

**Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды**



**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ им. А. И. ВОЕЙКОВА»**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПИСЬМО
ОБ ИТОГАХ РАБОТЫ В 2016 ГОДУ
СЕТИ «МРЛ-ШТОРМООПОВЕЩЕНИЯ» РОСГИДРОМЕТА**

**Санкт-Петербург
2017**

Поручением Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета) от 29.11.1999 г. № 140-2652 решение задач по методическому руководству сетью «МРЛ-Штормооповещения» возложено на Главную геофизическую обсерваторию им. А. И. Воейкова (далее ФГБУ «ГГО»).

Согласно действующим нормативным документам, а также Уставу (утвержденному Руководителем Росгидромета от 04.02.2016 г. № 59) ФГБУ «ГГО» является научно-исследовательским и координационно-методическим центром Росгидромета по руководству радиолокационными метеорологическими наблюдениями.

«Методическое письмо об итогах работы в 2016 году сети «МРЛ-Штормооповещения» Росгидромета» (далее Методическое письмо) является официальным изданием ГГО, ежегодно готовится в рамках выполнения Государственного задания.

Методическое письмо составлено сотрудниками ФГБУ «ГГО» на основании обобщения и анализа представленных отчетов, материалов инспекций за 2016 год и собственных научных исследований.

Документ подготовили:

И.А. Тарабукин	Заведующий ОГМИ ФГБУ «ГГО», к. ф.-м. н.
Е.В. Дорофеев	Заведующий лабораторией РМИ и КАВ, к. ф.-м. н.
М.В. Львова	Заведующая лабораторией НМОРН, с.н.с.
О.А. Дмитриева	Ведущий геофизик
И.Б. Попов	Научный сотрудник
В.Б. Попов	Младший научный сотрудник
А.А. Смирнов	Младший научный сотрудник

Оглавление

1	Область применения	4
2	Научно-методическое руководство сетью «МРЛ-Штормооповещения» ...	4
3	Общие сведения о сети «МРЛ-Штормооповещения»	6
4	Техническое состояние и функционирование МРЛ в период проводимой модернизации	9
4.1	Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ	13
4.2	Сведения о регулярности работы МРЛ	16
4.3	Плановые и дополнительные работы штата МРЛ	20
4.4	Режимные обобщения	21
4.5	Трудности в работе специалистов сети МРЛ	22
4.5.1	Неукомплектованность штата	22
4.5.2	Отсутствие ЗИПов	23
4.5.3	Недостаток данных аэрологического радиозондирования	24
4.5.4	Состояние зданий и помещений МРЛ	24
4.6	Инспекции МРЛ (АМРК) специалистами ФГБУ «ГГО»	25
5	Оценка качества работы МРЛ	26
5.1	Сопоставление информации МРЛ об опасных явлениях погоды с данными гидрометеорологических станций наземной наблюдательной сети (ННС) Росгидромета	26
5.2	Сопоставление данных наблюдений за количеством жидких осадков, полученных по данным метеорологических радиолокаторов, и сети осадкомерных датчиков на примере ДМРЛ-С Воейково	37
	Выводы	43
	Предложения	46
	Библиография	48

1 Область применения

Данное Методическое письмо предназначено для ознакомления руководителей и специалистов АМЦ, АМСГ, Федеральных государственных бюджетных учреждений: «Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «УГМС»), «Центр (областной, краевой, республиканский) по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «ЦГМС»), ответственных за эксплуатацию сетевых МРЛ, АМРК, ДМРЛ, а также ДМРЛ-С, устанавливаемых по плану Росгидромета на территории Российской Федерации (РФ).

2 Научно-методическое руководство сетью «МРЛ-Штормооповещения»

19 февраля 2016 года Отдел радиометеорологических исследований (ОРМИ) ФГБУ «ГГО», осуществляющий научно-методическое руководство сетью «МРЛ-Штормооповещения», реорганизован в Отдел геофизического мониторинга и исследований (ОГМИ) ФГБУ «ГГО».

Согласно уставу в рамках ежегодного календарного плана сотрудниками ОГМИ ФГБУ «ГГО» ведется работа по следующим основным направлениям:

- систематический мониторинг сети «МРЛ-Штормооповещения»;
- техническая и методическая помощь сотрудникам УГМС, ЦГМС;
- инспекции МРЛ (ДМРЛ) согласно плану (распоряжению) Росгидромета, оценка технического состояния метеооборудования;
- выдача Удостоверений годности метеооборудования к эксплуатации;
- ежеквартальный прием, обработка и занесение в Банк Данных сети «МРЛ-Штормооповещения» режимных материалов радиолокационных метеорологических наблюдений в коде RADOB, их предоставление в согласованном формате ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»;
- ведение Банка данных сети «МРЛ-Штормооповещения» (архивация режимной и оперативной радиолокационной метеорологической информации, разработка оптимальных форматов хранения данных и обеспечение доступа к ним для решения научно-методических и практических задач);
- разработка методов статистического и семантического контроля

- поступающих данных (оперативных, режимных, расчетных и т.д.);
- контроль информации программными средствами ФГБУ «ГГО». Государственная регистрация интеллектуальной собственности программных средств и методик контроля радиолокационной метеорологической информации;
 - подготовка ежегодного отчета о работе сети «МРЛ-Штормооповещения» в виде Методического письма.

Данная работа проводится с непосредственным участием сотрудников сети «МРЛ-Штормооповещения», осуществляющих круглосуточные наблюдения на радиолокационных позициях, контроль качества получаемой информации, подготовку режимно-справочных материалов и заключительных информационных отчетов.

ОГМИ ФГБУ «ГГО» выражает благодарность сотрудникам УГМС, ЦГМС, филиалам ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» за высокий профессионализм штата, задействованного в производстве радиолокационных метеорологических наблюдений, грамотное оформление и своевременное представление отчетных документов, связанных с эксплуатацией МРЛ.

Напоминаем, что заключительные информационные отчеты, заявки на выдачу (продление) удостоверений годности и прочую корреспонденцию необходимо отправлять по адресу:

194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, д. 7

на имя директора ФГБУ «ГГО» *Владимира Михайловича Катцова*.

Примечание. Обращаем внимание, что при оформлении Акта оценки технического состояния МРЛ по форме, приведенной в [3], необходимо корректно указывать название организации – ФГБУ «ГГО».

Акты с ошибкой в названии утверждающей организации (например, ФГБУ «ГГО им. ~~Воейкова~~») юридически не могут являться действительными и будут возвращены для повторного оформления.

Для оперативной коммуникации с методической группой сети «МРЛ-Штормооповещения» и более эффективного документооборота между учреждениями следует использовать электронную почту ОГМИ ФГБУ «ГГО»:

mrl-voeikovo@yandex.ru

3 Общие сведения о сети «МРЛ-Штормоповещения»

В 2016 году контроль за состоянием и работоспособностью действующих локаторов сети, а также установкой и вводом в опытную эксплуатацию новых ДМРЛ-С осуществляли (на местном уровне) 15 территориальных Управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В соответствии со своими уставами УГМС несли ответственность за организацию работы штата МРЛ (ДМРЛ-С), надежное функционирование радиолокационной аппаратуры, полноту и качество получаемой и передаваемой метеорологической информации.

Сеть «МРЛ-Штормоповещения», схематично изображенная на рисунке 1, к началу 2017 года включала 15 *эксплуатируемых* единиц некогерентных метеорадиолокаторов типа МРЛ-5, 26 единиц ДМРЛ-С, введенных в оперативный режим работы, и 7 единиц ДМРЛ-С, работающих в тестовом режиме (не прошедших процедуру метеорологической адаптации) на позициях Белгород, Великие Луки, Миллерово, Новосибирск, Петропавловск-Камчатский, Профсоюзная (Москва), Элиста.

Метеорадиолокаторы, в основном, принадлежат регионально-распределенным подразделениям Росгидромета, за исключением:

- АМРК Новосибирск (принадлежит АО «Новосибирский зональный авиаметеорологический центр»);
- АМРК Хабаровск (принадлежит МО РФ).

Часть МРЛ сдается в аренду ФГБУ «Авиаметтелетелеком Росгидромета» и аэропортам, что не отменяет их функционирование в составе сети «МРЛ-Штормоповещения» и участие в процессе построения единого радиолокационного поля на территории РФ согласно требованиям и нормативным документам Росгидромета.

Примечание. Ввиду того, что наблюдения за ОЯП на радиолокационной метеорологической сети Росгидромета производятся с использованием метеорологических радиолокаторов различных модификаций (МРЛ-5, АМРК, ДМРЛ, ДМРЛ-С), но с одинаковым принципом действия и типовой базовой конструкцией, в тексте Письма решено их объединить под единой аббревиатурой – МРЛ, кроме тех случаев, в которых техническое исполнение радиолокатора и его система автоматизации имеет определяющее значение.

Рисунок 1 наглядно иллюстрирует функционирующие на территории каждого УГМС метеорадиолокаторы сети «МРЛ-Штормоповещения».



■ MRP-5
МЕРКОМ

■ MRP-5
АКСОПРИ

■ MRP-5
МЕТЕОЯЧЕЙКА

■ ДМРП-С
«ГИМЕТ-2010»

Рисунок 1. Структурная схема функционирования сети
«МРП-Штормооповещения» по состоянию на 1 квартал 2017 года

Примечание:

*Владелец и эксплуатант ДМРЛ-С Москва Шереметьево – НТЦ ДМРЛ ЦАО.

**Владелец и эксплуатант ДМРЛ-С Валдай – ФГБУ «ГГИ».

Цветным маркером на перелистываемой странице выделены автоматизированные метеорологические комплексы (АМРК). Каждый цвет определяет техническое оснащение МРЛ-5 одной из трех автоматизированных систем управления («АКСОПРИ», «МЕРКОМ», «Метеоячейка»), действующих в настоящее время на сети. Четвертая автоматизированная система управления МРЛ («АСУ МРЛ»), разработанная ВГИ (г. Нальчик) в 2005, прекратила свое существование в составе сети «МРЛ-Штормооповещения» 10 июня 2016 года вместе с выводом из эксплуатации МРЛ-5 Волгоград. МРЛ-5, работающие без применения систем автоматизации, на рисунке 1 обозначены черным маркером.

ДМРЛ-С с программным обеспечением вторичной обработки «Гимет-2010», установленные в рамках ФЦП в 2010 – 2016 гг., изображены на схеме в правом нижнем углу обновляемой страницы и выделены розовым маркером.

Также на схеме обозначены:

- ДМРЛ Сочи (WRM200, производство Vaisala с программным обеспечением обработки и визуализации радиолокационных данных IRIS), установленный в целях метеобеспечения зимней олимпиады 2014 года;
- ДМРЛ Санкт-Петербург («Метеор 500С» немецкой фирмы «Selex Si/Gematronik» с программным обеспечением «Метеор-Метеоячейка»).

Лидерами по количеству эксплуатируемых на своей территории МРЛ по-прежнему являются Северо-Кавказское и Центральное УГМС, их подконтрольная территория, включая объекты авиационной инфраструктуры, полностью покрыты единым радиолокационным полем. Рекомендуемая в данных регионах плотность размещения МРЛ отражена в концепции технических проектов построения сети штормового оповещения – в местах максимальной плотности населения и наиболее опасных в метеорологическом плане регионах РФ с частым возникновением опасных явлений погоды конвективного происхождения.

На территории остальных УГМС в радиолокационном мониторинге опасных явлений погоды по-прежнему задействовано от 1 до 4 МРЛ. Запланированного расширения радиолокационного поля на восток за счет установки ДМРЛ-С взамен выведенным из эксплуатации МРЛ-5 пока не произошло. Как и по состоянию дел прошлого года, 9 УГМС в структуре Росгидромета не имеют на своей территории источника радиолокационной метеорологической информации.

4 Техническое состояние и функционирование МРЛ в период проводимой модернизации

С сожалением приходится констатировать ежегодное сокращение сети «МРЛ-Штормооповещения» за счет прекращения наблюдений и вывода из эксплуатации радиолокаторов типа МРЛ-5. С начала программы модернизации их количество уменьшилось вдвое и продолжает активно сокращаться (для сравнения - 33 позиции в 2010 г., 15 работающих позиций в 1 квартале 2017 г.). Между тем, большинство из МРЛ находились в неплохом техническом состоянии: часть из них была законсервирована с общей наработкой, едва достигшей отметки, рекомендованной для проведения первого средне-восстановительного ремонта радиолокационного оборудования (20 000 часов). Однако, по мнению эксплуатирующих подразделений, дальнейшее использование МРЛ-5 в целях штормового оповещения и метеообеспечения авиации признано нецелесообразным.

➤ Так, во втором квартале 2015 года руководством Сахалинского УГМС с целью оптимизации расходов управления было принято решение остановить работу МРЛ-5, расположенного в аэропорту г. Южно-Сахалинск.

Между тем, по многим показателям МРЛ-5 был одним из лучших и надежных радиолокаторов, эксплуатируемых на сети (по результатам инспекции сотрудников ГГО в 2012 году), его общая наработка составила чуть более 20000 часов. Работы по установке и вводу в эксплуатацию радиолокатора типа ДМРЛ-С по программе ОрВД в районе г. Южно-Сахалинск (запланированные на 2013 - 2014 год) по предварительным оценкам будут произведены не раньше 2018 года. До этого времени синоптики аэропорта будут работать в отсутствии радиолокационного метеообеспечения одного из самых сложных для взлета-посадки (согласно результатам анкетирования ФГБУ «Авиамететеоком Росгидромета» и ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета») аэродромов России.

➤ Аналогичная проблема общей недофинансированности стала причиной вывода из эксплуатации 01.06.2015 г. МРЛ-5 Абакан.

На протяжении двух последних лет МРЛ-5 работал безотказно, несмотря на отсутствие в штате инженера по радиолокации (все работы по ремонту и настройке МРЛ проводил начальник отдела радиолокационных наблюдений Хакасского ЦГМС). Общая наработка МРЛ на момент

консервации составила почти 40000 часов – срок проведения первого капитального ремонта радиолокационного оборудования, от которого Хакасский ЦГМС – филиал ФГБУ «Среднесибирское УГМС» - отказался ввиду отсутствия денежных средств. Среднесибирский филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» также не проявил должного интереса к восстановлению работоспособности МРЛ – единственного источника радиолокационной метеорологической информации для международного аэропорта г. Абакан.

➤ В период 2011 – 2015 гг. из-за отсутствия ЗИПов из эксплуатации выведены все МРЛ-5 Западно-Сибирского УГМС (Барнаул, Колпашево, Томск, Кемерово). Согласно комплекту дефектных ведомостей, вышеперечисленные МРЛ-5 ремонту и восстановлению не подлежат.

МРЛ-5 Новосибирск, формально функционирующий на территории ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», принадлежит АО «Новосибирский зональный авиаметеорологический центр» и работает в интересах аэропорта «Толмачево». Запланированный на 2015 год ввод в эксплуатацию ДМРЛ-С (Кемерово, Томск, Колпашево, Барнаул) откладывается на неопределенный срок.

Руководство УГМС и филиалов ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» часто принимают решение о консервации или списании МРЛ-5 ввиду фактической или планируемой (согласно графику программы модернизации) установки в зоне своей ответственности новых радиолокаторов ДМРЛ-С.

➤ В августе 2013 года выведен из наблюдений и демонтирован АМРК Москва (Внуково), в 2012-2013 г. демонстрирующий одни из лучших показателей эксплуатационной надежности и оправдываемости ОЯП. Летом 2013 года в аэропорту Внуково установлен ДМРЛ-С.

➤ С 16 апреля 2014 года прекращены наблюдения на АМРК Нижний Новгород. В марте 2014 года установлен ДМРЛ-С Нижний Новгород.

➤ С 10.06.2015 года согласно приказу руководителя Северо-Кавказского УГМС остановлена работа МРЛ-5 Волгоград и МРЛ-5 Минеральные Воды. Задача радиолокационного метеообеспечения этих регионов возложена на ДМРЛ-С, установленных в районе международных аэропортов Гумрак (Волгоград) и Минеральные Воды.

➤ С 15.04.2016 года, в связи с отказом Северо-Кавказского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» от содержания штата и дальнейшего поддержания работоспособности радиолокационного оборудования, остановлена работа МРЛ-5 Краснодар. ДМРЛ-С Краснодар введен в оперативную работу в январе 2016 года.

➤ На протяжении 2016 – 2017 гг. в адрес ГГО неоднократно обращались представители Приволжского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» по поводу консервации МРЛ-5 Самара, установленного на крыше высотного здания в районе аэропорта Курумоч. МРЛ-5 сильно пострадал в результате проникновения на крышу неизвестных лиц и расхищения радиолокационного оборудования. Между тем, ближайший источник получения радиолокационной метеорологической информации – ДМРЛ-С Безенчук – находится на расстоянии 75 км от взлетно-посадочной полосы и не может являться эквивалентной заменой МРЛ-5 в плане обеспечения безопасности взлета-посадки воздушных судов в районе международного аэропорта Курумоч.

Неоднократно отмечалось, что даже после установки в месте наблюдений более современного ДМРЛ-С и введения его в опытную эксплуатацию, заменяемый радиолокатор (МРЛ-5), при условии хорошего технического состояния, может быть использован в целях обеспечения достоверной и репрезентативной метеорологической информацией на этапе проведения пуско-наладочных работ. При переходе на современные образцы метеорадиолокаторов ДМРЛ-С, превосходящие прежние некогерентные МРЛ по ряду характеристик, имеющих принципиальное значение в радиометеорологии, а также использующие другую длину несущей волны радиоимпульса, вполне вероятно появление систематического расхождения в определении основных радиолокационных характеристик облаков и осадков, что неизбежно влечет за собой нарушение однородности накопленных рядов данных РМИ.

Избежать нарушения однородности, и в этом смысле обеспечить научную преемственность сети «МРЛ-Штормооповещения», позволит проведение синхронных наблюдений. Эта задача может быть выполнена только при наличии рядом с ДМРЛ-С заменяемого радиолокатора, находящегося в хорошем техническом состоянии, должным образом откалиброванного и обеспеченного достаточным ЗИПом на период параллельных наблюдений. Конечно же, необходимо понимание и финансовое содействие в проведении таких наблюдений со стороны всех хозяйствующих подразделений Росгидромета (в частности, региональных УГМС, ЦГМС, ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета») и арендаторов.

Однако, как показывает практика, МРЛ-5 снимается с плана наблюдений сразу после установки ДМРЛ-С (часто даже до его включения в режим опытной эксплуатации), штат упраздняется или переводится на другие виды работ.

ГГО напоминает о том, что преждевременный вывод МРЛ-5 из эксплуатации влечет за собой неоправданные риски для гидрометеорологической безопасности объектов социальной и транспортной инфраструктуры региона.

Согласование процесса консервации радиолокационного оборудования может быть произведено на основании объективных причин невозможности дальнейшего проведения наблюдений (высокая частота отказов МРЛ за предыдущий год, непреодолимые трудности в восстановлении работоспособности отдельных узлов радиолокатора и т. д.).

Согласовывая с УГМС процесс консервации радиолокационного оборудования ГГО, наряду с представителями эксплуатирующих подразделений, несет равную ответственность в случае возникновения опасных метеорологических явлений, способных (потенциально) быть зафиксированными МРЛ, и ущерба, возникшего вследствие непредсказанности этих явлений.

Положительный пример восстановления работоспособности МРЛ-5 после серьезной поломки и длительного простоя продемонстрировали сотрудники Северо-Кавказского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета». Оперативная эксплуатация МРЛ-5 Ростов-на-Дону была прекращена 22 июля 2015 г. В течение года МРЛ-5 находился на консервации с общей наработкой около 50 000 часов. В середине 2016 года специалистами Северо-Кавказского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» совместно с фирмой ООО «ЛИУС», специализирующейся на ремонте оборудования МРЛ-5, в рамках двустороннего договора, произвели средне-восстановительный ремонт МРЛ-5. Сотрудниками ГГО, по результатам инспекции в сентябре 2016 года, зафиксировано технически исправное состояние МРЛ-5 Ростов, наполнение ЗИПа на момент инспекции составляло 90%. После обсуждения ряда технических и методических вопросов, касающихся дальнейшей эксплуатации МРЛ-5, выдано Удостоверение годности. Запланированная на 2013 год установка и дальнейший ввод в эксплуатацию ДМРЛ-С Ростов откладывается на неопределенный срок.

4.1 Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ

Анализ отчетов сети «МРЛ-Штормоповещения», ежегодно поступающих в ФГБУ «ГГО», показывает, что технический ресурс выработан у всех МРЛ-5. Быстро растет наработка МРЛ-5, работающих в автоматизированном режиме. На многих локаторах ощущается острая нехватка ЗИПов, недостаток квалифицированных кадров, как следствие недостаточного и несвоевременного финансирования, но даже в условиях кризиса МРЛ продолжают свою работу благодаря усилиям штатов, содействию руководства подразделений Росгидромета и методической группы ГГО.

Оценка эксплуатационной надежности аппаратуры МРЛ проводится на основании наработки на отказ (среднего времени работы аппаратуры между отказами) в 2016 году. Расчет надежности проведен на основании технических отчетов групп по радиометеорологии УГМС, поступивших к установленному сроку.

Напоминаем, что краткий предварительный отчет о работе МРЛ в форме таблицы должен быть выслан почтой на адрес ФГБУ «ГГО» не позднее 25 декабря текущего года, а полный годовой отчет – не позднее 31 января следующего года.

В таблице 1 приведены исходные данные, необходимые при расчете средней эксплуатационной надежности, а также сам показатель эксплуатационной надежности (наработки на отказ) для каждого МРЛ, функционирующего на сети «МРЛ-Штормоповещения».

Ввиду того, что радиолокационные метеорологические наблюдения с использованием МРЛ-5 Ростов-на-Дону после длительного простоя были возобновлены в сентябре 2016 года, показатель эксплуатационной надежности рассчитан за период 09.09.2016 – 31.12.2016 г.

Таблица составлена по убыванию показателя эксплуатационной надежности.

Примечание к таблице 1.

- В таблице учитывались исключительно отказы аппаратуры МРЛ. Выходы из строя программного обеспечения АМРК в учет не принимались.
- Голубым маркером для наглядности выделены показатели эксплуатационной надежности неавтоматизированных МРЛ-5.

Таблица 1

Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ

Место установки МРЛ	Наработка за период эксплуатации (час)	Наработка за 2016 г. (час)	Число отказов МРЛ	Эксплуатационная надежность (час/отказ) МРЛ
Калуга	180616	8600	8	1700
Новосибирск	47937	1464	б/о	1464
Сочи	52861	4127	3	1375
Сыктывкар	43370	1320	б/о	1320
Тверь	172634	8660	8	1082
Екатеринбург	51842	3110	3	1036
СПб (Пулково)	83170	8780	9	976
Ульяновск	33439	967	1	967
Симферополь	54550	2076	3	692
Пермь	34126	2225	5	445
Анапа	43580	2499	6	416
Чита	24725	608	2	304
Ростов-на-Дону	49374	589	2	295
Хабаровск	52726	1073	7	134

Как видно из таблицы 1, эксплуатационная надежность отдельных МРЛ варьируется в широких пределах. Это объясняется различной длительностью эксплуатации, техническим состоянием МРЛ и опытом (квалификацией) обслуживающего персонала. Средняя наработка на отказ составляет для неавтоматизированных МРЛ-5 – 772 час/отказ, для автоматизированных МРЛ-5 – 900 час/отказ.

Рисунок 2 наглядно иллюстрирует динамику средней эксплуатационной надежности МРЛ за десятилетний период наблюдений.

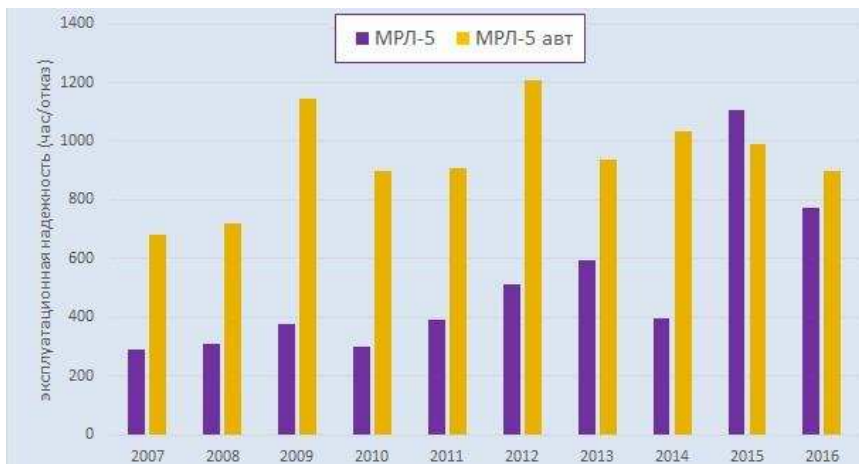


Рисунок 2. Динамика средней годовой эксплуатационной надежности МРЛ за 2007 – 2016 гг.

В 2016 году среднегодовая эксплуатационная надежность аппаратуры автоматизированных МРЛ осталась на уровне последних лет. Среднее время между отказами составляет около 900 часов (для десятиминутного темпа обновления информации аналогично 1,5-2 месяцам безотказной работы), что является вполне приемлемым в условиях крайней недофинансированности всех некогерентных радиолокаторов, составляющих основу сети «МРЛ-Штормоповещения».

Обращают на себя внимание эксплуатационные характеристики МРЛ-5 Тверь и Калуга. Несмотря на рекордную для сети наработку (172 и 180 тысяч часов соответственно), их регламент проведения наблюдений на протяжении нескольких лет близок к аналогичному для современных радиолокаторов, осуществляющих круглосуточные наблюдения с 10-минутным интервалом обновления информации.

Примечание: Данные о годовой наработке и эксплуатационной надежности ДМРЛ-С систематизируют и обобщают в информационных отчетах сотрудники ФГБУ «ЦАО».

4.2 Сведения о регулярности работы МРЛ

Показатель регулярности работы МРЛ отражает систематичность проведения наблюдений относительно рекомендованного графика. Рекомендованным графиком для МРЛ-5 является включение радиолокатора в основные синоптические сроки, в ежечасные при наличии очагов грозоопасной облачности и проведение обзоров в режиме «Шторм» [1, 3]. Такой адаптированный к условиям наблюдений подход позволяет не только сэкономить технический ресурс радиолокатора, продлить срок службы его отдельных узлов, но и значительным образом сократить эксплуатационные расходы, связанные с высоким энергопотреблением МРЛ-5.

Зачастую, учитывая климатические особенности региона, эксплуатантом вводится собственный график проведения радиолокационных наблюдений. Так, например, на протяжении нескольких десятилетий в связи с установлением над территорией Забайкалья азиатского антициклона, характеризующегося в основном ясной безоблачной погодой в период с ноября по март, ФГБУ «Забайкальское УГМС» согласовало с ФГБУ «ГГО» отсутствие регулярных радиометеорологических наблюдений с использованием МРЛ-5 Чита в холодный период года. Ввиду этого обстоятельства по количеству произведенных наблюдений МРЛ-5 Чита ежегодно уступает остальным МРЛ сети, сохраняя регулярность работы станции на высоком уровне.

Большинство МРЛ согласовывают собственный график производства наблюдений в антициклоническую погоду с вышестоящими органами. ГГО не возражает против такого взаимодействия, но просит указывать в годовых отчетах количество отмененных синоптических сроков.

Радиометеорологическая информация об облачности и опасных явлениях погоды, полученная в синоптические сроки в эпоху неавтоматизированных наблюдений использовалась для составления стыкованных (композитных) карт. В обязанности УГМС входило комплектование и факсимильная передача в графическом виде за 8 синоптических сроков данных всех МРЛ, эксплуатируемых в зоне ответственности [1]. В данный момент в связи с автоматизацией средств наблюдений необходимость включения обзоров МРЛ в факсимильные программы отсутствует. Информация о количестве наблюдений, произведенных и пропущенных в синоптические сроки (табл. 2), используется для контроля полноты архива радиометеорологических данных, предоставленных для режимных обобщений (раздел 4.4). По этой причине, в годовом отчете о работе МРЛ, должна в явном виде содержаться информация, вносимая в графы таблицы 2.

Таблица 2

Регулярность работы МРЛ

Место установки МРЛ	Общее кол-во произв. наблюд.	Кол-во наблюд., произв. в син. сроки	Кол-во наблюд, пропущ. в син. сроки	Причина пропусков	Регулярность работы (%)
Сыктывкар	8784	2856	72	проф. – 72	100,0
Новосибирск	5464	2884	44	технич. – 1, отмена – 43	99,9
СПб	52704	2928	36	технич. – 9, э/э – 2 проф. – 25	99,7
Пермь	8040	2524	404	технич. – 214, э/э + св. – 21, проф. – 101, отмена - 68	98,9
Екатеринбург	11038	2799	109	технич. – 42, проф. – 67	98,5
Сочи	9375	2837	280	технич. -42, э/э – 6 отмена - 232	98,5
Чита	5032	1684	28	технич. – 28	98,4
Тверь	51888	8737	672	технич. -660, э/э – 12	98,3
Хабаровск	2306	1046	186	технич. -111, отмена - 75	95,0
Анапа	16862	2694	234	технич. – 193, э/э – 41	93,3

Место установки МРЛ	Общее кол-во произв. наблюд.	Кол-во наблюд., произв. в син. сроки	Кол-во наблюд, пропущ. в син. сроки	Причина пропусков	Регулярность работы (%)
Ульяновск	3128	2642	286	технич. – 215, э/э – 39, проф. – 32	92,5
Калуга	-	-	6	-	92,0
Симферополь	7699	2672	340	технич. – 324, проф. – 16	89,1

Примечание к таблице 2.

- Таблица составлена по убыванию показателя регулярности работы МРЛ.
- В соответствии с [1], при подсчете регулярности работы МРЛ учитываются синоптические сроки, пропущенные только по техническим причинам.

Возникающие технические неисправности МРЛ, как и в прошлом году, являются основной причиной пропуска радиометеорологических наблюдений в синоптические сроки (68% от общего числа пропущенных). Отсутствие в ЗИГе (и на российском рынке) большой номенклатуры комплектующих МРЛ-5, а также недостаток во многих регионах специалистов, способных осуществлять качественный и своевременный ремонт радиолокационного оборудования, приводит к длительным простоям МРЛ.

На втором месте среди причин, повлекших невыполнение плана наблюдений – профилактические работы (12%), производимые в период благоприятной синоптической обстановки, но, тем не менее, учитываемые в общей статистике пропусков наблюдений, на третьем - проблемы с электричеством и сбой связанного оборудования (4%). Лидером по количеству срывов, пропущенных в результате отсутствия электроэнергии, является АМРК Анапа (41 синоптический срок). Позиция обеспечена энергоснабжением по 2 категории надежности в отсутствии резервного источника питания. ГГО ходатайствует перед руководством ФГБУ «Авиаметтеком Росгидромета» о рассмотрении возможности подключения к оборудованию МРЛ дизельного генератора или аккумуляторных батарей, оснащенных устройством автоматического ввода резерва.

Совершенно иначе обстоит дело с расчетом регулярности работы ДМРЛ-С. Согласно техническому проекту эксплуатация ДМРЛ-С подразумевает его непрерывную круглосуточную работу в течение года, т. е. 52 560 обзоров в 2016 году (нет разделения на синоптические, ежечасные и штормовые виды наблюдений). Сокращение запланированного количества обзоров может возникнуть вследствие технической аварии ДМРЛ-С или проведения плановых профилактических работ, в таком случае время простоя радиолокатора непосредственным образом отразится на показателе регулярности наблюдений. Подробные данные о количестве произведенных наблюдений, количестве и причине отказов, времени простоя, регулярности работы ДМРЛ-С публикует ФГБУ «ЦАО» в ежегодном отчете.

На основании регулярного опроса в 2015 – 2016 году сотрудников УГМС и ЦГМС, задействованных в производстве радиолокационных метеорологических наблюдений, среди устройств, снижающих эксплуатационные характеристики ДМРЛ-С (и регулярность работы в целом), однозначно выделяются элементы приемно-передающей системы радиолокатора. Практика показывает, что их ремонт или замена на аналогичные влечет максимальные простои в работе радиолокатора и требует наибольших финансовых затрат эксплуатанта.

Завод-изготовитель (АО «НПО «ЛЭМЗ») берет на себя обязательства гарантийного обслуживания и ремонта оборудования ДМРЛ-С до момента достижения времени наработки 16000 часов (примерно на протяжении двух лет эксплуатации). К концу 2017 года указанной наработки достигнут 90% эксплуатируемых ДМРЛ-С. В настоящее время в Росгидромете отсутствует четкая позиция относительно постгарантийного технического обслуживания ДМРЛ-С, восстановительный ремонт производится за счет эксплуатирующих организаций, зачастую не имеющих специалистов и финансовых средств для решения этих задач.

Ввиду этого, ГГО предлагает рассмотреть адаптированный к конкретному месту установки ДМРЛ-С график проведения наблюдений за облачностью и опасными явлениями погоды с целью экономии технического ресурса радиолокатора и снижения расходов по его содержанию.

4.3 Плановые и дополнительные работы штата МРЛ

В 2016 году специалисты сети МРЛ кроме основной оперативной работы выполняли ряд дополнительных оперативных и неоперативных работ, направленных на расширение возможностей и повышение эффективности информации МРЛ.

1) Оперативные работы:

- расчет шквалов согласно [5] – 6 МРЛ;
- определение видимости в твердых и смешанных осадках – 7 МРЛ;
- определение интенсивности обледенения и турбулентности (болтанки) - 7 МРЛ;
- определение электроактивных зон в слоистообразных облаках – 7 МРЛ.

2) Неоперативные работы:

- расчет региональных радиолокационных характеристик гроз, проверка надежности алгоритмов принятия решений об опасных явлениях погоды – 10 МРЛ;
- анализ неоправдавшихся ОЯП – 10 МРЛ;
- сопоставление накопленных сумм осадков по данным МРЛ и ННС – 6 МРЛ;
- сопоставление данных АМРК об обледенении в облаках с данными бортовой погоды – 3 МРЛ;
- проверка кодирования радиолокационной информации согласно [6] – 6 МРЛ;
- запись данных МРЛ на технические носители для режимных обобщений – 7 МРЛ;
- заполнение в течение года журнала с данными ближней зоны – 3 МРЛ;
- использование информации МРЛ для подготовки ежегодных климатологических обобщений – 2 МРЛ;
- проведение техучебы, прием зачетов при подготовке к теплому, холодному и переходному периодам, занятия по технике безопасности и противопожарные мероприятия – 13 МРЛ.

4.4 Режимные обобщения

В целях проведения режимных обобщений результатов радиолокационного зондирования атмосферы в ФГБУ «ГГО» создан и пополняется режимно-справочный банк данных (РСБД) «МРЛ-Штормооповещения». Информационную базу для РСБД «МРЛ-Штормооповещения» образуют данные сети МРЛ в коде RADOB, включающие результаты наблюдений за состоянием облачности, количеством и типом выпадающих осадков, а также классом опасных погодных явлений в радиусе 200 км. Наряду с ежегодным пополнением РСБД, в ФГБУ «ГГО» производится автоматизированная подготовка режимно-справочных материалов для последующего предоставления в Единый государственный фонд данных (ЕГФД) ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

В 2016 году режимно-справочный Банк данных ежеквартально пополнялся радиометеорологической информацией следующих МРЛ-5:

- Анапа (Северо-Кавказское УГМС);
- Сыктывкар (Северное УГМС);
- Ульяновск (Приволжское УГМС);
- Чита (Забайкальское УГМС);
- Новосибирск (Западно-Сибирское УГМС);
- Екатеринбург (Уральское УГМС);
- Симферополь (Крымское УГМС).

Как и прежде, телеграммы, не прошедшие синтаксический (семантический) контроль программными средствами ФГБУ «ГГО» и не подлежащие смысловому редактированию, были объединены в «файлы ошибок» и разосланы электронной почтой по адресу создания в марте 2016 г. для повторной верификации.

На протяжении нескольких лет режимные радиолокационные данные не поступают от МРЛ-5 Москвы, Твери, Калуги (Центральное УГМС).

Программным обеспечением ДМРЛ-С не осуществляется кодирование радиолокационной информации в RADOB (данная опция не была предусмотрена техническим заданием на ДМРЛ-С). Между тем, этот вопрос остается очень важным как в плане обеспечения преемственности старых и новых радиолокаторов сети, так и в плане выполнения обязательств перед ЕГФД по накоплению информации о состоянии окружающей среды.

4.5 Трудности в работе специалистов сети МРЛ

Необходимо, как и в прежние годы, отметить основные трудности, с которыми встречаются в своей работе специалисты сети МРЛ.

4.5.1 Неукомплектованность штата

Неукомплектованность штата возникает, в основном, как следствие недостаточного финансирования. Постоянная текучесть кадров, совместительская занятость инженеров по радиолокации и инженеров-радиометеорологов существенным образом снижают эффективность проведения радиолокационных наблюдений. Очевидно, что такими сокращенными штатами, учитывая очередные, декретные и учебные отпуска, невозможно выполнить весь объем работ, как это предусмотрено [1, 3] и как этого требуют руководящие документы Росгидромета.

Достаточность трудовых ресурсов, задействованных в производстве наблюдений на МРЛ, определяется руководством каждого конкретного метеоподразделения. Как правило, количество человек в штате рабочей группы на МРЛ-5 составляет от 7 до 8 человек.

О количественной нехватке квалифицированных специалистов, занятых в производстве радиолокационных наблюдений, пишут в годовых отчетах сотрудники:

- МРЛ-5 Чита – штат состоит из 5 человек (укомплектован на 62%);
- МРЛ-5 Новосибирск – штат состоит из 6 человек (укомплектован на 85%);
- МРЛ-5 Хабаровск – штат состоит из 6 человек (укомплектован на 75%).

16 ноября 2016 года штат группы МРЛ-5 Ростов-на-Дону сокращен, функции группы МРЛ переданы в ОКРИ (Отдел контроля и распространения информации).

Проблема привлечения молодых кадров к работе на МРЛ по-прежнему остается актуальной. Основными причинами выступают низкий доход, круглосуточная занятость и удаленность месторасположения МРЛ от населенного пункта.

На большинстве МРЛ-5 инженеры по радиолокации – внешние совместители. Совместительская деятельность инженеров по радиолокации, как правило, связана с обслуживанием нескольких станций в пределах УГМС (радиолокационных метеорологических, аэрологических, радиометрических и т.д.). Ввиду большой занятости и практической незаменимости радиоинженеров на некоторых позициях, технические

поломки часто приводят к длительным простоям и пропускам наблюдений на МРЛ.

Для производства наблюдений на ДМРЛ и ДМРЛ-С согласно техническому проекту эксплуатирующие подразделения, как правило, обходятся силами 1 человека – инженера позиции. Кандидатура инженера позиции утверждается руководством УГМС. Перед началом эксплуатации инженер должен прослушать курс лекций по программе «Доплеровский метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С» и принять участие в обучении на позиции, проводимом заводом-изготовителем в ходе приемо-сдаточных испытаний.

Вопросы интерпретации данных радиолокационных метеорологических наблюдений, их использования в синоптической практике возлагаются на сотрудников синоптической группы ОГМО УГМС/ЦГМС и АМЦ/АМСГ ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», которые, в условиях дежурной смены и сложной синоптической обстановки в регионе, не всегда успевают уделять должного внимания информации ДМРЛ-С и выполнять работы, ранее возлагаемые на профильного специалиста – инженера-радиометеоролога.

ГГО продолжает настаивать на целесообразности сохранения в штате ДМРЛ-С инженера-радиометеоролога, участвовавшего в наблюдениях на МРЛ-5 и контроле качества получаемой информации.

4.5.2 Отсутствие ЗИПов

Все локаторы сети «МРЛ-Штормооповещения» работают в условиях **острой** нехватки запасных инструментов и приборов (ЗИПов) – это обстоятельство на протяжении нескольких лет отмечается в каждом (!) годовом отчете. Промышленность прекратила выпуск многих электровакуумных приборов, необходимых для штатного функционирования МРЛ. Комплектующие, приобретаемые у сторонних организаций, зачастую уже имеющие некоторый срок службы, не всегда оказываются качественными и долговечными.

В прошлом, вопрос поставки и ремонта необходимых ЗИПов решался централизованно, на данный момент такая практика отсутствует, ввиду чего возникают длительные простои в наблюдениях.

Наиболее востребованными комплектующими МРЛ по-прежнему остаются магнетроны (МИ-316, МИ-99, МИ-505), тиратроны, лампы ГШ, щетки коллектора.

4.5.3 Недостаток данных аэрологического радиозондирования

Данные аэрологического зондирования используются в радиометеорологии при анализе радиоэха конвективной облачности на грозоопасность. В их отсутствии приходится переходить от более совершенной методики дискриминантного анализа, в которой заложено использование данных аэрологических зондов, к автономной методике, что в конечном итоге приводит к снижению вероятности обнаружения гроз.

В настоящее время аэрологическая сеть Росгидромета включает 115 станций аэрологического зондирования (за четыре года без изменений) на территории РФ. Тем не менее, сотрудники некоторых МРЛ продолжают работать в условиях недостатка данных температурно-ветрового зондирования (ввиду их принципиального отсутствия в месте установки МРЛ, высокого процента отказа радиозондов в полете). С отсутствием данных ближайших аэрологических станций сталкиваются, например, метеорологи и операторы МРЛ-5 Анапа (используют прогностические данные АМСГ Краснодар), Ульяновск (используют данные аэрологических станций Самара, Пенза, Нижний Новгород, Казань согласно ведущему потоку).

В решении этой проблемы одним из перспективных направлений является развитие алгоритмов и программного обеспечения так называемых «виртуальных» метеозондов, т.е. проведения расчета вертикального профиля различных параметров атмосферы по данным различных численных моделей, а также создание технологии передачи рассчитанных параметров на места.

4.5.4 Состояние зданий и помещений МРЛ

В ряде пунктов размещения МРЛ здания и рабочие помещения требуют ремонта. Косметический ремонт внутренних помещений необходим практически всем позициям МРЛ-5, в особенности Сочи, Ростов, Хабаровск.

Негерметичность кровли, оконных рам приводят к повышенной влажности помещений, в которых расположена аппаратная часть МРЛ, создают благоприятные условия для роста грибка и короткого замыкания электрооборудования. Ветхость полов, лестниц и перекрытий делают небезопасным нахождение и перемещение технического персонала МРЛ внутри рабочего помещения.

4.6 Инспекции МРЛ (АМРК) специалистами ФГБУ «ГГО»

Инспекции МРЛ проводят представители ФГБУ «ГГО» по ежегодно составляемому плану (распоряжению) Росгидромета с целью контроля организации работ на МРЛ, достоверности получаемых данных, своевременности обеспечения АМЦ и АМСГ радиолокационной метеоинформацией [1, 3].

В 2016 году сотрудниками ГГО были проведены технические и методические инспекции МРЛ-5, ДМРЛ и ДМРЛ-С, расположенных на территории *Северо-Западного УГМС* (Санкт-Петербург (Пулково), Петрозаводск), *Крымского УГМС* (Симферополь), *Северо-Кавказского УГМС* (Анапа, Волгоград, Краснодар, Минеральные Воды, Ставрополь, Ростов-на-Дону).

По результатам инспекций были подготовлены Акты оценки технического состояния метеооборудования и выданы удостоверения годности к эксплуатации:

- ДМРЛ Санкт-Петербург (Пулково), ДМРЛ-С Волгоград, Ставрополь, Минеральные Воды – сроком на 3 года;
- МРЛ-5 Симферополь, Ростов-на-Дону (после устранения замечаний inspectирующей группы) – сроком на 1 год.

МРЛ-5 Анапа рекомендован капитальный ремонт.

Зафиксировано технически неисправное состояние МРЛ-5 Волгоград, Краснодар, Минеральные Воды. В непосредственной близости от вышеперечисленных МРЛ запущены и эксплуатируются ДМРЛ-С.

МРЛ-5 Сочи, также расположенный на территории Северо-Кавказского УГМС, был inspectирован в 2015 году после средневосстановительного ремонта, произведенного специалистами ООО «Лиус». Имеется действующее Удостоверение годности (до декабря 2018 г.).

ДМРЛ Симферополь («Метеор 500С» немецкой фирмы «Selex Si/Gematronik»), функционирующий с 2012 года, не вошел в план инспекций 2016 года ввиду временной неурегулированности вопросов правосубъектности: к моменту инспекции ГГО ДМРЛ не был передан на баланс организаций Росгидромета, оставаясь собственностью компании «Украэрух». К моменту подготовки методического письма стало известно о завершении процедуры передачи ДМРЛ Крымскому филиалу ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», в ближайшее время будет решаться вопрос его интеграции в радиолокационную сеть Росгидромета.

5 Оценка качества работы МРЛ

5.1 Сопоставление информации МРЛ об опасных явлениях погоды с данными гидрометеорологических станций наземной наблюдательной сети (ННС) Росгидромета

Оценка качества информации об ОЯ неавтоматизированных МРЛ-5

Методика сопоставления радиолокационной и наземной информации об ОЯ для неавтоматизированных МРЛ-5 описана в [1]. Согласно [1] грозы по данным МРЛ и ННС считаются совпавшими в достаточно широком пространственно-временном интервале, что объясняется особенностями получения и интерпретации радиолокационных данных в «ручном» режиме наблюдений.

Сведения о результатах проводимого сопоставления фиксируются сотрудниками неавтоматизированных МРЛ в журнале наблюдений, который является неотъемлемой частью годового отчета и ежегодно высылается в адрес ГГО для экспертного анализа.

В таблице 3 приведены значения оправдываемости ($P_{оя}$) в 2014, 2015 и 2016 году для трех неавтоматизированных МРЛ-5, эксплуатируемых на сети «МРЛ-Штормоповещения».

Таблица 3

Результаты оценки процента оправдываемости гроз ($P_{оя}$) для трех позиций неавтоматизированных МРЛ-5

Место установки МРЛ	Р _{оя} , %		
	2014	2015	2016
Симферополь	98,0	98,7	98,6
Сыктывкар	95,5	96,9	98,6
Чита	95,6	95,8	98,4

На протяжении трех последних лет показатель оправдываемости для неавтоматизированных МРЛ-5 остается на стабильно высоком уровне (более 95%), что одновременно с результатами п.4.2 (регулярность работы выше описываемых МРЛ более 90%) методически оценивается на «отлично».

Коллектив ГГО предлагает штату неавтоматизированных МРЛ-5, наряду с показателем оправдываемости, рассмотреть возможность расчета вероятности ложной идентификации гроз ($F_{оя}$). Представление данных лишь об оправдываемости ОЯ не способствует формированию объективной точки зрения относительно качества производимых наблюдений.

Оценка качества информации об ОЯ автоматизированных МРЛ

Для целей унификации и, в конечном счете, повышения объективности информации о качестве работы каждого радиолокатора сети «МРЛ-Штормооповещения» в части автоматизированного распознавания ОЯ в ГГО разработана **«Методика сопоставления радиолокационной метеорологической информации об опасных явлениях погоды с данными гидрометеорологических станций наземной наблюдательной сети Росгидромета»** (далее Методика).

При разработке этой методики учитывались следующие ключевые исходные положения и конечные задачи:

- 1) При всем разнообразии эксплуатируемых на сети радиолокаторов, имеющих различные технические возможности и используемое программное обеспечение, их конечная продукция должна соответствовать требованиям, описанным в [8], и передаваться в коде BUFR по каналам АСПД Росгидромета.
- 2) Методика определяет объективные количественные показатели качества работы всех типов МРЛ, рассчитываемые на основании сопоставления с данными, полученными независимым образом (наземная наблюдательная сеть и другие источники метеорологической информации).
- 3) Анализ и интерпретация получаемых показателей сопоставления дает возможность рациональным путем развивать алгоритмы, по которым строится конечная радиолокационная продукция, и отслеживать эффективность их внедрения.

Описание основных положений Методики было приведено в предыдущих Методических письмах. Здесь кратко напомним, что информация об ОЯ, полученная в результате обзора МРЛ, представляет собой случай штормового оповещения, подлежащий оценке успешности с привлечением данных ННС Росгидромета с использованием следующих правил:

- Показателями успешности штормовых оповещений МРЛ являются их оправдываемость ($P_{оя}$) и процент ложной идентификации ($F_{оя}$) опасных явлений погоды. Все опасные явления, обнаруживаемые МРЛ на

основании информации о радиолокационной метеорологической отражаемости, связаны с грозовой активностью, наличие которой фиксируется наблюдателем метеостанции на значительном удалении.

- Сопоставление радиолокационной информации о грозах проводится с данными наблюдений ГМС, которые расположены в радиусе 200 км относительно позиции радиолокатора.

- Границы сопоставления выбираются равными ± 10 минут относительно времени проведения обзора, а величина пространственного радиуса сопоставления 30 км.

- Штормовое оповещение о грозе (МРЛ) считается подтвержденным, если гроза (или комбинации гроза+град, гроза+шквал) была отмечена наблюдателем ГМС в указанных временных границах.

- Штормовое оповещение о грозе (МРЛ) считается неподтвержденным (ложно идентифицируемым), если гроза (гроза+град, гроза+шквал) не была отмечена наблюдателем ГМС, но в то же время фиксировался ливень.

Одним из ключевых моментов в данной Методике является переход к более узкому временному интервалу, в границах которого проводится сопоставление данных МРЛ и ГМС. Для неавтоматизированных МРЛ, согласно [1], этот интервал составлял ± 30 минут относительно времени обзора, что было обосновано особенностями получения и интерпретации радиолокационных данных в «ручном» режиме наблюдений. В общем случае сопоставление целесообразно проводить во временном интервале, равном периоду обновления информации на МРЛ, т.е. в принятом 10-минутном регламенте наблюдений АМРК и ДМРЛ [8] – ± 5 минут относительно радиолокационного обзора. Тем не менее, в разработанной Методике границы сопоставления были расширены до ± 10 минут, что, в том числе, сглаживает возможные неточности в наблюдении моментов времени начала/окончания ОЯП на ГМС, а также учитывает время, затрачиваемое на проведение одного радиолокационного обзора.

В течение 2016 года в ГГО осуществлялся сбор радиолокационных данных с картами распределения опасных явлений в коде BUFR. По запросам УГМС передавали данные наземных наблюдений в формате Персона-МИС. Параллельно проводилась разработка программного обеспечения, в котором реализованы алгоритмы, определенные в Методике.

В результате получены количественные показатели успешности работы для 31 радиолокатора (8 МРЛ-5 + 22 ДМРЛ-С + 1 ДМРЛ) в части обнаружения и распознавания гроз.

Значения Роя приведены за каждый месяц грозового сезона отдельно для МРЛ-5 (таблица 4) и ДМРЛ (таблица 5). Значения Фоя рассчитаны в целом за сезон в трех вероятностных градациях радиолокационного распознавания гроз:

(R) от 30 до 70%; R) от 70 до 90%; R более 90%.

Анализ результатов сопоставления

Расчеты показателей успешности штормового оповещения МРЛ в части распознавания гроз, произведенные по Методике ГГО, за период наблюдений май-сентябрь дали следующие средние значения Роя для:

- 8 МРЛ-5 **76.7 %** (5704);
- 22 ДМРЛ-С **75.6 %** (102880);
- 1 ДМРЛ **83.2 %** (2251).

Величина средней оправдываемости ОЯ для МРЛ-5 по-прежнему соизмерима с аналогичным показателем для ДМРЛ, превосходя последнюю чуть больше, чем на процент. Стоит при этом обратить внимание на существенное отличие в объеме выборки данных МРЛ-5 и ДМРЛ, с использованием которых проводилось сопоставление, что связано с разным регламентом производства наблюдений (п. 4.2), в том числе и за ОЯП.

Как и в 2015 году, имеется тенденция монотонного снижения средних значений Роя в течение грозового сезона для БОльшей части ДМРЛ-С. По-видимому, это связано с различными особенностями формирования гроз в летний и осенне-весенний периоды года, что не учитывается в заложенных алгоритмах вторичной обработки радиолокационных данных. Применительно к МРЛ-5 таковой закономерности не наблюдается.

Максимальное значение показателя оправдываемости МРЛ-5 достигнуто на позициях Ульяновск (85.4 %), минимальное – на позиции Калуга (55.4 %). Среди ДМРЛ (ДМРЛ-С) наивысший показатель оправдываемости по-прежнему у ДМРЛ Санкт-Петербург «Пулково» (83.2 %), минимальный – у ДМРЛ-С Оренбург (63.5 %).

Напоминаем, что в соответствии с положениями Методики, работа радиолокаторов с показателем средней оправдываемости более 80% оценивается на «отлично». Этот показатель превысили два МРЛ-5 (Ульяновск, Новосибирск), два ДМРЛ-С (Внуково, Уфа) и ДМРЛ Пулково. Итоги работы БОльшей части радиолокаторов оцениваются на «хорошо».

Основными причинами пропуска в 2016 году опасных явлений погоды являются:

- **Технические неполадки и отказ аппаратуры МРЛ в процессе производства наблюдений.** Наиболее частой причиной отказа МРЛ во время эксплуатации является неисправность приемо-передающей системы (пробой магнетрона, падение мощности магнетрона, выход из строя тиратронов и поиск аналогичных комплектующих, зачастую не состоящих в ЗИПе МРЛ).

- **Наличие углов закрытия радиогоризонта,** ежегодно отмечаемое штатом всех МРЛ-5. На МРЛ-5 Анапа, Пермь углы закрытия составляют 3-4°. Получение достоверной радиолокационной метеорологической информации в таких условиях является весьма проблематичной задачей.

Зона обзора МРЛ-5 Сочи ограничена Большим Кавказским хребтом, ввиду этого расчет оправдываемости исторически производится в радиусе 60 км от МРЛ-5 (по трем метеостанциям – АМС Сочи, СФМ Красная Поляна, Адлер АМСГ).

Необходимо иметь ввиду, что при углах закрытия более 3 градусов, расчет оправдываемости за пределами 60-километрового радиуса от МРЛ не имеет смысла ввиду того, что уровень H_2 (3 км) будет находиться в зоне радиотени [1] и методически гроза не может быть корректно идентифицируема.

- **Экранирующие осадки,** вызывающие ослабление радиолокационного сигнала в секторе их выпадения и, как следствие, приводящие к невыявлению зон формирования грозо- и градоопасной облачности.

- **Осадки над МРЛ,** приводящие к намоканию радиопрозрачного ветрового укрытия антенны МРЛ-5.

- **Недостаток данных аэрологического зондирования,** вынуждающий сотрудников МРЛ при анализе радиоэха конвективной облачности переходить от более совершенной методики дискриминантного анализа, в которой заложено использование данных аэрологического зондирования, к автономной методике, без применения данных высотного зондирования, что приводит к снижению вероятности обнаружения гроз.

Другим показателем успешности штормовых оповещений МРЛ является процент ложной идентификации грозового состояния конвективных облаков ($F_{оя}$). Согласно Методике ГГО гроза по данным МРЛ, отмеченная в радиусе 10 км от метеостанции, считается ложной в том случае, если в заданном временном интервале (± 10 минут относительно радиолокационного обзора) на станции наблюдались только ливневые осадки, т.е. случаи обложных осадков и периоды без осадков из анализа исключались. Очевидно, что такой подход снижает вероятность завышения оценки $F_{оя}$, т.к. исключается большинство случаев воздействия на систему приема МРЛ активных источников помех, а также снижается роль факторов, обусловленных субъективным характером проведения наблюдений за ОЯП в различное время суток и в различных метеоусловиях.

По сути, такой подход при условии стабильных технических характеристик работы МРЛ позволяет оценить, насколько корректно работают критерии радиолокационного распознавания гроз, заложенные в алгоритмы вторичной обработки. В силу того, что результатом работы этих критериев является вероятностная оценка грозового состояния конвективного облака, для трех градаций (R), R) и R максимальное значение $F_{оя}$ не должно превышать 70%, 30% и 10% соответственно.

В подтверждение этого, данные таблиц 6 и 7 демонстрируют монотонное снижение процента ложных тревог при увеличении вероятностной градации для всех радиолокаторов сети «МРЛ-Штормоповещения».

Средние значения $F_{оя}$ в градациях R и R) составили для МРЛ-5 **8.4%** и **14.6%**, для ДМРЛ-С – **8.1%** и **13.8%**, т.е. находится в границах, соответствующих заложенному в этих категориях смыслу. Другими словами, показателем сбалансированности критериев распознавания является также то, что в градации R) величина $F_{оя}$ превышает 10 %. И наоборот, средние величины $F_{оя}$ в градации (R) для МРЛ-5 (**27.1%**) и ДМРЛ (**20.7%**) находятся ниже нижней границы вероятностного интервала 30-70%. Этот результат можно интерпретировать как излишнюю строгость критериев распознавания, т.е. завышенный порог Y-критерия для градации (R).

Применяемый подход, основанный на совокупности показателей успешности, может быть автоматизирован для использования в оперативной практике с целью контроля технического состояния МРЛ, при условии оперативной доступности данных наблюдений ОЯП на ГМС (штормовые и срочные сообщения). Также перспективным является применение оценок успешности для подстройки критериев распознавания в различные периоды грозового сезона применительно в отдельности к каждому радиолокатору.

Таблица 4

**Результаты оценки процента оправдываемости (%) и число случаев (в скобках) обнаружения МРЛ-5
грозовых облаков, подтвержденных наземными данными**

Позиция	Сист. авт.	май'16	июнь'16	июль'16	август'16	сентябрь'16	май-сент.'16
Анапа (9)	МЕТ	59.3 (54)	43.1 (53)	70.2 (92)	75.0 (303)	55.4 (77)	65.3 (579) ↑
Екатеринбург (23)	МЕТ	82.2 (111)	75.9 (236)	84.3 (468)	76.2 (524)	90.0 (45)	79.6 (1384) ↑
Калуга (15)	АКС	59.7 (43)	51.8 (99)	51.0 (150)	62.4 (138)	66.7 (4)	55.4 (434) ↓
Новосибирск (18)	МЕР	80.5 (70)	76.5 (348)	85.9 (1085)	93.0 (174)	-	84.5 (1677) ↑
Пермь (2, R=60 км)	МЕТ	50.0 (4)	57.0 (45)	70.9 (39)	78.3 (47)	53,9 (12)	66.1 (147) ↑
Сочи (3, R=60 км)	МЕТ	88.2 (30)	70.0 (161)	77.4 (192)	70.0 (147)	75.2 (115)	75.6 (645) ↓
Тверь (8)	АКС	58.1 (18)	51.9 (42)	58.3 (91)	58.3 (77)	50.0 (1)	57.1 (229) ↑
Ульяновск (21)	МЕР	84.9 (28)	77.1 (47)	89.9 (240)	83.5 (289)	83.3 (5)	85.4 (609) ↑
Среднее		74.8 (358)	69.4 (1031)	78.9 (2357)	76.5 (1699)	70,8 (259)	76.7 (5704)

Примечание к таблицам 4-5:

- В столбце «Позиция» в скобках указано количество метеостанций, привлекаемых к сопоставлению в зоне обзора указанного МРЛ (ДМРЛ, ДМРЛ-С): от 8 до 34 метеостанций;
- В остальных столбцах в скобках указано количество случаев совпадения информации о грозах ДМРЛ (ДМРЛ-С) и станций ННС.

Таблица 5

**Результаты оценки процента оправдываемости (%) и число случаев (в скобках) обнаружения
ДМРЛ (ДМРЛ-С) грозовых облаков, подтвержденных наземными данными**

Позиция	май'16	июнь'16	июль'16	август'16	сентябрь'16	май-сент.'16
Архангельск (10)	73.5 (147)	75.4 (270)	69.0 (986)	67.5 (345)	66.7 (4)	69.9 (1752) ↑
Барабинск (19)	80.1 (406)	75.5 (1676)	78.0 (1948)	68.6 (486)	66.9 (103)	75.9 (4619) ↑
Брянск (20)	65.3 (653)	73.5 (1611)	67.1 (2159)	63.0 (1022)	77.1 (81)	67.9 (5526) ↑
Валдай (14)	77.7 (244)	77.0 (500)	75.4 (578)	68.2 (769)	56.4 (22)	72.9 (2113) ↑
Владивосток (17)	68.2 (337)	65.3 (392)	67.0 (282)	56.0 (432)	84.5 (245)	65.5 (1688) ↑
Внуково (30)	87.6 (690)	86.3 (2097)	82.3 (3694)	82.9 (2975)	90.3 (56)	83.7 (9512) ↑
Волгоград (13)	70.9 (1201)	67.5 (701)	63.6 (773)	60.0 (686)	41.7 (20)	65.8 (3381) ↑
Воейково (19)	-	-	75.2 (875)	75.5 (520)	76.5 (78)	75.6 (1473)
Вологда (19)	68.3 (494)	80.5 (625)	75.4 (2149)	66.0 (1421)	76.4 (42)	72.1 (4731) ↑
Ижевск (24)	73.9 (294)	76.6 (1232)	77.5 (1131)	71.3 (1214)	69.2 (220)	74.5 (4091) ↓
Казань (18)	76.7 (79)	85.0 (863)	84.1 (992)	73.1 (1184)	83.1 (54)	79.7 (3172) ↑
Киров (18)	-	80.6 (537)	83.1 (1464)	70.8 (1300)	76.7 (66)	77.4 (3367)
Кострома (22)	85.3 (442)	80.4 (1051)	81.1 (2134)	68.7 (2102)	78.5 (51)	76.2 (5780) ↑
Краснодар (34)	79.7 (2312)	73.1 (3182)	80.0 (3154)	78.4 (5487)	64.5 (1278)	76.4 (15413)

Позиция	май'16	июнь'16	июль'16	август'16	сентябрь'16	май-сент.'16
Мин. Воды (24)	81.2 (1582)	75.6 (1998)	68.4 (425)	64.1 (1582)	52.7 (106)	72.3 (5693) ↑
Н. Новгород (17)	88.8 (461)	81.0 (725)	80.1 (2105)	75.3 (1609)	75.3 (73)	79.2 (4973) ↑
Оренбург (15)	80.6 (54)	62.0 (316)	63.4 (299)	63.4 (916)	63.6 (28)	63.5 (1613)
Петрозаводск (8)	79.5 (58)	79.5 (202)	82.0 (918)	73.5 (288)	83.8 (31)	79.9 (1497) ↑
Самара (20)	84.0 (184)	79.9 (1027)	70.4 (836)	64.1 (1095)	79.0 (45)	71.5 (3187)
Смоленск (9)	81.0 (222)	81.8 (932)	70.3 (1015)	62.0 (518)	58.3 (14)	72.7 (2701) ↑
Ставрополь (32)	86.3 (2174)	82.7 (3124)	79.7 (2322)	73.7 (4011)	43.4 (151)	78.2 (11782) ↑
Уфа (21)	91.4 (583)	89.1 (1289)	83.4 (883)	72.2 (2039)	73.3 (22)	80.3 (4816)
Среднее	80.0 (12617)	78.6 (24350)	77.4 (31122)	72.0 (32001)	68.0 (2790)	75.6 (102880)
Пулково (16)	85.2 (69)	75.9 (365)	83.7 (1298)	90.2 (462)	69.5 (57)	83.2 (2251) ↑

Примечание к таблице 5.

- Оправдываемость ДМРЛ-С Котлас, Тула, Курск не посчитана ввиду отсутствия данных в сети АСПД Росгидромета в период май – сентябрь 2016 года (в этот период, вероятно, не была завершена процедура метеoadaptации ДМРЛ-С).
- Результаты расчета оправдываемости ДМРЛ-С Шереметьево не приведены ввиду крайне низкой эффективности работы, возникающей вследствие больших углов закрытия радиогоризонта. Радиолокатор используется для отработки научно-практического материала, изучаемого на курсах ФГБУ «ЦАО».

Таблица 6

Результаты оценки процента ложной идентификации гроз и число неподтвержденных станциями ННС случаев гроз (в скобках) по каждой позиции МРЛ-5 за период май – сентябрь 2016 г.

Позиция	(R)	R)	R
Анапа	18.1 (61)	4.6 (24)	2.7 (13)
Екатеринбург	31.8 (183)	12.2 (34)	4.9 (16)
Калуга	27.5 (58)	22,1 (36)	14.8 (16)
Новосибирск	28.2 (34)	19.6 (27)	9.8 (14)
Пермь	30,7 (19)	21,1 (4)	16,7 (1)
Сочи	28.0 (61)	11,5 (42)	4,8 (12)
Тверь	29.1 (48)	23.4 (29)	15.7 (11)
Ульяновск	25.2 (318)	12,5 (105)	7,2 (31)
Среднее	27.1 (782)	14.6 (301)	8.4 (114)

Примечание к таблицам 6-7:

Слева направо перечислены значения, соответствующие вероятностным градациям радиолокационного распознавания гроз 30-70%, 70-90% и 90-100%

Таблица 7

Результаты оценки процента ложной идентификации гроз и число неподтвержденных станциями ННС случаев гроз (в скобках) по каждой позиции ДМРЛ (ДМРЛ-С) за период май – сентябрь 2016 г.

Позиция	(R)	R)	R
Архангельск	18.0 (105)	11.3 (25)	6.0 (22)
Брянск	10.7 (182)	6.2 (41)	3.8 (47)
Барабинск	10.9 (160)	7.8 (40)	4.2 (43)
Валдай	14.5 (101)	9.2 (24)	7.2 (35)
Владивосток	26.6 (187)	20.2 (49)	15.5 (59)
Внуково	27.1 (1310)	17.9 (282)	10.4 (351)
Воейково	16.3 (76)	12.0 (22)	6.3 (17)
Волгоград	13.1 (150)	10.0 (37)	6.2 (52)
Вологда	24.6 (447)	15.8 (102)	7.8 (91)
Ижевск	15.3 (197)	10.2 (57)	3.8 (36)
Казань	15.8 (184)	12.5 (53)	5.8 (50)
Киров	21.0 (245)	15.1 (68)	7.1 (66)
Кострома	25.4 (588)	14.8 (116)	6.8 (95)
Краснодар	15.9 (973)	11.9 (262)	8.5 (417)
Минер. Воды	16.2 (375)	11.0 (84)	7.9 (137)
Н. Новгород	25.0 (527)	15.7 (113)	6.8 (94)
Оренбург	8.5 (41)	5.8 (10)	5.3 (20)
Петрозаводск	20.4 (109)	16.0 (32)	5.5 (17)
Самара	12.9 (135)	9.9 (34)	6.3 (44)
Смоленск	15.3 (141)	12.4 (40)	5.2 (35)
Ставрополь	19.3 (1047)	13.4 (245)	9.7 (407)
Уфа	20.9 (434)	13.5 (99)	5.9 (83)
Среднее	20.7 (7714)	13.8 (1835)	8.1 (2218)
Пулково	29.9 (345)	7.7 (25)	5.1 (10)

5.2 Сопоставление данных наблюдений за количеством жидких осадков, полученных по данным метеорологических радиолокаторов, и сети осадкомерных датчиков на примере ДМРЛ-С Воейково

Сравнительный анализ радиометеорологической информации и данных осадкомерных датчиков о количестве атмосферных осадков, выпавших на территории, ограниченной зоной радиолокационного обзора – также широко используемый метод оценки качества работы МРЛ, позволяющий сделать вывод как о точности калибровки приемо-передающих устройств радиолокатора, так и об адекватности действующих критериев распознавания облачности, осадков и ОЯ погоды.

Оценка достоверности радиолокационной информации об осадках, проводимая на основании сопоставления с данными осадкомеров различных модификаций, входит в перечень дополнительных работ штата МРЛ (п. 4.3). По этим оценкам делаются выводы о корректности используемых параметров $Z-I$ -соотношения для различных видов осадков (жидкие, твердые, смешанные, фронтальные, нефронтальные и т.д.), сезона года, географического месторасположения МРЛ.

Работы по сравнению интенсивности и сумм осадков, полученных в результате дистанционных и наземных измерений, входят в перечень обязательных как в период метеорологической адаптации нового радиолокационного оборудования на позиции, так и в процессе его оперативной эксплуатации. Опыт подобного рода исследований накоплен и непрерывно совершенствуется в НИУ Росгидромета (ГГИ, ГГО, ЦАО, ВГИ, Гидрометцентр и т.д.), осуществляющих контроль радиолокационных метеорологических наблюдений.

До настоящего времени в ГГО эта работа проводилась с использованием радиолокационных карт «Суммы осадков за 12 часов» низкого разрешения (4x4 км), формируемых два раза в сутки программным обеспечением МРЛ и передаваемых в сеть АСПД Росгидромета, и полусуточных данных о накопленных суммах осадков, получаемых с ННС Росгидромета.

Ввод в эксплуатацию ДМРЛ-С Воейково дал доступ к радиолокационным данным высокого разрешения (1x1 км) и совпал с организацией и внедрением в оперативную работу плотной сети измерения количества атмосферных осадков (АИС «Осадки») ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на базе 34 осадкомерных датчиков ОТТ Pluvio² 200 (далее Pluvio), размещенных на территории Санкт-Петербурга и ближайших пригородов.

Осадкомеры Pluvio автоматически измеряют и с периодичностью раз в пять минут передают информацию о количестве выпавших осадков в точке измерения. Такой «учащенный» режим получения данных Pluvio о суммах осадков, одновременно с 10-минутным периодом обновления информации ДМРЛ-С, позволил по окончании теплого периода 2015 года, во-первых, проанализировать взаимосвязь сумм осадков, полученных по результатам прямых измерений Pluvio (Q_{PLUVIO}) и косвенных измерений ДМРЛ-С (Q_{DMRL}) за разные периоды накопления, во-вторых, оценить качество построения ПО «ГИМЕТ-2010» карт сумм жидких осадков с привлечением данных сертифицированных осадкомерных датчиков Pluvio, расположенных в пределах ближней зоны обзора ДМРЛ-С.

С начала мая по конец сентября 2016 года к анализу были привлечены 40 случаев прохождения осадкообразующих облаков над территорией Санкт-Петербурга и ближайших пригородов. Выборка пар значений Q_{DMRL} и Q_{PLUVIO} формировалась в конце каждого периода наблюдений (по окончании каждого часа – для карт «Сумма осадков за час», по окончании трехчасового периода – для карт «Сумма осадков за три часа» и т.д.) и в результате накопления 5-минутных значений количества осадков Pluvio.

Результаты сравнения Q_{DMRL} и Q_{PLUVIO} продемонстрированы в таблице 8 (с разбивкой на 6 градаций сумм осадков) со следующими обозначениями и расчетными характеристиками:

- N – количество элементов выборки;
- $N(-\Delta)$ – количество случаев с отрицательным отклонением (занижением показаний ДМРЛ-С относительно Pluvio);
- $N(+\Delta)$ – количество случаев с положительным отклонением (завышение показаний ДМРЛ-С относительно Pluvio);
- $\text{Min } \Delta$ (мм) – минимальное отклонение показаний ДМРЛ-С относительно Pluvio;
- $\text{Max } \Delta$ (мм) – максимальное отклонение показаний ДМРЛ-С относительно Pluvio;
- RMSE (root-mean-square error) – среднеквадратическая ошибка:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_{DMRL\ i} - Q_{Pluvio\ i})^2}{N}}$$

где: $Q_{DMRL\ i}$ – i -ое значение количества осадков, полученное ДМРЛ-С,

$Q_{Pluvio\ i}$ – i -ое значение количества осадков, полученное по результатам суммирования измерений осадкомеров Pluvio;

- MRE (mean-releative error) – средняя относительная ошибка измерений:

$$MRE = \frac{\sum_{i=1}^N (|Q_{DMRL\ i} - Q_{Pluvio\ i}| / Q_{Pluvio\ i})}{N} \cdot 100\%$$

Таблица 8

Результаты сопоставления количества жидких осадков, полученных по данным измерений Pluvio и ДМРЛ-С

Период	Градация мм	N	N(-Δ)	Min Δ	N(+Δ)	Max Δ	RMSE	MRE
1 час	общее	10348	8502(82%)	-35.4	1846(18%)	9.2	1.4	69%
	0-2	8762	6946(79%)	-2.0	1816(21%)	9.2	0.5	71%
	2-5	1271	1245(97%)	-4.5	26(3%)	4.3	2.0	58%
	5-10	259	256(98%)	-9.8	3(2%)	3.3	4.6	66%
	10-15	43	42(97%)	-14.1	1(3%)	6.0	8.7	69%
	15-20	8	8(100%)	-16.7	0(0%)	-	13.5	75%
	>20	5	5(100%)	-35.4	0(0%)	-	25.4	60%
3 часа	общее	4841	3785(78%)	-36.4	1056(22%)	8.8	2.6	71%
	0-2	3079	2072(67%)	-1.9	1007(33%)	4.2	0.5	79%
	2-5	1156	1110(96%)	-5.0	46(4%)	8.8	2.0	54%
	5-10	442	440(99%)	-8.1	2(1%)	0.3	4.3	59%
	10-15	113	112(99%)	-14.1	1(0%)	-	7.8	63%
	15-20	26	26(100%)	-15.1	0(0%)	-	11.0	61%
	>20	25	25(100%)	-36.4	0(0%)	-	18.1	64%

Таблица 8 (Продолжение)

**Результаты сопоставления количества жидких осадков,
полученных по данным измерений Pluvio и ДМРЛ-С**

Период	Градация мм	N	N(-Δ)	Min Δ	N(+Δ)	Max Δ	RMSE	MRE
6 часов	общее	2727	2092(76%)	-37.5	635(24%)	9.3	3.8	74%
	0-2	1402	812(57%)	-2.0	590(43%)	4.2	0.5	93%
	2-5	617	575(93%)	-4.0	42(7%)	9.3	1.9	49%
	5-10	456	454(99%)	-9.3	2(1%)	2.7	4.3	57%
	10-15	150	149(99%)	-11.3	1(1%)	2.1	7.4	59%
	15-20	57	57(100%)	-16.0	0(0%)	-	10.7	61%
	>20	45	45(100%)	-37.5	0(0%)	-	17.1	60%
12 часов	общее	1195	924(77%)	-38.3	271(23%)	9.8	5.5	61%
	0-2	432	212(49%)	-1.5	220(51%)	3.7	0.6	83%
	2-5	277	231(83%)	-3.6	46(17%)	9.8	1.7	42%
	5-10	250	248(99%)	-7.4	2(1%)	1.8	3.9	50%
	10-15	96	95(98%)	-10.7	1(2%)	0.4	6.7	53%
	15-20	66	64(96%)	-14.6	2(4%)	0.3	9.1	50%
	>20	74	74(100%)	-38.3	0(0%)	0.0	16.9	58%
24 часа	общее	456	379(83%)	-30.3	77(17%)	7.0	8.7	58%
	0-2	101	44(43%)	-1.0	57(57%)	3.8	0.7	94%
	2-5	82	64(78%)	-2.8	18(22%)	1.9	1.3	35%
	5-10	72	71(98%)	-6.7	1(2%)	1.8	3.7	45%
	10-15	61	60(98%)	-10.8	1(2%)	7.0	6.7	52%
	15-20	52	52(100%)	-13.9	0(0%)	-	9.1	50%
	>20	88	88(100%)	-30.3	0(0%)	-	17.3	56%

Отдельно были исследованы случаи, когда ДМРЛ-С не фиксировал осадки над осадкомерами, а значение Q_{Pluvio} при этом превышало погрешность измерения.

Данные оценки пропусков для каждого периода накопления с указанием максимального значения количества пропущенных осадков приведены в таблице 9.

Таблица 9

Пропуски осадков ДМРЛ-С, фактически наблюдаемых Pluvio

Период	Количество случаев пропуска осадков	Максимальное значение пропущенного количества осадков, мм
1 час	1188(11%)	4.46
3 часа	279(5%)	7.33
6 часов	146(6%)	11.33
12 часов	9(0.01%)	0.06
24 часа	0(0%)	-

На рисунке 3 представлены гистограммы значений RMSE (а) и MRE (б) в зависимости от периода суммирования и градации.

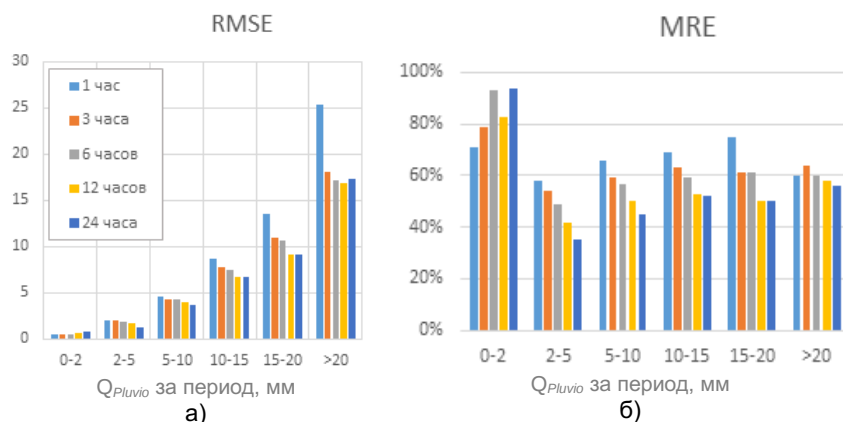


Рисунок 3 – Гистограммы распределения среднеквадратической (а) и относительной (б) ошибок измерения количества осадков

По результатам проводимого сопоставления можно сделать следующие выводы:

- Данные о суммах осадков, формируемые ПО «ГИМЕТ-2010», часто бывают заниженными в сравнении с данными сети АИС «Осадки» (количество случаев $N(-\Delta)$ почти всегда больше чем $N(+\Delta)$). Только для градации 0-2 мм и периодов накопления 12 и 24 часа значение $N(+\Delta)$ больше чем $N(-\Delta)$.

- Если провести сравнение данного исследования с аналогичным в 2015 году, то можно заметить, что в целом значения осадков, формируемые ПО «ГИМЕТ-2010», меньше согласуются с измерениями осадкомеров. При этом увеличилась точность оценки сумм осадков по данным ДМРЛ-С в градациях: 0-2 и 2-5 мм, а также в градации 5-10 мм для периодов накопления 12 и 24 часа. Во всех остальных градациях точность уменьшилась. Возможно, такое заметное изменение в согласованности данных связано с переработкой алгоритма расчета полей осадков или с регулировкой калибровочных коэффициентов радиолокатора.

- По сравнению с 2015 годом увеличилось количество пропусков осадков радиолокатором. Для часового периода накопления количество случаев пропущенных осадков увеличилось на 4%, при этом уменьшилось максимальное значение пропущенных осадков. Для периода 3 часа количество пропусков увеличилось на 4.5%, для 6 часов – на 5.8%. Для периода 12 часов в 2015 году пропусков осадков не было обнаружено, в 2016 году их количество уже составило 9.

Перспективными направлениями калибровки данных ДМРЛ-С по осадкомерным измерениям, на наш взгляд, являются:

1. Более эффективная фильтрация отражений от местных предметов и активных помех в продукции ДМРЛ-С, создающих мнимые зоны осадков даже в антициклональную погоду.
2. Более эффективный учет ослабления энергии радиоволн на трассе в зависимости от интенсивности и протяженности зон экранирующих осадков.
3. Адаптивный подбор параметров $Z-I$ – соотношения в каждом конкретном месте установки ДМРЛ-С с учетом региональных особенностей.

Выводы

1. Согласно двум федерально-целевым программам (ФЦП) (ФЦП *"Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией РФ на 2008-2015 годы"* и ФЦП *"Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)"*, подпрограмма *"Гражданская авиация"*) конечной целью модернизации радиолокационной сети Росгидромета является создание к концу 2020 года единого радиолокационного метеорологического поля на территории РФ за счет установки 140 доплеровских метеорологических радиолокаторов нового поколения.

2. В течение 2016 года на сети «МРЛ-Штормооповещения» наблюдения в оперативном режиме проводили 26 единиц ДМРЛ-С и 15 единиц МРЛ-5. По-прежнему, темпы вывода из эксплуатации МРЛ-5 (в среднем, по 5-7 единиц в год) значительно опережают процесс установки ДМРЛ-С, предусмотренных графиком ФЦП.

Основными причинами прекращения наблюдений с использованием МРЛ-5 являются:

- выработанный технический ресурс основных узлов МРЛ-5, фактическое отсутствие основных комплектующих (приборов СВЧ, магнетронов, угольных щеток и т.д.), коррозирование волноводного тракта и вращочленений радиолокатора;
- неудовлетворительное состояние зданий и рабочих помещений МРЛ, на протяжении нескольких лет нуждающихся в проведении капитального ремонта;
- неукомплектованность штата рабочей группы МРЛ, возникающая вследствие длительного недофинансирования всей наблюдательной сети Росгидромета.

3. Основными трудностями в эксплуатации МРЛ-5 (помимо вышеперечисленных) по-прежнему остаются:

- плохая укомплектованность МРЛ-5 ЗИПами (на большинстве МРЛ ЗИП фактически отсутствует);
- текучесть кадров, особенно инженеров по радиолокации, работа в качестве инженеров по радиолокации совместителей;
- ежегодное ухудшение на большинстве МРЛ условий радиолокационного обзора, в основном, из-за роста деревьев и высотной застройки;
- недостаток данных аэрологического зондирования;

- разрушение лакокрасочного покрытия ветрозащитных колпаков МРЛ, приводящее к ослаблению радиоволн в колпаке и снижению достоверности получаемой метеорологической информации на 10-12%;
 - недостаточный уровень знаний у персонала автоматизированных МРЛ-5 компьютерной техники и отсутствие в штате, на подавляющем большинстве МРЛ, системных администраторов;
 - отсутствие централизованного обучения специалистов сети МРЛ.
4. ГО информирует, что вывод МРЛ-5 из эксплуатации влечет за собой неоправданные риски для гидрометеорологической безопасности объектов социальной и транспортной инфраструктуры региона. Хозяйствующим подразделениям УГМС, филиалам ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» необходимо предусмотреть финансовые расходы, связанные с поддержанием работоспособности МРЛ-5.
5. Несмотря на значительные инвестирования средств в модернизацию радиолокационной метеорологической сети Росгидромета имеются существенные трудности в обеспечении общего качества данных, получаемых с ДМРЛ-С, их интеграции с результатами других радиолокационных систем наблюдений, в том числе и в рамках международного обмена.
6. Обеспечение постоянного контроля качества данных как отдельных радиолокаторов, так и сети в целом невозможно без участия методических групп при УГМС, а также консолидированного содействия всех профильных НИУ Росгидромета.
7. Объективный контроль качества радиолокационной информации, связанной с ОЯП различных классов, должен осуществляться посредством сопоставления с данными ННС в соответствии с единой методикой, утвержденной компетентной комиссией Росгидромета. Данные грозопеленгационной сети должны использоваться в качестве вспомогательной информации при оценке алгоритмов распознавания гроз.
8. Достоверной информацией об ОЯП, полученной независимым от МРЛ образом, являются режимные данные ННС Росгидромета.
9. Оценка качества работы МРЛ (ДМРЛ-С) и алгоритмов вторичной обработки должна проводиться на основании двух статистических величин – оправдываемости ($P_{оя}$) и вероятности ложной идентификации ОЯП ($F_{оя}$). Представление данных лишь об оправдываемости ОЯП не способствует формированию объективной точки зрения относительно качества производимых наблюдений.
10. Для легитимного использования информации МРЛ (ДМРЛ-С) в

обслуживании авиационных потребителей необходимо ежегодное оформление Удостоверения годности метеооборудования МРЛ (ДМРЛ-С) к эксплуатации. Удостоверение годности выдается на основании комплекта документов, подтверждающих ввод радиолокационного оборудования в оперативную работу, Акта оценки технического состояния и положительных результатов анализа архива радиолокационной метеорологической информации за 3-12 месяцев наблюдений, предшествующих дате обращения.

11. Краткий предварительный отчет в форме таблицы должен быть выслан почтой на адрес ФГБУ «ГГО» не позднее 25 декабря текущего года, а полный годовой отчет – не позднее 31 января следующего года.

Для своевременного получения отчетов их можно присылать на электронный адрес ОГМИ ФГБУ «ГГО»: mrl-voeikovo@yandex.ru.

12. Штату АМРК «АКСОПРИ» необходимо рассмотреть вопрос о предоставлении годового отчета по формам, указанным в РД [2] (Таблицы 8.13-8.14-8.15), т.к. по присланным отчетам нельзя получить представления о работе МРЛ за отчетный период.

13. РД [1], устанавливающий порядок наблюдений, обработки, метеорологической интерпретации, передачи и критического контроля данных, получаемых с помощью МРЛ-2 и МРЛ-5, утратил свою актуальность применительно к ДМРЛ-С. Необходим новый документ (РД), по содержанию и порядку исполнения близкий к [1], максимально адаптированный к новым видам получаемой информации и регламентирующий процесс взаимодействия между всеми НИУ и организациями Росгидромета в вопросах производства наблюдений.

14. По техническим и методическим вопросам эксплуатации МРЛ, получения Удостоверения годности, плана инспекций, консервации и списания радиолокационного оборудования, установки и эксплуатации ДМРЛ-С просьба обращаться:

- к заведующему ОГМИ ФГБУ «ГГО» **Тарабукину Ивану Алексеевичу**
по телефонам: 8 812 297 86 81 (раб.), 8 921 793 99 82 (моб.);

- к заведующей лабораторией научно-методических основ радио-метеорологических наблюдений **Львовой Маргарите Владимировне**
по телефонам: 8 812 297 86 81 (раб.), 8 921 780 10 59 (моб.).

Предложения

территориальным органам (Департаментам по округам), филиалам ФГУ «Авиаметтелеком», УГМС, ЦГМС, АМЦ, АМСГ относительно дальнейшей эксплуатации МРЛ-5.

1. Обратить внимание на недопустимость консервации (списания) радиолокационного оборудования действующих МРЛ-5, особенно в период осуществляемой модернизации сети.
2. Рассмотреть вопрос об оказании финансовой поддержки тем МРЛ-5, техническое состояние которых находится в неудовлетворительном состоянии и требует капитального (средне-восстановительного) ремонта.
ГГО располагает контактами фирм, занимающихся реализацией основных электровакуумных приборов СВЧ с гарантией для МРЛ-5. По вопросам их приобретения просьба обращаться к заведующему ОГМИ ФГБУ «ГГО» – И.А. Тарабукину.
3. Принять упреждающие меры для того, чтобы техническая модернизация сети «МРЛ-Штормооповещения» не имела последствий для временных рядов радиолокационных метеорологических данных.
4. По достижении общей наработки 45000, 90000, 135000 часов в обязательном порядке проводить капитальный ремонт МРЛ-5. Средне-восстановительный ремонт осуществлять каждые 10000 часов наработки или по мере необходимости.
5. Ремонт МРЛ-5 проводить силами фирм, имеющих лицензию. Составление дефектных ведомостей и приемку обязательно проводить совместно со специалистами ФГБУ «ГГО», предусмотрев в смете расходы на эти цели.
6. Совместно с местными органами власти и лесного хозяйства, решить вопросы, связанные с неудовлетворительным состоянием зоны обзора МРЛ-5. Активизировать работу по восстановлению лакокрасочного покрытия ветрозакщитных колпаков.
7. Обеспечить своевременное предоставление ежегодных отчетов о работе МРЛ в адрес ФГБУ «ГГО»:

194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, д. 7,

на имя директора ФГБУ «ГГО»

Катцова Владимира Михайловича.

Предложения

*относительно дальнейшего методического сопровождения
сети ДМРЛ-С.*

На все тематические совещания Росгидромета, посвященные проблеме создания, функционирования и методического сопровождения сети ДМРЛ-С, ГГО выносит следующие основные вопросы:

1. Рассмотреть вопрос и принять решение о разделении функций оперативного руководства ДМРЛ-С (ФГБУ «ЦАО») и методического руководства МРЛ-5 и ДМРЛ-С («ГГО»). Как показывает опыт последних лет, совмещение этих функций в одном центре не является стратегически и научно обоснованным.
2. Во время опытной эксплуатации ДМРЛ-С необходимо проведение комплекса работ по калибровке ДМРЛ-С, сопоставлению результатов радиолокационных метеорологических наблюдений с данными наземной наблюдательной сети, корректировке по результатам сопоставления критериев обнаружения и распознавания ОЯП.
3. Алгоритмы вторичной обработки СПО ДМРЛ-С, критерии распознавания ОЯП должны быть открытыми, обоснованными, вынесенными на общее обсуждение.
4. При введении ДМРЛ-С в оперативную работу (по окончании опытной эксплуатации) необходимо включать ДМРЛ-С в состав сети "МРЛ-Штормооповещения".
5. Научно-исследовательские работы по методическому сопровождению сети «МРЛ-Штормооповещения» необходимо планировать совместно со специалистами УГМС, которые имеют большой опыт работы в данном географическом регионе и напрямую заинтересованы в качестве получаемой информации.
6. Для более полной оценки радиолокационных метеорологических данных необходимы научные исследования в течение всего года (а не только в грозовой сезон), включая анализ осенне-зимних явлений (твердых и смешанных осадков) с привлечением в качестве соисполнителя специалистов УГМС, НИУ и Гидрометцентра.
7. В целях экономии технического ресурса ДМРЛ-С и снижения расходов на его содержание (главным образом электроэнергии) рассмотреть адаптированный к конкретному месту установки радиолокатора график проведения наблюдений за облачностью и опасными явлениями погоды.

Библиография

1. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. РД 52.04.320-91. Ленинград, Гидрометеиздат, 1974, 344 стр.
2. Методические указания по производству метеорологических радиолокационных наблюдений на ДМРЛ-С на сети Росгидромета. ФГБУ «ГГО», 2013, 178 стр.
3. Правила эксплуатации метеорологического оборудования аэродромов гражданской авиации (ПЭМОА-2009). РД 52.04.716-2009. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат 2009, 128 стр.
4. Методические указания по автоматизированной обработке гидрометеорологической информации. Выпуск 3. Метеорологическая информация неавтоматизированных гидрометеорологических станций и постов. Часть 1. Метеорологическая информация станций. Раздел 1. Занесение информации на технический носитель. Обнинск 2000 – 2005 гг.
5. Методические указания по определению шквалов с использованием данных МРЛ. Ленинград, 1988, 18 стр.
6. Методические рекомендации для подготовки и архивации данных на сети МРЛ в коде RADOB. Санкт-Петербург, 2008, 23 стр.
7. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. РД 52.04.563-2013. Санкт-Петербург, 2013, 49 стр.
8. Приказ №95 о внедрении на радиолокационной сети Росгидромета «Основных технических требований к системе обнаружения опасных атмосферных явлений и штормового оповещения на базе метеорологических радиолокаторов». Москва. 21.06.2004 г.