	Метеоявление	Обозна- чение
0	Отсутствует р/эхо		10	Гроза с вероятностью 30-70%	(R)
1	Облачность верх. и средн. ярус	Ac	11	Гроза с вероятностью 71-90%	R)
2	Слоист. облачность	St	12	Гроза с вероятностью > 90%	R
3	Осадки слабые	:	13	Гроза + град слабый	(G)
4	Осадки умеренные	*	14	Гроза + град умеренный	G)
5	Осадки сильные	**	15	Гроза + град сильный	G
6	Кучевая облачность	Cu	16	Гроза + шквал слабый	(S)
7	Ливень слабый	(V)	17	Гроза+ шквал умеренный	S)
8	Ливень умеренный	V)	18	Гроза+ шквал сильный	S
9	Ливень сильный	V	19	Торнадо (смерч)	T

Код пикселя определяет наиболее опасное МЯ, идентифицированное по ДМРЛ в пределах пикселя.

5.3.2 Валидация проводится для карт МЯ с горизонтальным разрешением 4x4 км, соответствующим разрешению информации, передаваемой в органы организации воздушного движения в коде BUFR в соответствии с требованиями [22].

5.3.3 Методика описывает валидацию идентифицируемых на ДМРЛ конвективных опасных явлений погоды (с кодами 10÷18 в табл. 5.3.1), с грозами, которые могут представлять угрозу безопасности граждан и народного хозяйства [3,10].

5.3.4 Валидация проводится в радиусе сопоставления (РС) относительно места установки ДМРЛ путем сопоставления результатов идентификации ОЯ на ДМРЛ и по эталону в пределах контрольных кругов. Размеры и

размещение КК в пределах РС зависят от конкретного валидируемого ОЯ, рассчитываемого показателя и выбранного эталона.

5.3.5 В качестве эталона при валидации могут использоваться:

- наблюдения на МС (в т.ч. – АМСГ), входящих в ГНС;
- информация ГПС (только для валидации гроз).

5.3.6 Валидация идентификации ОЯ на ДМРЛ может проводиться для каждого ДМРЛ в отдельности, за выбранный период времени: месяц, сезон и т.д. При этом, длительность периода валидации не может быть короче одного месяца.

5.3.7 Валидация проводится по каждому ОЯ в отдельности: по грозам, грозам с градом, грозам со шквалами.

5.3.8 В ходе валидации проверяется выполнение следующих условий:

- все очаги ОЯ, идентифицированные по эталонным метеонаблюдениям, также идентифицированы на ДМРЛ;
- все очаги ОЯ, идентифицированные на ДМРЛ, также идентифицированы по эталонным метеонаблюдениям.

При выполнении этих условий можно гарантировать, что точность идентификации ОЯ по данным ДМРЛ соответствует точности эталонных метеонаблюдений.

5.3.9 При валидации оценка согласованности результатов идентификации ОЯ на ДМРЛ и по эталону заключается в расчете следующих статистических показателей:

- **оправдываемость** P_o идентификации ОЯ на ДМРЛ, %;
- **достоверность** P_d идентификации ОЯ на ДМРЛ, %.

(Примечание – «Оправдываемость» в терминах настоящей Методики имеет тот же смысл, что и «Предупрежденность» в [29]).

5.3.10 При валидации отдельным “случаем” считается идентификация данной градации ОЯ на ДМРЛ в любом пикселе карты МЯ в пределах КК в

течение **одного** цикла наблюдений. Периодичность автоматизированных р/л наблюдений на ГНС составляет 10 минут [19,22].

5.3.11 При проведении валидации эталонные метеорологические наблюдения также разбиваются на 10-минутные интервалы, начало и окончание которых совпадает с наблюдениями на ДМРЛ. Считается, что эталон подтвердил в конкретном КК “случай” наблюдения ОЯ данной градации на ДМРЛ, если эталоном зарегистрировано такое же ОЯ.

5.3.12 **Оправдываемость** P_o (%) рассчитывается по следующей формуле:

$$P_o = K_{11}/K_{01} \cdot 100\%, \quad (5.3.1)$$

здесь K_{11} и K_{01} – элементы незамкнутой таблицы сопряженности:

Таблица 5.3.2

		Данные эталона		
		есть ОЯ	нет ОЯ	СУММА
Данные ДМРЛ	есть ОЯ	K_{11}	K_{12}	K_{10}
	нет ОЯ	K_{21}		
	СУММА	K_{01}		

В таблице использованы следующие обозначения (в скобках приведены названия согласно [33]):

K_{11} – количество случаев ОЯ, верно идентифицированных на ДМРЛ из отмеченных эталоном («**попадания**»);

K_{12} – количество случаев ОЯ, идентифицированных на ДМРЛ, но **не** подтвержденных эталоном («**ложные тревоги**»);

K_{10} – общее количество случаев ОЯ, идентифицированных на ДМРЛ;

K_{21} – количество случаев ОЯ, **не** идентифицированных на ДМРЛ, но отмеченных эталоном («**промахи**»);

K_{01} – общее количество случаев ОЯ, отмеченных по данным эталона.

5.3.13 **Достоверность P_d (%)** идентификации ОЯ по каждой градации на ДМРЛ за оцениваемый период рассчитывается по формуле:

$$P_d = K_{11}/K_{10} \cdot 100\%, \quad (5.3.2)$$

5.3.14 Процентная доля неоправдавшихся случаев **$P_{но}$** идентификации на ДМРЛ ОЯ каждой градации рассчитывается по формуле:

$$P_{но} = 100\% - P_o, \quad (5.3.3)$$

$P_{но}$ имеет тот же смысл, что и процент непредусмотренных ОЯ в [29].

5.3.15 Процентная доля ложных тревог **$P_{лт}$ (%)** по каждой градации ОЯ при идентификации на ДМРЛ рассчитывается по формуле:

$$P_{лт} = 100\% - P_d, \quad (5.3.4)$$

$P_{лт}$ имеет тот же смысл, что и показатель ЛТ в [29].

В отечественной радиометеорологической практике для характеристики надежности идентификации ОЯ по данным ДМРЛ принято использовать показатель «Достоверность» [2,5,15], в отличие от показателя "Доля ложных тревог", используемого для оценки успешности прогнозов и ШП [33, 35].

5.3.16 При использовании следующих порогов:

$P_o \geq 70\%$ – удовлетворительно,	$P_d \geq 60\%$ – удовлетворительно,
$P_o \geq 80\%$ – хорошо,	$P_d \geq 70\%$ – хорошо,
$P_o \geq 90\%$ – отлично,	$P_d \geq 80\%$ – отлично.

вывод о согласованности результатов идентификации ОЯ по ДМРЛ и эталону делается в случае, если по обоим показателям **P_o** и **P_d** достигнуты удовлетворительные результаты.

5.3.17 Особенности валидации по наблюдениям на МС

5.3.18 При использовании в качестве эталона данных наблюдений за атмосферными явлениями на МС, входящих в ГНС, информация о времени начала/окончания наблюдения ОЯ на МС поступает в метеорологических кодах и формах. Из данных МС необходимо исключать случаи наблюдения зарниц.

5.3.19 Поскольку сообщения в кодах и форматах [17]: КН-01 [13], WAREP [12], METAR [11], TMC [20], Персона-МИС [1] содержат информацию о начале/окончании ОЯ с разной точностью (дискретностью) по времени: например, в данных WAREP, TMC, Персона-МИС указывается время ОЯ с точностью до минут, а в сообщениях в КН-01 и METAR указывается наличие ОЯ – “в срок” и “в прошедший час”/”прошедшие 0,5 часа” соответственно, поэтому каждый из перечисленных видов информации рассматривается как самостоятельный эталон.

5.3.20 Эталонную информацию МС необходимо интерполировать на 10-мин интервалы времени в соответствии с регламентом наблюдений ДМРЛ [19, 21, 22].

5.3.21 Радиолокационные наблюдения считаются привязанными к концу 10-минутного интервала наблюдений: например, если наблюдение проводилось с 05:10 до 05:20 ВСВ, то оно будет обозначаться как “05:20 ВСВ”.

5.3.22 Сопоставление информации об ОЯ от ДМРЛ и эталона (МС) проводится следующим образом. Для каждого валидируемого ДМРЛ формируется список МС, по которому проводится сопоставление. Вокруг каждой МС, включенной в список данного ДМРЛ, выделяется контрольный круг радиуса РКК. В список включаются МС, контрольные круги которых **целиком** лежат в пределах зоны р/л обзора. Если в КК метеостанции

попадает часть площади сектора закрытия валидируемого ДМРЛ, такая МС должна исключаться из сопоставления.

5.3.23 В каждом 10-минутном цикле наблюдений на карте МЯ ДМРЛ для всех МС, включенных в список, проводится поиск МЯ с максимальным кодом явления (максимально “опасное” метеоявление) внутри КК. Считается, что в текущем цикле наблюдений на ДМРЛ идентифицируется максимально “опасное” МЯ в пределах КК соответствующей МС.

5.3.24 Код максимально “опасного” ОЯ, идентифицированного на ДМРЛ в конкретном КК, сопоставляется с данными синхронных наблюдений на соответствующей МС и заполняется усеченная таблица сопряженности [29]: если обнаруженное ОЯ на ДМРЛ подтверждается МС, то счетчик “попаданий” K_{11} увеличивается на 1, в противном случае – увеличивается на 1 счетчик “ложных тревог” K_{12} .

5.3.25 Если ситуация обратная – ОЯ обнаружено в данном цикле наблюдений в эталонной информации МС, но не подтверждается наблюдениями ДМРЛ в КК соответствующей МС, то счетчик “промахов” K_{21} увеличивается на 1.

5.3.26 При проведении сопоставления в пп. 5.3.22-5.3.23 наблюдений на ДМРЛ и на МС поиск соответствия проводится для трех циклов наблюдения: **синхронного, предыдущего (- 10 минут) и последующего (+10 минут)** для обеспечения обнаружения на ДМРЛ очагов ОЯ, зафиксированных на МС и быстро перемещающихся через КК.

5.3.27 Подсчет элементов K_{ij} таблицы сопряженности 5.1.8 проводится в течение всего периода валидации:

- по всем 10-минутным циклам наблюдений,
- для всех МС из списка валидируемого ДМРЛ.

5.3.28 Радиус КК при расчете *оправдываемости* гроз на ДМРЛ равен 30 км, при расчете *достоверности* гроз – 10 км.

Выбор радиуса КК обусловлен, во-первых, дальностью фиксации наблюдателем на МС звука грома при аудиовизуальном методе регистрации гроз [18], во-вторых, необходимостью учета низкой точности координатной привязки МС. При выборе величины РКК исходят из **обязательности обнаружения** наблюдателем грозы на МС на расстоянии до 10 км и о **возможном обнаружении** - на расстоянии до **30 км**.

5.3.29 При расчете *оправдываемости* таких ОЯ, как град и шквал, сопровождающих грозу, РКК выбирается равным **30 км**. При оценке их *достоверности* величина РКК принимается равной **5 км**, так как регистрация этих ОЯ производится только при их наблюдении на МС [31].

5.3.30 Особенности валидации по данным WAREP, «ПЕРСОНА-МИС» и ТМС

5.3.31 Данные наблюдений ОЯ на МС, содержащие сведения о времени начала/окончания явления, передаются в коде WAREP по сети АСПД в оперативном режиме, а также содержатся в данных в формате «ПЕРСОНА-МИС» [1] и метеорологических таблицах станционных ТМС [20], поступающих ~~потребителям~~ из УГМС с задержкой 1,5-2 месяца.

5.3.32 Теоретически данные указанных трех типов от сети МС должны содержать идентичную наиболее подробную информацию о наблюдаемых ОЯ и могут использоваться в качестве эталона при валидации. Однако, на практике они существенно отличаются по полноте (количеству описанных ОЯ) и своей доступности в некоторых УГМС.

5.3.33 В неоперативном режиме валидации наблюдений ОЯ на ДМРЛ в качестве эталона рекомендуется использовать таблицы ТМС. В этом случае период валидации может быть разным: от месяца до сезона, года.

5.3.34 Данные наблюдений ОЯ на МС, передаваемые в коде WAREP, рекомендуются к использованию в оперативном режиме для валидации тех ДМРЛ, для которых их полнота соответствует информации по таблицам

ТМС.

Пример: наблюдателем на МС в период времени с 05:23 до 06:15 ВСВ зафиксирована гроза и переданы сообщения в коде WAREP о времени начала и окончания грозы, аналогичная информация внесена в таблицы ТМС и данные в формате “ПЕРСОНА-МИС”.

Предварительная подготовка эталонных данных. Перед сопоставлением эталонная информация переинтерполируется на 10-минутные временные интервалы в соответствии с п. 5.3.21: гроза на МС по данным ТМС (WAREP, «ПЕРСОНА-МИС») фиксировалась в следующие шесть 10-мин сроков: 05:30, 05:40, 05:50, 06:00, 06:10, 06:20 ВСВ (обозначения сроков р/л наблюдений соответствуют концу интервала наблюдений, согласно п. 5.3.21).

Обработка данных наблюдений ДМРЛ.

Перед сопоставлением с эталонной информацией производится последовательная обработка наблюдений ДМРЛ за каждый срок.

На картах МЯ ДМРЛ код максимально “опасного” МЯ (по табл. 5.3.1) в контрольном круге интересующей нас МС превышал код “9” в следующие сроки р/л наблюдений: 05:30, 06:10 и 06:40 ВСВ.

При расчете *оправдываемости* число случаев (сроков) наблюдений грозы на МС, подтвержденных ДМРЛ, согласно правилам сопоставления п. 5.3.24-5.3.29, будет пять: 05:30, 05:40, 06:00, 06:10, 06:20 ВСВ, а гроза в срок 05:50 по эталону (МС) не будет подтверждена наблюдениями на ДМРЛ, т.е. P_o будет $5/6 = 83\%$, а $P_{но} = 17\%$.

При расчете *достоверности* число случаев наблюдений грозы на ДМРЛ, подтвержденных эталонными наблюдениями на МС, будет два: 05:30 и 06:10 ВСВ, а гроза в срок 06:40 по ДМРЛ не будет подтверждена эталонными наблюдениями грозы на МС, т.е. P_d будет $2/3 = 66\%$, а $P_{лт} = 34\%$.

5.3.35 Особенности валидации по данным в коде КН-01

5.3.36 Для оперативной валидации наблюдений ОЯ на ДМРЛ в качестве эталона могут использоваться данные, передаваемые в оперативном режиме в коде КН-01 [13].

5.3.37 Для валидации могут использоваться только два вида сообщений в коде КН-01: «в срок» и «в последний час», передаваемые МС каждые 3 часа. Относительно грубая временная привязка начала/окончания ОЯ по сравнению с данными ТМС является недостатком данных в коде КН-01 при их использовании в качестве эталона. По этой причине не используются данные «между сроками». Преимуществом данных в коде КН-01 является их оперативность и стабильное поступление практически от всех МС.

5.3.38 В расчетах *оправдываемости* по сообщениям «в последний час» в коде КН-01 (в отличие от п. 5.3.10) совпадением эталонной информации МС об ОЯ с наблюдениями ДМРЛ считается случай, если хотя бы в одном 10-мин цикле р/л наблюдений за последний час, с учетом расширения временного интервала согласно п. 5.3.26, (± 10 -мин), по ДМРЛ в соответствующем КК, наблюдалась гроза.

5.3.39 В расчетах *достоверности* случай наблюдения грозы на ДМРЛ в контрольном круге МС считается подтвержденным, если его срок отличается не более чем на 10 минут (согласно п. 5.3.26) от времени начала или окончания сообщения «в последний час» в коде КН-01 эталонной МС.

5.3.40 Данные в коде КН-01 рекомендуются к использованию для валидации при оперативном контроле оправдываемости и достоверности идентификации ОЯ на ДМРЛ за период валидации не менее 1-го месяца.

Пример: наблюдателем на МС в период времени с 05:23 до 06:15 ВСВ зафиксирована гроза. В 06:00 ВСВ от МС поступила информация в коде КН-01: «гроза в последний час» или «гроза в срок», в зависимости от других условий (наличие или отсутствие осадков разных видов и пр.), которые здесь не рассматриваются.

Предварительная подготовка эталонных данных. Сообщение «гроза в последний час» по данным в коде КН-01 означает фиксацию грозы на МС в интервале: 05:00÷05:50 ВСВ; сообщение «гроза в срок» означает фиксацию грозы на МС в интервале 05:50÷06:00 ВСВ (обозначения сроков р/л наблюдений соответствуют концу интервала наблюдений, согласно п. 5.3.21).

На картах МЯ ДМРЛ код максимально “опасного” МЯ (по табл. 5.3.1) в контрольном круге интересующей нас МС превышал “9” в следующие сроки р/л наблюдений: 05:30, 06:10 и 06:40.

Тогда, при расчете *оправдываемости* случая наблюдения грозы на МС «в последний час», согласно п. 5.3.38, достаточно, чтобы подтверждение грозой по ДМРЛ было хотя бы в одной из десятиминуток расширенного интервала 04:50÷06:00 ВСВ в контрольном круге МС. Срок 05:30 грозы по ДМРЛ удовлетворяет этому условию, т.е. P_0 будет $1/1 = 100\%$, а $P_{HO} = 0\%$.

При расчете *достоверности* наблюдений случаев грозы на ДМРЛ с привлечением данных МС «в последний час», можно оценивать только срок 05:30 по ДМРЛ, т.к. только одна р/л гроза по ДМРЛ в этот срок входит в расширенный интервал 04:50÷06:00 ВСВ грозы по МС. Поскольку этот интервал включает грозу по ДМРЛ в 05:30, P_d будет $1/1 = 100\%$, а $P_{LT} = 0\%$.

При расчете *оправдываемости* случая наблюдения грозы на МС «в срок» согласно п. 5.3.39, достаточно, чтобы подтверждение грозой по ДМРЛ было хотя бы в одной из десятиминуток расширенного интервала 05:40÷06:10 ВСВ в контрольном круге МС. Срок 06:10 грозы по ДМРЛ удовлетворяет этому условию, т.е. P_0 будет $1/1 = 100\%$, а $P_{HO} = 0\%$.

При расчете *достоверности* наблюдений случаев грозы на ДМРЛ с привлечением данных МС «в срок», можно оценивать только срок 06:10 по ДМРЛ, т.к. только одна р/л гроза по ДМРЛ в этот срок входит в расширенный интервал 05:40÷06:10 ВСВ. Достаточно, чтобы хотя бы одна 10-минутка расширенного интервала 05:40÷06:10 ВСВ включала грозу по ДМРЛ в контрольном круге МС. Срок 06:10 грозы по ДМРЛ удовлетворяет этому условию, т.е. P_d будет $1/1 = 100\%$, а $P_{LT} = 0\%$.

5.3.41 Особенности валидации по данным в коде METAR

5.3.42 Для оперативной валидации в качестве эталона могут использоваться данные метеорологических наблюдений на АМСГ, передаваемые в оперативном режиме по сети АСПД в коде METAR [11].

5.3.43 Данные в коде METAR передаются каждые 30 минут и содержат информацию о текущей погоде “в срок” (за предшествующие 10 минут) и “о прошедшей (недавней) погоде” (за первые 20 минут получасового интервала) [11]. Информация в коде METAR с периодичностью в 1 час в настоящей Методике не рассматривается.

5.3.44 Относительным недостатком данных в коде METAR при их использовании для валидации является их относительно малое количество данных по сравнению с данными наблюдений других типов.

5.3.45 Относительным преимуществом данных в коде METAR является их стабильное поступление от всех АМСГ на ГНС Росгидромета.

5.3.46 Данные в коде METAR рекомендуются к использованию для валидации для оперативного контроля оправдываемости и достоверности идентификации ОЯ на ДМРЛ за период валидации не менее 1-го месяца в дополнение к результатам валидации по другим эталонам.

Пример: наблюдателем на АМСГ в период времени с 05:23 до 06:15 ВСВ зафиксирована гроза. В 05:30 ВСВ от АМСГ поступило сообщение в коде METAR: гроза «в срок» (с 05:20 до 05:30 ВСВ). Следующее сообщение в коде METAR от АМСГ поступило в 06:00 ВСВ: гроза «в срок» (с 05:50 до 06:00 ВСВ) и гроза «в прошедшей погоде» (с 05:30 до 05:50 ВСВ). Рассматриваются все возможные варианты сообщений, хотя в 06:00 возможна подача одного из сообщений - «гроза в срок» или «гроза в прошедшей погоде», в зависимости от других условий, которые здесь не рассматриваются. Наконец, в 06:30 поступило сообщение: гроза «в прошедшей погоде» (06:00-06:20)

Предварительная подготовка эталонных данных. Перед сопоставлением эталонная информация была переинтерполирована на 10-мин временные интервалы в соответствии с правилами п. 5.3.20: гроза

на АМСГ по данным в коде METAR фиксировалась в следующие шесть 10-мин сроков: 05:30, 05:40, 05:50, 06:00, 06:10, 06:20 ВСВ (обозначения сроков р/л наблюдений соответствуют концу интервала наблюдений, согласно п. 5.3.21).

На картах МЯ ДМРЛ код максимально “опасного” МЯ (по табл. 5.3.1) в контрольном круге интересующей нас МС превышал “9” в следующие сроки р/л наблюдений: 05:30, 06:10 и 06:40 ВСВ.

Тогда, при расчете *оправдываемости* число случаев наблюдений грозы на АМСГ, подтвержденных ДМРЛ, согласно правилам сопоставления п. 5.3.26, будет пять: 05:30, 05:40, 06:00, 06:10, 06:20 ВСВ, а гроза в срок 05:50 по эталону (МС) не будет подтверждена наблюдениями на ДМРЛ, т.е. P_o будет $5/6 = 83\%$, а $P_{но} = 17\%$.

При расчете *достоверности* число случаев наблюдений грозы на ДМРЛ, подтвержденных эталонными наблюдениями на МС, будет два: 05:30 и 06:10 ВСВ, а гроза в срок 06:40 по ДМРЛ не будет подтверждена эталонными наблюдениями, т.е. P_d будет $2/3 = 66\%$, а $P_{лт} = 34\%$.

5.3.47 Особенности валидации по данным ГПС

5.3.48 Валидация точности идентификации гроз на ДМРЛ может проводиться с использованием в качестве эталона данных ГПС. Данные ГПС представляют собой последовательный список зарегистрированных молниевых разрядов (МР) с указанием следующих параметров: времени с точностью до секунд, географических координат, типе (облако-земля, облако-облако), мощности МР и некоторых других.

5.3.49 Сопоставление информации ДМРЛ о грозах (явления с кодами 10÷18 по таблице 5.3.1) проводится следующим образом. Информация ГПС разделяется на 10-мин интервалы в соответствии с циклами р/л наблюдений ДМРЛ. Все МР, зарегистрированные в пределах одного 10-мин интервала, рассматриваются как эталонные события, подлежащие сопоставлению с ДМРЛ. Вокруг каждого МР выделяется КК радиусом 20 км. Сопоставление с

наблюдениями ДМРЛ проводится по всем пикселям карты МЯ, попадающим внутрь КК для каждого МР, за период валидации – месяц, сезон, год.

5.3.50 Если в площадь КК попадают сектора закрытия валидируемого ДМРЛ или площадь КК выходит за пределы зоны р/л обзора, такой МР должен исключаться из рассмотрения.

5.3.51 Расчет оправдываемости P_O и достоверности P_D идентификации гроз на ДМРЛ при валидации по наблюдениям ГПС проводятся аналогично пп. 5.3.12-16.

5.3.52 Оправдываемость P_O – это отношение числа МР, зарегистрированных ГПС и подтвержденных грозами на карте МЯ ДМРЛ, к общему количеству МР по ГПС, отобранных для сопоставления, за период валидации, выраженное в %.

5.3.53 Достоверность P_D – это отношение числа подтвержденных ГПС идентифицированных на ДМРЛ ОЯ с грозой (явления с кодами 10÷18 по таблице 5.3.1) к общему количеству ОЯ с грозой по данным ДМРЛ, за период валидации, выраженное в %.

5.3.54 Вывод о согласованности результатов идентификации гроз по ДМРЛ с наблюдениями ГПС делается с использованием правил и порогов, приведенных в п. 5.3.16.

5.3.55 На практике различные ГПС существенно различаются как по технологии обнаружения МР, так и по точностным характеристикам: точности пространственной локализации МР, количеству пропущенных МР, количеству ложных МР, вызванных различными причинами.

5.3.56 Для использования в качестве эталона при валидации наблюдений ОЯ на ДМРЛ в оперативном режиме рекомендуется использовать данные глобальной ГПС GLD360 [14]. Данные ГПС LS-8000 Росгидромета [24] - по ограниченной территории в районе установки датчиков вокруг г. Москва и г. Нальчик. Данные глобальной ГПС WWLLN [26] рекомендуется

использовать только для расчета оправдываемости (из-за относительно большого количества пропусков МР).

Пример: по наблюдениям ГПС в пункте с координатами NN и WW (в окрестности МС из примеров 5.3.34; 5.3.40 и 5.3.46) в 05:23, 05:51 и 06:35 ВСВ зафиксированы три МР.

Для определенности будем считать, что в 20-км окрестности этих МР гроза по ДМРЛ (коды максимально “опасного” МЯ превышали “9”) отмечена в следующие три срока: 05:30, 06:10 и 06:40 ВСВ, а в остальное время гроза на ДМРЛ в данном месте не идентифицировалась.

При расчете *оправдываемости* проводится исследование карт МЯ валидируемого ДМРЛ за соответствующие сроки р/л наблюдения: 05:20÷05:40, 05:50÷06:10 и 06:30÷06:50 ВСВ, соответственно. Для этого, для каждого МР, согласно требованиям п. 5.3.49, строится КК и ищется максимально “опасное” на картах МЯ (по табл. 5.3.1).

Тогда, при расчете *оправдываемости* все три случая грозы по эталону (ГПС), будут подтверждены ДМРЛ, согласно правилам п. 5.3.52. Следовательно, $P_O = 3/3 = 100\%$, а $P_{HO} = 0$

При расчете *достоверности* число случаев наблюдений грозы на ДМРЛ, подтвержденных эталонными наблюдениями ГПС, будет также три: 05:30, 06:10, 06:40 ВСВ, т.е. $P_D = 3/3 = 100\%$, а $P_{LT} = 0\%$.

5.4 Валидация измерений горизонтального ветра

5.4.1 Валидация доплеровских измерений горизонтального ветра на ДМРЛ проводится путем сопоставления значений скорости и направления (азимута) ветра в близких точках в пространстве и синхронных по времени наблюдений по ДМРЛ и по эталону.

5.4.2 Для валидации измерений горизонтального ветра на ДМРЛ выбираются случаи с метеоситуациями, характеризующимися горизонтальной однородностью поля ветра и заполнением радиозом не менее 50% в высотном слое для получения надежных значений скорости и направления при обработке данных доплеровских измерений по ДМРЛ.

5.4.3 Оценка согласованности измерений характеристик горизонтального ветра на ДМРЛ (далее обозначаемых нижним индексом 1) и эталоном (далее обозначаемых нижним индексом 2) заключается в вычислении средней разности значений горизонтальной скорости $V(\text{м/с})$:

$$\overline{\Delta V} = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \Delta V_{1,2}^m, \quad (5.4.1)$$

где разность в m -паре: $\Delta V_{1,2}^m \equiv (V_1 - V_2)_m$

и средней разности направлений горизонтального ветра $\overline{\Delta dd}$ ($^\circ$):

$$\overline{\Delta dd} = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \Delta dd_{1,2}^m, \quad (5.4.2)$$

где разность в m -паре: $\Delta dd_{1,2}^m \equiv (dd_1 - dd_2)_m$

здесь суммирование ведется по парным наблюдениям, N – общее количество парных измерений характеристик горизонтального ветра по ДМРЛ и эталону.

5.4.4 Расчет стандартной ошибки оценки средней величины разностей ΔV и Δdd производится по формулам:

$$CKO_{\Delta V} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N \left(\Delta V_{1,2}^m - \overline{\Delta V} \right)^2}, \quad (5.4.3)$$

и

$$CKO_{\Delta dd} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N \left(\Delta dd_{1,2}^m - \overline{dd} \right)^2}, \quad (5.4.4)$$

5.4.5 При валидации доплеровских измерений на ДМРЛ характеристик горизонтального ветра в качестве эталонов могут использоваться:

- данные измерений ветра на самолете-лаборатории (СМЛ);
- данные аэрологического зондирования (АЭ);
- измерения ветра на высотных метеорологических мачтах (ВММ).

5.4.6 Измерения горизонтального ветра по ДМРЛ и эталону считаются согласованными, если средняя величина разностей и соответствующих СКО не превышает величин: 3-4 м/с – по скорости и 30° – по направлению [3, Приложение В].

5.4.7 Валидация по измерениям ветра на СМЛ

5.4.8 Валидация доплеровских измерений скорости ветра на ДМРЛ может проводиться с использованием в качестве эталона измерений на самолетах, оборудованных специальными приборными комплексами, обеспечивающими измерение невозмущенных характеристик ветра с точностью не хуже 1-5 м/с по скорости и 1°÷5° по направлению с точной пространственно-временной привязкой измерений. В Росгидромете с 2015 года такие измерения может проводить СМЛ «Росгидромет».

5.4.9 В качестве объекта валидации используются карты ДМРЛ горизонтальных сечений поля горизонтального ветра на разных высотах.

5.4.10 Для сопоставления выбираются синхронные по времени измерения скорости ветра по ДМРЛ и СМЛ. На р/л картах значения скорости ветра выбираются в ближайших по высоте и координатам точках, соответствующих самолетным измерениям.

5.4.11 Для оценки согласованности измерений характеристик ветра по ДМРЛ и СМЛ проводится расчет по формулам (5.4.1)-(5.4.4) на всех высотных уровнях измерений ветра на СМЛ. Вывод о согласованности измерений делается согласно критериям п. 5.4.7.

5.4.12 Для получения надежной оценки согласованности измерений характеристик ветра по ДМРЛ и СМЛ расчет проводят по накопленным данным в нескольких полетах, с количеством измерений не менее $N=100$.

Пример: В табл. 5.4.1 приведены данные одновременных измерений направления (dd) и скорости (V) в близких точках по пространству по ДМРЛ (колонки 5-6) и СМЛ (колонки 7-8) за несколько полетов СМЛ. Расчет по формулам 5.4.1-5.4.4 проведен для $N=120$ парных измерений. Получены средние значения разностей: $\overline{\Delta V} = +1,1$ м/с; $\overline{\Delta dd} = +9,2^\circ$; $СКО_{\Delta V} = 2,3$ м/с ; $СКО_{\Delta dd} = 21,2^\circ$.

Таблица 5.4.1

№ п/п	Дата, время измерений	Удаление от ДМРЛ, км	Высота уровня измер. ветра, м	Напр. ветра ДМРЛ $dd_1,^\circ$	Скор. ветра ДМРЛ $V_1, \text{м/с}$	Напр. ветра СМЛ $dd_2,^\circ$	Скор. ветра СМЛ $V_2, \text{м/с}$	$\Delta d = (dd_1 - dd_2),^\circ$	$\Delta V = (V_1 - V_2), \text{м/с}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19.12.2015									
1	12:30	98	3590	256	17,0	265	14,2	-9	+2,8
2	15:00	111	3430	248	15,0	247	13,6	+1	+1,4
3	15:20	56	1700	220	15,5	223	16,8	-3	-1,3
...									
20.02.2016									
119	12:19	28	3772	188	10,0	201	10,7	-13	-0,7
120	12:46	87	2453	202	12,5	197	11,6	+5	+0,9
Среднее $\overline{\Delta dd}$ $\overline{\Delta V}$								+9,2	+1,1
СКО $СКО_{\Delta dd}$ $СКО_{\Delta V}$								21,2	2,3

Вывод: в соответствии с п. 5.4.6, измерения V и dd по ДМРЛ и СМЛ считаются согласованными.

5.4.13 Валидация по данным АЭ

5.4.14 Валидация доплеровских измерений скорости ветра на ДМРЛ может проводиться с использованием в качестве эталона данных аэрологического зондирования на АЭ.

5.4.15 Для валидации могут использоваться данные радиозондов, которые в процессе подъема до высоты ВГО находились в пределах зоны р/л обзора соответствующего ДМРЛ.

5.4.16 В качестве объекта валидации используется осредненный вертикальный профиль доплеровского ветра по ДМРЛ или р/л карты доплеровского ветра по ДМРЛ на стандартных высотных уровнях.

5.4.17 Для оценки согласованности измерений характеристик ветра по ДМРЛ и радиозондированию проводится расчет по формулам (5.4.1)-(5.4.4).

5.4.18 Для оценки согласованности измерений характеристик ветра по ДМРЛ и радиозондированию проводится расчет по данным нескольких запусков радиозондов. Осреднение проводится как по случаям запусков, так и по высотным уровням, с общим количеством парных измерений не менее 100. Вывод о согласованности измерений делается согласно критериям п. 5.4.7.

Пример: В табл. 5.4.2 приведены данные одновременных измерений направления (dd) и скорости (V) ветра в близких по пространству точках по ДМРЛ (колонки 5-6) и по радиозондированию (колонки 7-8) за несколько сроков аэрологического зондирования. Расчет по формулам 5.4.1 -5.4.4 проведен для $N=105$ парных измерений. В результате осреднения получены значения: $\overline{dd} = -7,2^\circ$, $\overline{V} = +1,3$ м/с; $СКО_{dd} = 28,2^\circ$ $СКО_{V} = 3,8^\circ$. **Вывод:** в соответствии с п. 5.4.7

Методики, измерения направления и скорости ветра по ДМРЛ и по данным радиозондирования являются согласованными.

Таблица 5.4.2

№ п/ п	Дата, время р/зондир ВСВ	Высота уровня измер. ветра, м	Напр. ветра ДМРЛ dd ₁ , °	Скор. ветра ДМРЛ V ₁ , м/с	Напр. ветра р/зонди- рование dd ₂ , °	Скор. ветра, V ₂ , м/с	Δd= (dd ₁ - dd ₂), °	ΔV= (V ₁ - V ₂), м/с
1	2	4	5	6	7	8	9	10
16.09.17								
1	12:00	1000	334	9,80	335	10,5	-1	-0,7
2	12:00	2000	248	13,0	257	13,8	-9	-0,8
3	12:00	3000	256	13,8	270	15,7	-14	-1,9
...								
18.10.17								
104	00:00	6000	196	20,5	167	23,0	+29	-2,5
105	00:00	7000	202	23,6	197	24,0	+5	-0,4

5.4.19 Валидация по данным ВММ

5.4.20 Валидация доплеровских измерений скорости ветра на ДМРЛ может проводиться с использованием в качестве эталона данных измерений характеристик ветра на высотных метеорологических мачтах.

5.4.21 Для валидации могут использоваться данные измерений на высотных уровнях ВММ, которые находятся в зоне р/л обзора соответствующего ДМРЛ.

5.4.22 В качестве объекта валидации используется осредненный вертикальный профиль ветра по ДМРЛ или р/л карты доплеровского ветра на стандартных высотных уровнях.

5.4.23 Для оценки согласованности измерений характеристик ветра по ДМРЛ и эталону проводится расчет по формулам (5.4.1-5.4.4) и делается вывод согласно критериям п. 5.4.7.

5.4.24 Для получения надежной оценки согласованности измерений характеристик ветра по ДМРЛ и ВММ расчет проводят по накопленным данным для разных высотных уровней, с количеством парных измерений не менее N=100.

5.5 Валидация измерений дальности видимости в осадках

5.5.1 Объектом валидации являются цифровые карты видимости в осадках (L_B) с разрешением 1x1 км, которые рассчитываются в каждом цикле наблюдений ДМРЛ. Каждый пиксель карты характеризуется координатами центра и значениями L_B в цифровой или интервальной форме.

5.5.2 Валидация проводится путем сопоставления в близких точках в пространстве и совпадающих по времени значений L_B по данным ДМРЛ и эталону в близких точках пространства.

5.5.3 В качестве эталона могут использоваться результаты наблюдений на МС/АМСГ.

5.5.4 Для валидации видимости в осадках выбираются случаи метеоситуаций с наличием радиоэха на уровне измерения осадков в радиусе 100 км от ДМРЛ.

5.5.5 Оценка согласованности видимости в осадках проводится за сроки наблюдений по ДМРЛ, совпадающие со сроками определения МДВ на МС/АМСГ.

5.5.6 В соответствии с [3], для анализа привлекаются данные со значениями L_B или $МДВ \leq 5$ км.

5.5.7 Совпадающими по времени (синхронными) считаются сроки наблюдений по ДМРЛ и эталону, различающиеся не более чем на 10 минут.

5.5.8 Сопоставляются синхронные значения L_B на картах ДМРЛ в РКК=10 км от МС/АМСГ, с эталонными данными измерений МДВ на МС/АМСГ.

5.5.9 Для получения надежной оценки согласованности значений видимости в осадках по данным ДМРЛ и эталону расчет проводят по количеству наблюдений не менее $N=100$.

5.5.10 Результаты наблюдения видимости в осадках по данным ДМРЛ и эталону считаются согласованными, если значение P_o составляет не менее 80%.

5.5.11 Если L_B и МДВ определяются в виде градаций, то оценка их согласованности заключается в подсчете количества пар одновременных наблюдений L_B и МДВ, совпавших по градациям:

$$P_o = \frac{N_1}{N_1 + N_2} * 100\% \quad (5.5.1),$$

где N_1 - количество совпавших по градациям пар одновременных наблюдений в близких точках L_B и МДВ; N_2 - количество несовпавших по градациям пар одновременных наблюдений в близких точках L_B и МДВ; $N = N_1 + N_2$ – общее количество пар одновременных наблюдений.

Пример: В табл. 5.5.1 приведены данные одновременно полученных значений L_B и МДВ в виде градаций в близких точках по пространству по МС - колонка 4- и ДМРЛ - колонка 5 - за несколько дней для одного ДМРЛ. Расчет P_o по формуле (5.5.1) проведен для 118 парных наблюдений видимости в осадках. Получено значение $P_o=82\%$.

Вывод: в соответствии с п. 5.5.10, значения видимости в осадках по ДМРЛ и МС/АМСГ считаются согласованными.

Таблица 5.5.1

№ п/п	Дата, время, ВСВ	Удаление от ДМРЛ, км	МДВ по МС, АМСГ, км	L_B по ДМРЛ, км	Результат сопоставления (N_1+ или N_2-)	
					N_1	N_2
1	2	3	4	5	6	7
1	10:40	54	0.2-0.5	<0.5	+	
2	12:30	65	1.0-2.0	0.5-1.0		-
3	15:20	56	1.0-2.0	1.0-2.0	+	
...						
117	12:10	78	2.0-4.0	2.0-4.0	+	
118	14:00	48	0.2-0.5	<0.5	+	
Число случаев совпадений (N_1) и несовпадений (N_2) пар наблюдений L_B и МДВ					97	21
Общее число случаев					118	
Оправдываемость, $P_o\%$					82%	

5.5.12 Если L_B и МДВ определяются в виде значений, то оценка их согласованности заключается в вычислении средней разности их значений:

$$\overline{\Delta L} = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \Delta L_m, \quad (5.5.2)$$

где ΔL_m - разность в m-паре: $\Delta L_m \equiv (L_B - \text{МДВ})_m$

Здесь суммирование ведется по парным наблюдениям, N – общее количество парных измерений L_B и МДВ.

5.4.13 Расчет стандартной ошибки оценки средней величины разности $\overline{\Delta L}$ производится по формуле:

$$\text{СКО}_{\Delta L} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N (\Delta L_m - \overline{\Delta L})^2}, \quad (5.5.3)$$

5.4.14 Измерения L_B и МДВ считаются согласованными, если средняя величина разности $\overline{\Delta L}$ не превышает величины 0,5 км при $\text{СКО} \leq 1,0$ км.

Пример: В табл. 5.5.2 приведены данные одновременно полученных значений L_B и МДВ в виде значений в близких точках по пространству по АМСГ - колонка 4- и ДМРЛ - колонка 5- за несколько дней для одного ДМРЛ. Расчет P_o по формуле (5.5.2) проведен для 110 парных наблюдений видимости в осадках. Результат расчета среднего значения $\overline{\Delta L} = 150$ м, $\text{СКО}_{\Delta L} = 890$ м.

Таблица 5.5.1

№ п/п	Дата, время, ВСВ	Удаление от ДМРЛ, км	МДВ по МС, АМСГ, м	Лв по ДМРЛ, м	$\Delta L = (L_B - \text{МДВ}), \text{м}$
1	2	3	4	5	6
1	12:20	59	400	600	+200
2	14:10	67	300	400	+100
3	17:00	90	70	200	+130
...					
109	14:10	64	2000	1500	-500
110	11:40	72	3500	4300	+800
$\overline{\Delta L}$					150
$\text{СКО}_{\Delta L}$					890

Вывод: в соответствии с п. 5.5.14, значения видимости в осадках по ДМРЛ и АМСГ считаются согласованными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Автоматизированная система первичной обработки текущей метеорологической информации станций на персональных ЭВМ (ПЕРСОНА МИС). Назначение системы». Электрон. ресурс <http://meteo.ru/it/129-persona-mis>.
2. «АМРК «Метеоячейка». Руководство по применению», ГУ «ГГО», 1996 г.
3. «Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации», Приложение № 3 к Конвенции о международной гражданской авиации. ИКАО, Издание 19-е, 2016 г.
4. FM 94 BUFR edition 3 and FM 95 CREX edition 1, электронный ресурс: http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_vI2/PrevEDITIONS/BUFR3CREX1/BUFR3CREX1.html
5. Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеоячейка», ИРАМ, С.-Пб., Гидрометеиздат, 2007.
6. Боровиков А.М., Костарев В.В., Мазин И.П., Смирнов В.И., Черников А.А. Радиолокационные измерения осадков. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1967, С. 140.
7. Временные методические указания по использованию информации ДМРЛ-С в синоптической практике. М., Росгидромет, Введена в действие Приказом №52 от 14.02.2014, Росгидромет, вторая ред., 2017, 127 с.
8. Приложение к Приказу Минтранса РФ №60 от 03.03.2014, «Правила предоставления метеорологической информации для аэронавигационного обслуживания полетов воздушных судов», 2011, С. 26.
9. Дядюченко В.Н., Павлюков Ю.Б., Вылегжанин И.С., Доплеровские радиолокаторы в России, Наука в России, №1, 2014, Сс. 23-27.
10. Инструкция для оперативно-прогностических и авиаметподразделений Росгидромета по использованию информации ДМРЛ в синоптической практике. Введена в действие Приказом №368 от 23.08.2016, Росгидромет, М., 2016, 31 с.
11. Приложение к Приказу Росгидромета №115 от 05.03.2015 «Об утверждении и введении в действие Инструктивного материала по кодам METAR, SPECI, TAF, С.72.

12. РД 52.04.563-2013 «Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями». С.-Пб., 2013, С.49.
13. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета (КН-01 SYNOP) М., 2012г., 78 с.
14. «Глобальный набор данных по молниям Vaisala GLD360», электронный ресурс: <http://www.vaisala.ru/ru/defense/products/lightningdetection/Pages/GLD360.aspx>.
15. Методические письма об итогах работы сети ДМРЛ Росгидромета, ФГБУ «ЦАО», электронный ресурс: (<http://www.meteorad.ru/documents>).
16. Методические письма об итогах работы сети МРЛ Росгидромета, ФГБУ «ГГО», электронный ресурс: http://voeikovmgo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=40:perechen-materialov-izdannyykh-ggo).
17. Методические Указания по автоматизированной обработке гидрометеорологической информации. Выпуск 3. Метеорологическая информация не-автоматизированных гидрометеорологических станций и постов. Часть 1. Метеорологическая Информация Станций. Раздел 1. Занесение информации на технический носитель. (второе издание). Обнинск, 2000-2005.
18. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.3,ч.1, Метеорологические наблюдения на станциях.Л.,Гидрометиздат,1985, С.299.
19. Общесистемные решения по сбору, анализу, контролю и представлению радиолокационной информации от ДМРЛ-С. Технический проект. М., Росгидромет, 2014 г., 64 с.
20. РД 52.19.704-2013. Краткие схемы обработки гидрометеорологической информации, ВНИИГМИ-МЦД, С. 88, 2013.
21. Павлюков Ю.Б., Серебрянник Н.И., Карпов Б.Н., Валидация радиолокационных наблюдений опасных явлений погоды на сети ДМРЛ по данным наземной наблюдательной сети Росгидромета. Тр. МФТИ, 8 (1), 2016, Сс.95-101.
22. Приложение к Приказу Росгидромета № 95 от 21.06.2004 «О внедрении на радиолокационной сети Росгидромета "Основных технических

требований к системе обнаружения опасных атмосферных явлений и штормового оповещения на базе метеорологических радиолокаторов».

23. Приказ Росгидромета №44 от 08.02.2011 «Об утверждении границ метеорологических суток и сроков измерения отдельных метеорологических элементов».
24. Аджиев А.Х., В. Н. Стасенко, В.О.Тапасханов, «Система грозопеленгации на Северном Кавказе», МиГ, №1, 2013, Сс.2-21.
25. РД 52.04.567-2003. Положение о государственной наблюдательной сети.
26. Электронный ресурс: <http://wwlln.net>.
27. РД 52.11.332-93. «Методика выполнения радиолокационных наблюдений с помощью комплекса АКСОПРИ», М., Росгидромет, 1993, 84 с.
28. РД 52.18.28-2014. «Правила разработки, утверждения, обновления и отмены нормативных документов Росгидромета». -М., Росгидромет.
29. РД 52.27.724-2009. «Наставление, по краткосрочным прогнозам, погоды» – Обнинск, «ИГ-СОЦИН", 2009 г., 62 с.
30. РД 52.04.320-91. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. С.-Пб., Гидрометеиздат, 1993, Сс. 257 –271.
31. Решения VII Метеорологического Съезда, Росгидромет, С.-Пб., 2014.
32. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений., Документ ВМО № 8, Издание 2014, обновлено в 2017 г.
33. Руководство по практике метеорологического обслуживания населения. Второе издание, ВМО-№ 834. Секретариат ВМО – Женева, Швейцария, 2000, Сс.197-199.
34. Техническое задание на создание «Методики валидации наблюдений доплеровских метеорологических радиолокаторов, установленных на наземной наблюдательной сети», УСНП Росгидромета, 2018, 6 с.
35. ТКП 17.10-20-2010 (02120) Технический Кодекс установившейся практики “Правила проведения метеорологических радиолокационных наблюдений и работ”, Минприроды Р.Беларусь, Минск, 2010г., 39 с.