



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



**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова»**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПИСЬМО

**ОБ ИТОГАХ РАБОТЫ СЕТИ РОСГИДРОМЕТА
«МРЛ-ШТОРМООПОВЕЩЕНИЯ»
В 2017 ГОДУ**

**Санкт-Петербург
2018 г.**

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 сети Росгидромета «МРЛ-Штормооповещения» в 2017 году» (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 2017 г. и собственных научных исследований.

Документ подготовили:

И.А. Тарабукин	Заведующий отделом геофизического мониторинга и исследований ФГБУ «ГГО», к. ф.-м. н.
Е.В. Дорофеев	Заведующий лабораторией, к. ф.-м. н.
М.В. Львова	Заведующая лабораторией, с.н.с.
Б.Г. Зайнетдинов	Заведующий лабораторией, н.с.
О.А. Дмитриева	Ведущий геофизик
С.А. Лыскова	Геофизик
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	Перспективы развития радиолокационной сети Росгидромета и расширения единого радиолокационного метеорологического поля.....	9
5	Техническое состояние и функционирование МРЛ в период проводимой модернизации	11
5.1	Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ.....	14
5.2	Сведения о регулярности работы МРЛ	17
5.3	Плановые и дополнительные работы штата МРЛ	21
5.4	Режимные обобщения	22
5.5	Трудности в работе специалистов сети МРЛ	23
5.5.1	Неукомплектованность штата.....	23
5.5.2	Отсутствие ЗИПов	25
5.5.3	Недостаток данных аэрологического радиозондирования	26
5.5.4	Состояние зданий и помещений МРЛ	26
5.6	Инспекции МРЛ (АМРК) специалистами ФГБУ «ГГО»	27
6	Оценка качества работы МРЛ.....	28
6.1	Сопоставление информации МРЛ об опасных явлениях погоды с данными гидрометеорологических станций наземной наблюдательной сети (ННС) Росгидромета	28
6.2	Опыт использования других видов метеоинформации об опасных явлениях для сопоставления с радиолокационными данными	39
6.3	Сопоставление данных наблюдений за количеством жидких осадков, полученных по данным метеорологических радиолокаторов, и сети осадкомерных датчиков на примере ДМРЛ-С Воейково.....	42
	Выводы	49
	Предложения.....	52
	Библиография	53

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, АМК, ДМРЛ, а также ДМРЛ-С, устанавливаемых по плану Росгидромета на территории Российской Федерации (РФ).

2 Научно-методическое руководство сетью «МРЛ-Штормоповещения»

Согласно уставу, в рамках ежегодного календарного плана сотрудниками отдела геофизического мониторинга и исследований (ОГМИ) ФГБУ «ГГО» ведется работа по следующим основным направлениям:

- систематический мониторинг сети «МРЛ-Штормоповещения»;
- 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-Штормоповещения» режимных материалов радиолокационных метеорологических наблюдений в коде RADOB, их предоставление в согласованном формате ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»;
- ведение Банка данных сети «МРЛ-Штормоповещения» (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.);
- разработка новых и переработка действующих нормативных документов, регламентирующих требования к организации и производству радиолокационных метеорологических наблюдений, в т. ч. об опасных гидрометеорологических явлениях (ОЯ), обработке и

контролю данных;

- 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 высокопрофессиональную помощь со стороны сотрудников, задействованных 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 2017 г. контроль за состоянием и работоспособностью действующих локаторов сети, а также установкой и вводом в опытную эксплуатацию новых ДМРЛ-С осуществляли (на местном уровне) 16 территориальных УГМС Росгидромета. В соответствии со своими уставами, УГМС несут 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 рис. 1, в 2017 г. включала 11 *эксплуатируемых* единиц некогерентных метеоррадиолокаторов типа МРЛ-5, 31 единицу ДМРЛ-С, введенных в оперативный режим работы, и 1 ДМРЛ-С, работающий в тестовом режиме (не прошедший процедуру метеорологической адаптации) на позиции Новосибирск.

Метеоррадиолокаторы, 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 «Авиаметтелетком Росгидромета» и аэропортам, что не отменяет их функционирования в составе сети «МРЛ-Штормоповещения» и участия 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 аббревиатурой – МРЛ, кроме тех случаев, в которых техническое исполнение радиолокатора и его система автоматизации имеют определяющее значение.

Рис. 1 наглядно иллюстрирует функционирующие на территории каждого УГМС метеоррадиолокаторы сети «МРЛ-Штормоповещения».



■ MRP-5
МЕРКОМ

■ MRP-5
АКСОПРИ

■ MRP-5
МЕТЕОЯЧЕЙКА

■ DMRL-C
«ГИМЕТ-2010»

Рисунок 1. Структурная схема функционирования сети «MRP-Штурмооповещения» по состоянию на 1-й квартал 2018 г.

Примечание:

*Владелец и эксплуатант DMRL-C Москва Шереметьево – НТЦ DMRL ЦАО.

**Владелец и эксплуатант DMRL-C Валдай – ФГБУ «ГГИ».

Цветным маркером на перелистываемой странице выделены автоматизированные метеорологические комплексы (АМПК). Каждый цвет определяет техническое оснащение МРЛ-5 одной из трех автоматизированных систем управления («АКСОПРИ», «МЕРКОМ», «Метеоячейка»), действующих в настоящее время на сети. МРЛ-5, работающие без применения систем автоматизации, на рис. 1 обозначены черным маркером.

ДМРЛ-С с ПО вторичной обработки «Гимет-2010», установленные в рамках ФЦП в 2010-2017 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 метеообеспечения зимней олимпиады 2014 г. Эксплуатируется ФГБУ «СЦГМС ЧАМ».
- ДМРЛ Санкт-Петербург («Метеор 500С» немецкой фирмы «Selex Si/Gematronik» с программным обеспечением «Метеор-Метеоячейка»). Эксплуатируется Северо-западным филиалом ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета».
- ДМРЛ Симферополь («Метеор 635С» немецкой фирмы «Selex Si/Gematronik» с программным обеспечением обработки и визуализации радиолокационных данных «Rainbow»). Эксплуатируется Крымским филиалом ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета».

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. Как и по состоянию дел прошлого года, 9 УГМС в структуре Росгидромета не имеют на своей территории источника радиолокационной метеорологической информации.

Дополнительно к сети «МРЛ-Штормооповещения» на территории Северного Кавказа развернута ведомственная сеть метеорологических радиолокаторов МРЛ-5 военизированной службы (ВС) Росгидромета по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы. Всего в сети 13 комплектов МРЛ-5, проводящих наблюдения в теплый период года (с апреля по сентябрь) в режиме градозащиты (2-й канал МРЛ-5, длина волны 10 см):

- Краснодарская ВС – 6 комплектов,
- Ставропольская ВС – 2 комплекта,
- Северо-Кавказская ВС – 5 комплектов.

На 8 МРЛ-5 установлено ПО вторичной обработки «МЕРКОМ» (ФГБУ «ВГИ»), на 5 – ПО «АСУ-МРЛ» (ООО «НПЦ-Антиград»). Рабочий режим наблюдений МРЛ – ежечасный, в режиме «шторм» – 3,5 мин. Данные МРЛ передаются в сеть АСПД Росгидромета в соответствии с [9].

4 Перспективы развития радиолокационной сети Росгидромета и расширения единого радиолокационного метеорологического поля

По состоянию на 1-й квартал 2018 г. можно констатировать, что установлена и введена в оперативную работу примерно треть (от запланированного ФЦП) позиций ДМРЛ-С. Плотность функционирующих радиолокаторов (рис. 2, зеленые круги) на Европейской территории России заметно выше, чем в остальной части страны (рис. 1, красные круги). Расширение радиолокационного поля на восток) происходит крайне медленно – чаще по экономическим причинам, в ряде случаев ввиду организационных трудностей (длительный процесс отчуждения земельных участков, выделенных под установку радиолокатора, трудности в энергообеспечении предполагаемой радиолокационной позиции и т.д.).

В этой связи в последнее время всё чаще обсуждается вопрос о дополнении и расширении существующей радиолокационной сети за счет установки малогабаритных метеорологических радиолокаторов (ММРЛ), обладающих худшими, по сравнению с МРЛ-5 и ДМРЛ, характеристиками разрешающей способности и метеорологического потенциала и, что немаловажно, значительно более дешевых. По пути расширения основной радиолокационной сети за счет установки малогабаритных образцов идут многие европейские и другие страны.

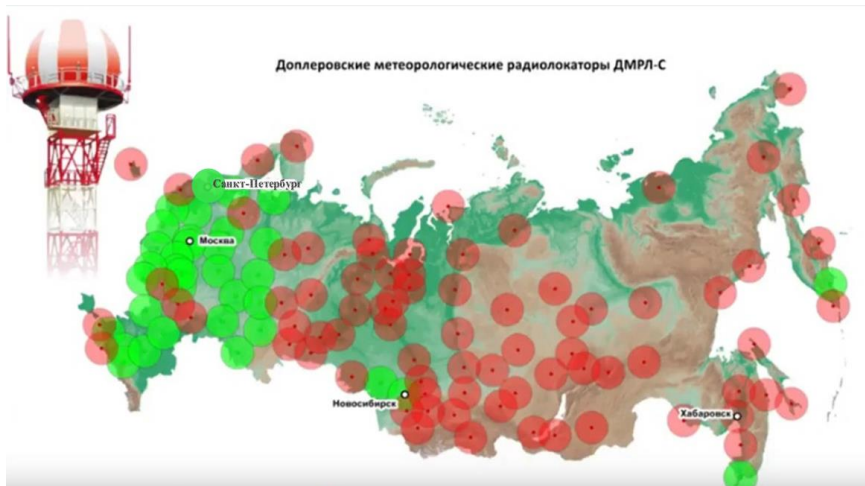


Рисунок 2. Схема расположения ДМРЛ-С на территории РФ (зеленые круги – введенные в эксплуатацию, красные круги неустановленные или нефункционирующие позиции по состоянию на 1 квартал 2018 г.)

С 2017 года Росгидрометом был взят курс на оснащение радиолокационной сети малогабаритными радиолокаторами, производимыми в нашей стране несколькими специализированными высокотехнологичными концернами. Основные технические требования, предъявляемые к малогабаритным радиолокаторам, изложены в [4], сформулированы и выделены в специальный раздел в новой редакции авиационных правил.

Имея дальность действия немногим более 50 км, ММРЛ, предположительно, способны закрыть участки, не охваченные существующей радиолокационной сетью. Как показывают исследования, эффективность их работы на указанных расстояниях достаточно велика.

Размещение ММРЛ целесообразно:

- в аэропортах в условиях отсутствия источника радиолокационной метеорологической информации,
- в особо опасных в гидрологическом отношении районах,
- в горной местности (при наличии больших углов закрытия), где не требуется большая дальность действия.

ММРЛ может устанавливаться как на стационарных, так и на подвижных объектах. Малогабаритные характеристики и конструкция обеспечивают простоту монтажа/демонтажа ММРЛ на выбранной позиции.

5 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 втрое и продолжает активно сокращаться (для сравнения – 33 позиции в 2010 г., 11 работающих позиций в 1 квартале 2018 г.). Между тем, большинство из МРЛ находились в удовлетворительном техническом состоянии: часть из них была законсервирована при общей наработке, 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 было нецелесообразным.

➤ Так, во втором квартале 2015 г. 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 г.), 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 гг.), по предварительным оценкам, будут произведены не раньше 2018 г. До этого времени синоптики аэропорта будут работать без радиолокационного метеообеспечения одного из самых сложных для взлета и посадки (согласно результатам анкетирования ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» и ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета») аэродромов России.

➤ Общая недофинансированность стала причиной вывода из эксплуатации 01.06.2015 г. и МРЛ-5 в Абакане.

На протяжении двух предшествующих 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» не проявил интереса к восстановлению работоспособности МРЛ – единственного источника радиолокационной метеорологической информации для международного аэропорта г. Абакан.

➤ В период 2011-2015 г. из-за отсутствия ЗИП из эксплуатации выведены все МРЛ-5 Западно-Сибирского УГМС (Барнаул, Колпашево, Томск, Кемерово). Согласно дефектным ведомостям, вышеперечисленные МРЛ-5 ремонту и восстановлению не подлежат.

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

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

➤ *С 10.06.2015 г.*, приказом 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 г.*, 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 г.*

➤ На протяжении 2016-2017 гг. в адрес ГГО неоднократно обращались представители Приволжского филиала ФГБУ «Авиаметтелетком 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 в г. Безенчук – находится на расстоянии 75 км от взлетно-посадочной полосы и не может быть эквивалентной заменой МРЛ-5 в плане обеспечения безопасности взлета-посадки воздушных судов в районе международного аэропорта Курумоч.

➤ 1 августа 2017 г. ФГБУ «ГГО» согласован останов МРЛ-5 Новосибирск, установленного в аэропорту «Толмачево». В сентябре 2017 года оборудование МРЛ-5 передано на баланс Западно-Сибирскому филиалу ФГБУ «Авиаметтелетком Росгидромета». В настоящий момент МРЛ-5 не эксплуатируется. Запуск ДМРЛ-С Новосибирск, также установленного в районе аэропорта «Толмачево», планируется в 2018 г.

➤ В связи с крайним износом готовится к выводу из эксплуатации МРЛ-5 в г. Симферополе. Работа радиолокатора будет остановлена с введением в оперативную работу, автоматизацией и интеграцией в сеть «МРЛ-Штормооповещения» ДМРЛ в Симферополе.

➤ В связи с открытием аэропорта Ростов-на-Дону (Платов) и закрытием аэропорта Ростов-на-Дону в 2018 г. готовится демонтаж МРЛ-5 Ростов. Планируется, что радиоэлектронными комплектующими МРЛ-5 Ростов будет пополнен ЗИП МРЛ-5 в г. Сочи.

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.).

5.1 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 ЗИП, недостаток квалифицированных кадров, как следствие недостаточного и несвоевременного финансирования, но даже в условиях кризиса МРЛ продолжают свою работу благодаря усилиям сотрудников, содействию руководства подразделений Росгидромета и методической группы ГГО.

Оценка эксплуатационной надежности аппаратуры МРЛ проводится на основании показателя наработки на отказ (среднего времени работы аппаратуры между отказами) в 2017 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 табл. 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 в г. Новосибирск (Толмачево) проводились до 1 августа 2017 г., показатель эксплуатационной надежности рассчитан за период 01.01-31.07.2017 г. Наблюдения на МРЛ-5 в г. Анапа проводились до 25 ноября 2017 г. С 26.11.2017 г. МРЛ-5 в г. Анапа на ремонте.

Таблица составлена по убыванию показателя эксплуатационной надежности.

Примечание к таблице 1.

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

Таблица 1

Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ в 2017 г.

Место установки МРЛ	Наработка за период эксплуатации (час)	Наработка за 2017 г. (час)	Число отказов МРЛ	Эксплуатационная надежность (час/отказ) МРЛ
СПб (Пулково)	91770	8600	5	1720
Калуга	189306	8690	6	1448
Тверь	181194	8560	6	1426
Анапа	45890	2500	2	1250
Сыктывкар	44560	1190	б/о	1190
Екатеринбург	54588	2746	3	915
Сочи	56278	3417	4	854
Ростов-на-Дону	52254	2880	4	720
Пермь	36326	2262	4	590
Симферополь	56286	1736	3	579
Новосибирск	48571	634	2	317
Чита	25216	491	2	246
Хабаровск	53650	924	7	132
Ульяновск	34433	994	11	90

Как видно из табл. 1, эксплуатационная надежность отдельных МРЛ варьирует 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 – 672 час/отказ, для автоматизированных МРЛ-5 почти на 200 часов выше – 860 час/отказ.

Рис. 3 иллюстрирует динамику средней эксплуатационной надежности МРЛ за десятилетний период наблюдений.

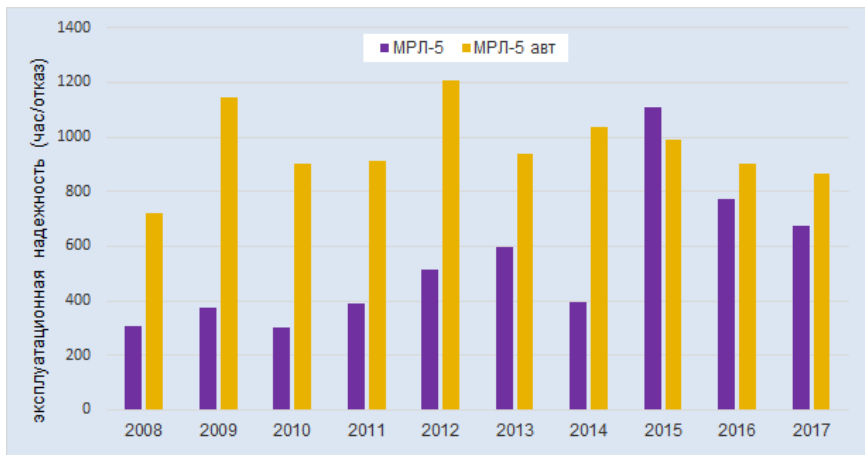


Рисунок 3. Динамика средней годовой эксплуатационной надежности МРЛ за 2008-2017 гг.

В 2017 году среднегодовая эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ, как автоматизированных образцов, так и неавтоматизированных, продолжила стабильное снижение (для неавтоматизированных МРЛ-5 оно более заметно), что объясняется усугубляющейся с каждым годом недофинансированностью всех некогерентных радиолокаторов, составляющих основу сети «МРЛ-Штурмооповещения».

Обращают на себя внимание эксплуатационные характеристики МРЛ-5 в г. Тверь и Калуга. Несмотря на рекордную для сети наработку (181 и 189 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 систематизируются и обобщаются в информационных отчетах ФГБУ «ЦАО».

5.2 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» прекращение регулярных радиометеорологических наблюдений с использованием МРЛ-5 в г. Чита в холодный период года. Ввиду этого обстоятельства по количеству произведенных наблюдений МРЛ-5 в г. 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 5.4). По этой причине, в годовом отчете о работе МРЛ, должна в явном виде содержаться информация, вносимая в графы табл. 2.

Таблица 2

Регулярность работы МРЛ в 2017 году

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	2602	824	72	проф. – 72	100,0
Симферополь	9055	2875	45	технич. – 8, проф. – 37	99,7
Анапа	16346	2531	389	технич. – 357, проф. - 26 э/э – 6	99,6
СПб	52150	2898	22	э/э – 5 проф. – 17	99,2
Ростов	15784	2630	45	технич. – 40, э/э – 5	98,9
Екатеринбург	10496	2772	148	технич. – 53, проф. – 49, отмена - 26	98,0
Тверь	51189	8531	204	технич. – 201, э/э – 3	97,7
Новосибирск	3002	2151	41	технич. – 1, проф. – 40	96,9
Сочи	5484	2006	913	технич. - 202, отмена - 711	96,6
Калуга	-	-	25	-	96,0

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 (%)
Пермь	8659	2706	214	технич. – 73, э/э+связь – 23, проф. – 59, отмена - 59	92,1
Хабаровск	2560	1327	109	технич. -37, отмена - 72	90,0
Ульяновск	3455	2607	313	технич. – 50, э/э – 231, проф. – 32	89,3
Чита	5162	1630	202	технич. – 202	89,0

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 (48% от общего числа пропущенных). Отсутствие в ЗИПе (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 (41%), производимые в период благоприятной синоптической обстановки, но, тем не менее, учитываемые в общей статистике пропусков наблюдений. Возрастающая с каждым годом необходимость профилактических работ (10% от общего числа пропущенных синоптических сроков в 2015 году, 12% в 2016 и 41% (!) в 2017 году) также является косвенным показателем функционального износа оборудования МРЛ-5. Чаше профилактические работы выполняются не в

соответствии планом-графиком эксплуатации МРЛ, а по мере острой необходимости.

На третьем месте причин, снизивших регулярность радиолокационных наблюдений в 2017 году – проблемы с электричеством и сбой связанного оборудования (11% от общего числа пропущенных). Лидером по количеству сбоев, пропущенных в 2017 году в результате отсутствия электроэнергии, является АМРК Ульяновск (231 синоптический срок). Причиной частого и длительного простоя ввиду отсутствия электроэнергии является систематическое повреждение кабеля, питающего радиолокатор, при выполнении работ по реконструкции взлетно-посадочной полосы аэропорта г. Ульяновск (Баратаевка).

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 2017 году (нет деления на синоптические, ежедневные 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 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 – 2017 гг. 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 обязательство гарантийного обслуживания и ремонта оборудования ДМРЛ-С до момента достижения времени наработки 16000 часов (примерно на протяжении двух лет эксплуатации). В настоящий момент указанной наработки достигли 90% эксплуатируемых ДМРЛ-С. В Росгидромете по-прежнему 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.

5.3 Плановые и дополнительные работы штата МРЛ

В 2017 г. 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] – 5 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 – 4 МРЛ;
- проверка кодирования радиолокационной информации согласно [6] – 6 МРЛ;
- запись данных МРЛ на технические носители для режимных обобщений – 8 МРЛ;
- заполнение в течение года журнала с данными ближней зоны – 3 МРЛ;
- использование информации МРЛ для подготовки ежегодных климатологических обобщений – 1 МРЛ;
- проведение технического обучения, прием зачетов при подготовке к теплому, холодному и переходному периодам, занятия по технике безопасности и противопожарные мероприятия – 13 МРЛ.

5.4 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 2017 г. 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, Пермь (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 гг. 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.

5.5 Трудности в работе специалистов сети МРЛ

5.5.1 Неукомплектованность штата

Неукомплектованность штата возникает, в основном, как следствие недостаточного финансирования. За последний год дважды произошло повышение минимального размера оплаты труда (1 июля 2017 г. и 1 января 2018 г.), что привело к уравниванию заработных плат уборщиц, техников-метеорологов, инженеров с любой выслугой лет. Такое положение дел негативно сказывается на моральном состоянии коллективов станций.

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

Средний процент молодых специалистов (до 35 лет), задействованных в производстве радиолокационных метеорологических наблюдений по отношению к общему количеству сотрудников в настоящее время составляет менее 5%, пенсионного возраста – 54%.

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 одного специалиста – 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, зачастую, сложной синоптической обстановки в регионе не всегда успевают уделять должного внимания информации ДМРЛ-С и выполнять работы, ранее возлагавшиеся 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.

5.5.2 *Отсутствие ЗИП*

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

В прошлом вопрос поставки и ремонта необходимых ЗИП 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.

ГГО часто одобряет решение УГМС и филиалов ФГБУ «Авиаметтелетком Росгидромета» о списании нефункционирующих МРЛ-5 в пользу доукомплектования ЗИП работающих радиолокаторов. Так в 2017 г. в ходе инспекции МРЛ-5 в г. Самара (Курумоч) ГГО было принято решение о его списании, при этом пригодные для дальнейшей эксплуатации радиоэлектронные компоненты МРЛ-5 были рекомендованы для передачи в ЗИП МРЛ-5 в г. Ульяновск, также функционирующего на территории ответственности Приволжского филиала ФГБУ «Авиаметтелетком Росгидромета». В 2018 г. планируется капитальный ремонт МРЛ-5 в г. Ульяновск с восстановлением лакокрасочного покрытия ветрозащитного колпака МРЛ.

В 2018 г. готовится демонтаж МРЛ-5 в г. Ростов. Планируется, что радиоэлектронными комплектующими МРЛ-5 в г. Ростов будет пополнен ЗИП МРЛ-5 в г. Сочи.

5.5.3 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 113 станций аэрологического зондирования 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.

5.5.4 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, в г. Сочи, Ульяновск, Ростов, Хабаровск.

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

5.6 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 2017 г. сотрудниками ГГО были проведены технические и методические инспекции МРЛ-5, ДМРЛ и ДМРЛ-С, расположенных на территории *Приволжского УГМС* (МРЛ-5 в г. Самара (Курумоч), ДМРЛ-С в г. Самара (Безенчук), МРЛ-5 в г. Ульяновск), *Западно-Сибирского УГМС* (МРЛ-5 в г. Новосибирск (Толмачево), ДМРЛ-С в г. Новосибирск), *Уральского УГМС* (МРЛ-5 в г. Пермь, Екатеринбург).

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

- МРЛ-5 в г. Пермь, Екатеринбург – сроком на 1 год.

Актом оценки технического состояния МРЛ-5 в г. Самара (Курумоч) ГГО согласовала списание неисправного комплекса. В конце 2015 г. в результате несанкционированного проникновения в здание радиолокатора посторонних лиц произошла кража и порча оборудования МРЛ-5. Пригодные для дальнейшей эксплуатации комплектующие МРЛ-5 рекомендовано передать в ЗИП МРЛ-5 в г. Ульяновск, также функционирующего в составе Приволжского филиала «Авиаметтелеком Росгидромета». МРЛ-5 в г. Ульяновск на момент инспекции находился в технически исправном состоянии. Выдача удостоверения годности к эксплуатации планируется после рекомендованного восстановления лакокрасочного покрытия ветрозащитного купола МРЛ-5.

МРЛ-5 в г. Новосибирск (Толмачево) выведен из эксплуатации 1 августа 2017 г. Как выяснилось в результате инспекции, МРЛ-5 является имуществом казны Российской Федерации. Территориальные органы Росимущества не обладают соответствующей компетенцией и не имеют закрепленных полномочий для дальнейшей эксплуатации или консервации оборудования МРЛ-5. По этой причине балансодержателем (Росимуществом) планировалась полная утилизация МРЛ. В соответствии с ходатайством ГГО, в августе 2017 г. запущен процесс передачи МРЛ-5 в оперативное управление территориального подразделения Росгидромета – Западно-Сибирскому филиалу ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета».

6 Оценка качества работы МРЛ

6.1 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 табл. 3 приведены значения оправдываемости ($P_{оя}$) в 2015, 2016 и 2017 гг. для трех неавтоматизированных МРЛ-5, эксплуатируемых на сети «МРЛ-Штормооповещения».

Таблица 3

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

Место установки МРЛ	$P_{оя}$, %		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Симферополь	98,7	98,6	99,2 ↑
Сыктывкар	96,9	98,6	95,2 ↓
Чита	95,8	98,4	96,6 ↓

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».

Оценка качества информации об ОЯ автоматизированных МРЛ

Для целей унификации и, в конечном счете, повышения объективности информации о качестве работы каждого радиолокатора сети «МРЛ-Штормоповещения» 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 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 [9], 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. 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 на площади радиусом 200 км относительно позиции радиолокатора.

- Сопоставление осуществляется в пределах ± 10 минут относительно времени проведения обзора, а величина пространственного радиуса сопоставления составляет 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.

Одной из ключевых особенностей Методики 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 [9] – ± 5 минут относительно радиолокационного обзора. Тем не менее, в Методике границы сопоставления были расширены до ± 10 минут, что, помимо прочего, сглаживает возможные неточности в наблюдении моментов времени начала/окончания ОЯП на ГМС, а также учитывает время, затрачиваемое на проведение одного радиолокационного обзора.

В течение 2017 г. 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 $R_{оя}$ приведены за каждый месяц грозового сезона отдельно для МРЛ-5 (таблица 4) и ДМРЛ (таблица 5). Значения $F_{оя}$ 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 $P_{оя}$ для:

- 8 МРЛ-5 **77.8 %** (8209);
- 22 ДМРЛ-С **75.3 %** (75143);
- 1 ДМРЛ **83.5 %** (1999).

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. 5.2), в том числе и за ОЯП.

Как и в 2016 г., имеется тенденция монотонного снижения средних значений $P_{оя}$ в течение грозового сезона для большей части ДМРЛ-С. Повидимому, 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 (92,3 %), минимальное – на позиции Пермь (55.8 %). Среди ДМРЛ (ДМРЛ-С) наивысший показатель оправдываемости по-прежнему у ДМРЛ в г. Санкт-Петербург «Пулково» (83.5 %), минимальный – у ДМРЛ-С в г. Волгоград (59.0 %).

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

Основными причинами пропуска в 2016 г 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 ЗИП МРЛ).

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

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

Необходимо иметь ввиду, что при углах закрытия более 3° 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 гроза не может быть методически корректно идентифицирована.

- **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 ($F_{\text{оя}}$). 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, такой подход снижает вероятность завышения оценки $F_{\text{оя}}$, 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 корректны критерии радиолокационного распознавания гроз, заложенные в алгоритмы вторичной обработки. В силу того, что результатом использования этих критериев является вероятностная оценка грозового состояния конвективного облака, для трех градаций (R), R) и R максимальное значение $F_{\text{оя}}$ не должно превышать 70%, 30% и 10%, соответственно.

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

Средние значения $F_{\text{оя}}$ в градации R составили для МРЛ-5 **20.1%**, для ДМРЛ-С – **14.7%**, т.е. несколько превышает/превышают диапазон значений, соответствующих заложенному в этих категориях смыслу. Другими словами, показателем сбалансированности критериев распознавания является также то, что в градации R величина $F_{\text{оя}}$ не должна превышать 10%. Этот результат можно интерпретировать как излишнюю лояльность критериев распознавания, т.е. заниженный порог γ -критерия для градации R. Средние величины $F_{\text{оя}}$ в градации (R) для МРЛ-5 (**55.0%**) и ДМРЛ (**31.7%**) находятся в пределах вероятностного интервала 30-70%.

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

Позиция	Сист. авт.	май'17	июнь'17	июль'17	август'17	сентябрь'17	май-сент.'17
Анапа (9)	МЕТ	61,8 (81)	68,7 (224)	52,2 (131)	62,8 (93)	56,2 (41)	61,5 (570) ↓
Екатеринбург (20)	МЕТ	78,2 (43)	62,8 (348)	51,7 (326)	62,4 (217)	42,3 (22)	58.3 (956) ↓
Калуга (32)	АКС	87,5 (414)	84,9 (1171)	87,1 (540)	91,3 (240)	90,3 (65)	86.5 (2430) ↑
Новосибирск (17)	МЕР	78,3 (73)	74,2 (320)	83,0 (926)	-	-	80.6 (1319) ↓
Пермь (2, R=60 км)	МЕТ	57,1 (12)	47,1 (24)	54,0 (68)	71,4 (25)	66,7 (6)	55,8 (135) ↓
Сочи (3, R=60 км)	МЕТ	63,3 (31)	77,3 (85)	65,1 (56)	71,0 (181)	48,2 (54)	66,5 (407) ↓
Тверь (20)	АКС	77,5 (158)	71,7 (632)	69,5 (274)	77,6 (118)	85,3 (52)	72,9 (1234) ↑
Ульяновск (20)	МЕР	90,3 (205)	96,2 (484)	89,8 (359)	85,7 (36)	89,2 (74)	92,3 (1158) ↑
Среднее		82.3 (1017)	79.1 (3288)	76.9 (2680)	74.9 (910)	73.7 (314)	77.8 (8209)

Примечание к табл. 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 оправдываемости (%) и число случаев (в скобках) обнаружения ДМРЛ (ДМРЛ-С) грозовых облаков, подтвержденных наземными данными

Позиция	май'17	июнь'17	июль'17	август'17	сентябрь'17	май-сент.'17
Архангельск (10)	100 (9)	87.6 (148)	71.7 (939)	71.3 (428)	74.1 (20)	73.0 (1544) ↑
Барабинск (19)	80.3 (547)	78.9 (1107)	73.1 (2516)	65.9 (380)	62.9 (61)	74.4 (4611) ↓
Брянск (20)	51.6 (126)	64.5 (621)	57.0 (1178)	68.4 (698)	52.1 (124)	60.6 (2747) ↓
Валдай (14)	89.9 (204)	87.1 (826)	74.5 (694)	75.0 (1026)	85.3 (237)	79.6 (2987) ↑
Владивосток (17)	80.3 (392)	87.0 (474)	62.6 (583)	71.3 (186)	60.0 (329)	70.8 (1964) ↑
Внуково (29)	83.1 (407)	81.2 (1302)	84.8 (1546)	82.8 (889)	81.6 (252)	82.9 (4396) ↓
Волгоград (13)	75.1 (184)	61.3 (452)	57.3 (458)	51.1 (166)	52.4 (144)	59.0 (1404) ↓
Воейково (16)	92.0 (92)	92.5 (356)	85.2 (683)	72.8 (765)	77.4 (181)	80.3 (2077) ↑
Вологда (19)	79.0 (203)	81.7 (343)	73.6 (1263)	67.2 (653)	67.8 (206)	72.7 (2668) ↑
Ижевск (24)	83.5 (556)	80.4 (1440)	78.7 (2336)	69.7 (586)	84.3 (166)	78.7 (5084) ↑
Казань (18)	84.2 (372)	86.0 (1152)	78.0 (1181)	74.6 (235)	76.5 (303)	81.0 (3243) ↑
Киров (16)	75.3 (73)	89.9 (1181)	73.5 (1264)	80.8 (664)	67.4 (221)	78.9 (3243) ↑
Кострома (22)	86.7 (294)	76.5 (581)	82.3 (1712)	72.7 (468)	74.6 (249)	79.5 (3304) ↓
Краснодар (34)	77.7 (1693)	74.6 (2835)	72.4 (3244)	72.4 (1774)	67.6 (743)	73.5 (10289) ↓

Позиция	май'17	июнь'17	июль'17	август'17	сентябрь'17	май-сент.'17
Мин. Воды (23)	81.5 (1197)	77.3 (1910)	-	50.2 (499)	53.2 (234)	71.5 (3840) ↓
Н. Новгород (17)	79.2 (171)	79.2 (645)	76.1 (969)	78.2 (359)	56.3 (36)	77.2 (2180) ↓
Оренбург (15)	64.4 (150)	56.2 (685)	62.5 (923)	63.7 (408)	49.2 (61)	60.3 (2227) ↓
Петрозаводск (8)	57.5 (23)	89 (145)	81.8 (351)	62.9 (340)	69.0 (98)	72.8 (957) ↓
Самара (19)	82.5 (409)	74.6 (1166)	74.6 (879)	70.4 (76)	68.2 (135)	75.2 (2665) ↑
Смоленск (9)	81.4 (96)	78.6 (407)	67.5 (423)	78.4 (462)	71.9 (46)	75.0 (1434) ↑
Ставрополь (31)	80.1 (1852)	79.4 (2794)	74.9 (2527)	84.3 (380)	-	78.2 (7553) ↑
Уфа (21)	89.4 (186)	80.7 (1583)	77.1 (2170)	76.7 (326)	68.9 (301)	78.1 (4566) ↑
Среднее	80.3 (9236)	78.7 (22153)	74.4 (27839)	72.1 (11768)	69.0 (4147)	75.3 (75143)
Пулково (15)	91.4 (74)	93.1 (324)	91.2 (608)	74.8 (837)	86.7 (156)	83.5 (1999) ↑

Примечание к табл 5.

- Оправдываемость ДМРЛ-С в гг. Котлас, Тула, Курск, Москва (Профсоюзная), Петропавловск-Камчатский, Элиста, Тамбов не посчитана ввиду отсутствия данных в сети АСПД Росгидромета в период с мая по сентябрь 2017 г. (в этот период, вероятно, не была завершена процедура метеoadаптации 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 ложной идентификации гроз (%) и число неподтвержденных станциями ННС случаев гроз (в скобках) по каждой позиции МРЛ-5 за период май-сентябрь 2017 г.

Позиция	(R)	R)	R
Анапа	11.5 (19)	7.5 (6)	7.5 (5)
Екатеринбург	25.4 (87)	14.8 (17)	13.8 (15)
Калуга	62.2 (1698)	41.5 (583)	23.8 (166)
Новосибирск	34.2 (27)	16.3 (21)	9.1 (12)
Пермь	17.7 (9)	13.0 (3)	14.3 (2)
Сочи	27.3 (44)	16.4 (10)	2.9 (2)
Тверь	51.6 (365)	28.1 (99)	17.7 (35)
Ульяновск	42.0 (419)	21.0 (93)	12.7 (25)
Среднее	55.0 (2668)	35.8 (832)	20.1 (262)

Примечание к табл. 6-7:

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

Таблица 7

Результаты оценки ложной идентификации гроз (%) и число неподтвержденных станциями ННС случаев гроз (в скобках) по каждой позиции ДМРЛ (ДМРЛ-С) за период май-сентябрь 2017 г.

Позиция	(R)	R)	R
Архангельск	23.5 (137)	12.7 (27)	3.9 (13)
Брянск	17.7 (175)	12.9 (51)	5.8 (33)
Барабинск	16.0 (279)	11.1 (76)	6.3 (73)
Валдай	29.3 (508)	18.4 (121)	10.8 (103)
Владивосток	25.7 (298)	20.0 (88)	14.2 (104)
Внуково	45.9 (1377)	35.5 (387)	20.6 (322)
Воейково	40.6 (553)	25.0 (125)	14.9 (96)
Волгоград	13.1 (150)	10.0 (37)	6.2 (52)
Вологда	35.6 (430)	22.2 (94)	11.8 (64)
Ижевск	21.8 (420)	14.6 (121)	8.8 (93)
Казань	23.8 (354)	16.8 (106)	10.6 (88)
Киров	36.6 (620)	21.9 (148)	10.1 (90)
Кострома	39.2 (727)	27.9 (195)	15.3 (127)
Краснодар	15.7 (607)	12.7 (184)	9.0 (262)
Минер. Воды	25.0 (431)	20.0 (122)	12.8 (142)
Н. Новгород	42.8 (526)	28.3 (121)	17.4 (107)
Оренбург	9.8 (59)	6.7 (16)	5.6 (21)
Петрозаводск	49.8 (318)	31.4 (66)	16.7 (41)
Самара	26.8 (321)	17.7 (72)	7.8 (50)
Смоленск	27.7 (161)	15.6 (35)	9.8 (38)
Ставрополь	17.7 (546)	12.6 (152)	8.7 (202)
Уфа	24.0 (440)	20.2 (142)	10.0 (110)
Среднее	31.7 (9300)	22.0 (2459)	12.4 (2218)
Пулково	58.2 (1493)	22.0 (151)	14.7 (62)

6.2 Опыт использования других видов метеоинформации об опасных явлениях для сопоставления с радиолокационными данными

Для контроля качества радиолокационной информации в ГГО используется программное средство «Статистика», позволяющее получать оценки оправдываемости ($P_{оя}$) и ложной идентификации ($F_{оя}$) с использованием различных данных об опасных явлениях погоды – сообщений в кодах КН-01, WAREP, «Персона», а также данных ГПС.

Данные в коде КН-01 и штормовые оповещения в коде WAREP, используются, как правило, в оперативной практике контроля работы МРЛ. Режимные данные в формате «Персона МИС», в отличие от оперативных, проходят проверку в УГМС, а после этого передаются для хранения в Госфонд. Такая процедура контроля дает основание считать, что режимные данные, по сравнению со штормовыми и срочными сообщениями, заведомо содержат меньшее количество ошибок. С другой стороны, это приводит к невозможности проводить контроль радиолокационной информации в оперативном режиме, однако для решаемых в ГГО методических задач это обстоятельство не является значимым.

Данные грозопеленгационных систем редко привлекаются к сопоставлению с данными МРЛ ввиду большего доверия к радиолокационным данным и, как показывает опыт, выбора последних в качестве более достоверного источника информации о грозах.

2017 г. был проведен эксперимент по привлечению к процедуре сопоставления еще одного источника информации – данных сети атмосферного электричества. Один из 9 действующих на территории РФ пунктов наблюдений за атмосферным электричеством расположен на территории полевой экспериментальной базы ГГО, на расстоянии 350 м от ДМРЛ-С в п. Воейково в северо-восточном направлении.

Наблюдения за электрическими характеристиками атмосферы (ЭХА), а именно за напряженностью электрического поля приземного слоя атмосферы (E) и удельной полярной электрической проводимостью воздуха ведутся в п. Воейково с 1958 г. В научных публикациях (*Полов И.Б., 2008*) показана связь между напряженностью поля и различными метеорологическими явлениями. Также выявлены закономерности между вариациями напряженностью поля и прохождением в окрестностях пункта наблюдения кучево-дождевых форм различного генезиса (*Пустовалов К.Н. и др. 2016*).

В условиях хорошей погоды значения E находятся в пределах от 50 до 300 В/м (ровные участки графиков на рис. 4 а-г). В случаях, когда наблюдались метеорологические явления, такие как гроза, град, ливневые

осадки, вариации E могут доходить до ± 10000 В/м. В моменты прохождения в окрестностях пункта наблюдения мощных конвективных облаков, значения E изменяются в широком диапазоне от -5000 до 5000 В/м, что может быть связано с объемным зарядом внутри облака.

В связи с вышесказанным была предпринята попытка сопоставления данных ДМРЛ в п. Воейково с данными, полученными в пункте наблюдения за атмосферным электричеством. Выборка проводилась с привлечением информации о метеорологических явлениях с наземной метеорологической станции в п. Воейково. Основными критериями выборки являлось наличие следующих явлений: дождь, дождь ливневой, град, гроза.

На рис. 4 представлены графики вариации E , вертикальные профили отражаемости и карты метеорологических явлений по данным ДМРЛ-С. На графиках красными вертикальными прямыми обозначены время начала и окончания грозы, синими – дождь ливневой по данным метеостанции. Карты вертикального профиля отражаемости строились в радиусе от 30 до 40 км относительно пункта наблюдения за ЭХА, перпендикулярно направлению перемещения облачности. Красной стрелкой на карте вертикального профиля отражаемости обозначено место установки измерителя напряженности поля.

Как видно из рис. 4 а-в, в момент прохождения вблизи ДМРЛ-С мощной кучево-дождевой облачности видны участки резкого возмущения электрического поля атмосферы, часто совпадающие с продолжительностью гроз, фиксируемых наблюдателем метеостанции.

В сроки обнаружения грозы радиолокатором (которая также подтверждена наблюдателем метеостанции) размах регистрируемых значений E составляет 5-10 кВ/м. Стоит отметить, что существуют периоды, когда на станции не наблюдались никакие метеоявления, но при этом напряженность поля могла иметь диапазон наблюдаемых значений от $-2,5$ до $4,5$ кВ/м, и данные с ДМРЛ также указывали на наличие грозových явлений (рис. 4г).

По итогу предварительных сопоставлений можно сделать вывод, что данные напряженности электрического поля можно использовать в качестве дополнительного элемента при анализе и оценке радиолокационной информации. Остаются невыясненными вопросы о том, в каком радиусе от места наблюдения кучево-дождевая облачность оказывает наибольшее воздействие на значения E , при котором эти значения являются наиболее репрезентативными, а также как интерпретировать большие амплитуды E в периоды, когда метеорологические явления не регистрировались метеостанцией.

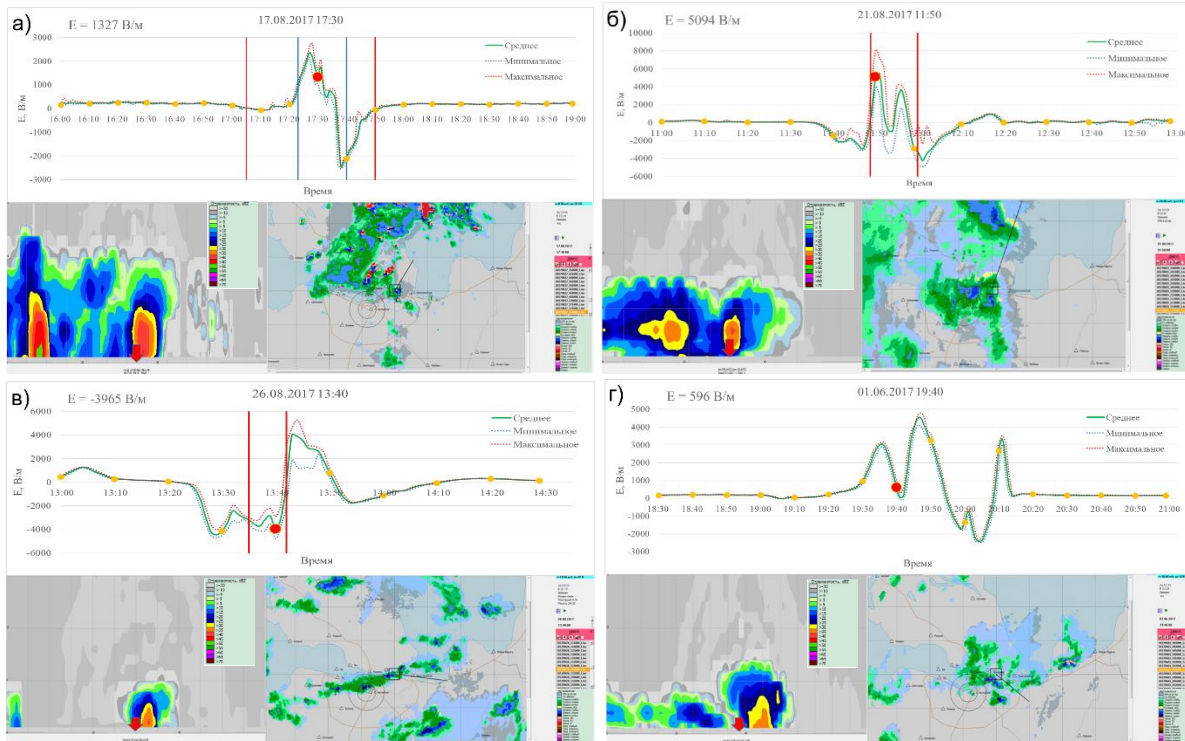


Рисунок 4. Примеры вариации напряженности электрического поля приземного слоя атмосферы при прохождении вблизи пункта наблюдения мощной конвективной облачности

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

Сравнительный анализ радиометеорологической информации и данных осадкомерных датчиков о количестве атмосферных осадков, выпавших на территории, ограниченной зоной радиолокационного обзора – 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. 5.3). 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, 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), 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 в п. 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 2017 г., 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 2017 г. к анализу были привлечены 36 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 табл.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 relative 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	17479	6027(34%)	-13.5	11452(66%)	31.6	0.8	95%
	0-2	15911	4761(30%)	-1.9	11150(70%)	16.8	0.4	104%
	2-5	1236	973(79%)	-4.4	263(21%)	27.2	1.6	35%
	5-10	291	257(88%)	-9.1	34(12%)	31.6	3.6	40%
	10-15	35	33(94%)	-12.8	2(6%)	9.2	5.7	42%
	15-20	3	1(33%)	-9.9	2(67%)	7.4	7.2	38%
	>20	3	2(67%)	-13.5	1(33%)	27.1	17.9	60%
3 часа	общее	8514	2758(32%)	-16.8	5756(68%)	30.6	1.3	110%
	0-2	6896	1597(23%)	-1.6	5299(77%)	16.8	0.6	140%
	2-5	997	651(65%)	-4.1	346(35%)	7.6	1.3	30%
	5-10	489	391(80%)	-9.1	98(20%)	30.6	3.4	30%
	10-15	92	84(91%)	-13.9	8(9%)	8.1	5.5	40%
	15-20	28	25(89%)	-16.8	3(11%)	1.5	7.2	40%
	>20	12	10(83%)	-15.9	2(17%)	26.2	11.9	40%

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	6360	2009(32%)	-16.2	4351(68%)	30.6	1.7	129%
	0-2	4750	976(21%)	-1.4	3774(79%)	16.8	0.7	179%
	2-5	886	473(53%)	-4.1	413(47%)	6.4	1.3	30%
	5-10	493	349(71%)	-9.1	144(29%)	30.6	3.2	29%
	10-15	165	152(92%)	-13.9	13(8%)	8.3	4.9	35%
	15-20	42	38(90%)	-11.9	4(10%)	3.4	6.6	35%
	>20	24	21(88%)	-16.2	3(12%)	26.2	10.6	36%
12 часов	общее	4085	1414(35%)	-21.2	2671(65%)	35.2	2.2	134%
	0-2	2593	544(21%)	-1.4	2049(79%)	16.8	1.0	218%
	2-5	706	294(42%)	-4.1	412(58%)	8.7	1.5	36%
	5-10	477	311(65%)	-9.1	166(35%)	26.7	2.8	25%
	10-15	178	150(84%)	-13.9	28(16%)	35.2	5.0	30%
	15-20	76	67(88%)	-10.6	9(12%)	6.8	5.0	25%
	>20	55	48(87%)	-21.2	7(13%)	28.7	10.1	30%
24 часа	общее	2665	973(37%)	-21.7	1692(63%)	35.2	2.8	122%
	0-2	1374	282(21%)	-1.6	1092(79%)	16.8	1.3	236%
	2-5	466	136(29%)	-4.8	330(71%)	8.8	2.0	45%
	5-10	435	250(57%)	-9.7	185(43%)	26.7	3.2	28%
	10-15	227	169(74%)	-13.8	58(26%)	35.2	4.6	26%
	15-20	92	76(83%)	-11.4	16(17%)	7.5	4.5	23%
	>20	71	60(85%)	-21.7	11(15%)	28.7	9.4	27%

Отдельно было рассчитано количество случаев, когда ДМРЛ-С не фиксировал осадки над осадкомерами, а значение Q_{Pluvio} при этом превышало погрешность измерения.

По сравнению с отчетами 2015 и 2016 г. также было рассчитано количество случаев ложных осадков (когда ДМРЛ-С фиксировал осадки, при этом на плювиографе они не наблюдались).

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

Таблица 9

Пропуски обнаружения зон осадков ДМРЛ-С, но фактически наблюдаемых Pluvio

Период	Количество случаев пропуска осадков	Максимальное значение пропущенного количества осадков, мм	Количество случаев ложных осадков	Максимальное значение ложного количества осадков
1 час	1120(6%)	9.1	5401(31%)	16.8
3 часа	500(6%)	13.9	2377(28%)	16.8
6 часов	348(5%)	13.9	1556(24%)	16.8
12 часов	214(5%)	13.9	777(19%)	16.8
24 часа	103(4%)	11.3	378(14%)	16.8

На рис. 5 представлены гистограммы значений RMSE и MRE в зависимости от периода суммирования и градации.

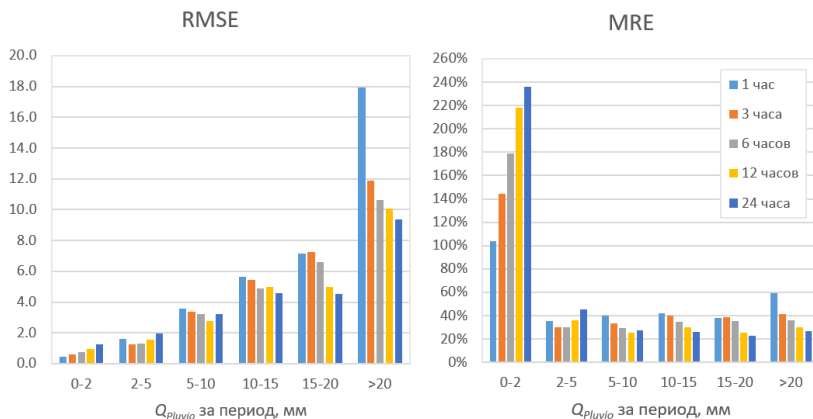


Рисунок 5 – Гистограммы распределения среднеквадратической (а) и относительной (б) ошибок измерения количества осадков

По результатам проводимого исследования можно сделать следующие выводы:

- Данные о суммах осадков, формируемые ПО «ГИМЕТ-2010» в 2017 г., чаще были завышены по сравнению с данными сети АИС «Осадки». Общее количество случаев $N(-\Delta) \approx 35\%$, а $N(+\Delta) \approx 65\%$. С другой стороны, обратная тенденция наблюдается при увеличении градации количества осадков ($N(-\Delta) > N(+\Delta)$). Таким образом, радиолокатор завышает осадки с низкой интенсивностью и занижает – с высокой.

- Если сравнивать с аналогичными исследованиями в 2015 и 2016 гг., то можно заметить существенное улучшение качества оценок количества осадков радиолокатором. RMSE уменьшилась примерно в 2 раза почти для всех периодов накопления и градаций. При этом средняя относительная ошибка оказалась меньше, чем в 2015 г., но больше чем в 2016 г. Это можно связать с тем, что в 2016 г. радиолокатор в большинстве случаев занижал осадки, а при занижении MRE может быть максимум 100%, в то время как при завышении значений у этой характеристики нет верхнего предела.

- В целом, по сравнению с 2015 и 2016 гг., количество случаев пропуска осадков радиолокатором увеличилось и возросло их максимальное значение.

- Количество случаев обнаружения ложных зон осадков примерно в 4-5 раз больше количества пропусков. Также больше и максимальное значение, которое было связано с помехой.

- Различия в исследовании количества осадков на ДМРЛ-С Воейково за три года можно связать с настройкой параметров алгоритма расчета сумм осадков.

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

1. повышение эффективности фильтрации отражений от местных предметов и активных помех в продукции ДМРЛ-С, фиксирующих мнимые зоны осадков даже в антициклональную погоду.
2. повышение эффективности оценки ослабления 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. В течение 2017 г. на сети «МРЛ-Штормооповещения» наблюдения в оперативном режиме проводили 31 ДМРЛ-С и 11 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.), коррозия волноводного тракта и вращочленений радиолокатора;
- неудовлетворительное состояние зданий и рабочих помещений МРЛ, на протяжении многих лет нуждающихся в проведении капитального ремонта;
- неуккомплектованность штата рабочей группы МРЛ, возникающая вследствие длительного недофинансирования всей наблюдательной сети Росгидромета.

2. Основными трудностями в эксплуатации МРЛ-5, помимо вышеперечисленных, по-прежнему остаются:

- плохая укомплектованность МРЛ-5 ЗИП (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.

3. 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 МРП-5.

4. Активно обсуждается вопрос о размещении малогабаритных метеорологических радиолокаторов на особо важных аэродромах и в районах, не покрытых единым радиолокационным полем.

5. Для обеспечения постоянного контроля качества данных как отдельных радиолокаторов, так и сети в целом необходимы участие методических групп при УГМС, а также консолидированное содействие профильных НИУ Росгидромета.

6. 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.

7. Достоверной информацией об ОЯП, полученной независимым от МРП образом, являются режимные данные ННС Росгидромета.

8. Оценка качества работы метеорадиолокаторов 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 оценки качества производимых наблюдений.

9. Для легитимного использования метеорадиолокационной информации в обслуживании авиационных потребителей необходимо ежегодное оформление Удостоверения годности метеорадиолокационного оборудования к эксплуатации. Удостоверение годности выдается на основании комплекта документов, подтверждающих ввод оборудования в оперативную работу, и акта оценки технического состояния и положительных результатов анализа архива радиолокационной метеорологической информации за 3-12 месяцев наблюдений, предшествующих дате обращения.

10. 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.

11. Штату АМПК «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.

12. 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.

13. По техническим и методическим вопросам эксплуатации МРЛ, получения Удостоверения годности, плана инспекций, консервации и списания радиолокационного оборудования просьба обращаться:

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

- к заведующей лабораторией ОГМИ ФГБУ «ГГО» **Львовой Маргарите Владимировне** по тел.: 8 812 297 86 81 (раб.), 8 921 780 10 59 (моб.).

Предложения

территориальным органам (Департаментам по округам), филиалам ФГУ «Авиаметтелерадиоцентр», 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.
3. Принять упреждающие меры для того, чтобы техническая модернизация сети «МРЛ-Штурмооповещения» 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 ветрозащитных 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».

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. ПНСТ 170-2016 Комплекс метеорологический радиолокационный ближней аэродромной зоны. Основные технические требования и методы испытаний. 16 стр.
5. 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.
6. Методические указания по определению шквалов с использованием данных МРЛ. Ленинград, 1988, 18 стр.
7. Методические рекомендации для подготовки и архивации данных на сети МРЛ в коде RADOB. Санкт-Петербург, 2008, 23 стр.
8. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. РД 52.04.563-2013. Санкт-Петербург, 2013, 49 стр.
9. 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.