



**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 2018 ГОДУ

**Санкт-Петербург
2019 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-Штормоповещения» 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-Штормоповещения» в 2018 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 2018 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.
В.Б. Попов	Научный сотрудник, к. ф.-м. н.
О.А. Дмитриева	Ведущий геофизик
С.А. Лыскова	Геофизик
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.....	11
4.2	Сведения о регулярности работы МРЛ	13
4.3	Плановые и дополнительные работы штата МРЛ	17
4.4	Режимные обобщения	18
4.5	Трудности в работе специалистов сети МРЛ	19
4.5.1	Неукомплектованность штата	19
4.5.2	Отсутствие ЗИП.....	21
4.5.3	Недостаток данных аэрологического радиозондирования	22
4.5.4	Состояние зданий и помещений МРЛ	22
4.5.5	Условия для обзора. Состояние ветрозащитных укрытий МРЛ	23
4.6	Инспекции МРЛ (АМРК) специалистами ФГБУ «ГГО». Удостоверения годности к эксплуатации.	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 в п. Воейково	37
	Выводы ..	43
	Предложения.....	46
	Библиография	47

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-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 метеоборудования;
- выдача Удостоверений годности метеоборудования 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 2018 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 2018 г. включает 11 *эксплуатируемых* единиц некогерентных метеорорадиолокаторов типа МРЛ-5; 33 единицы ДМРЛ-С отечественного производства, введенных в оперативный режим работы, и 1 ДМРЛ-С, работающий в тестовом режиме (не прошедший процедуру метеорологической адаптации) на позиции Новосибирск; 3 импортных ДМРЛ.

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

- АМПК Хабаровск (принадлежит МО РФ).

Часть МРЛ эксплуатируется ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета».

Примечание. Ввиду того, что наблюдения за ОЯП на радиолокационной метеорологической сети Росгидромета производятся с использованием метеорологических радиолокаторов различных модификаций (МРЛ-5, ДМРЛ импортного производства (Германия, Финляндия), ДМРЛ-С отечественного производства), 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 метеорорадиолокаторы сети «МРЛ-Штормоповещения».

Цветным маркером 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., выделены розовым маркером.

Северо-Кавказское УГМС МРЛ-5 Анапа Сочи ДМРЛ Сочи Элиста Мин. Воды Волгоград Краснодар Миллерово Ставрополь	Центральное УГМС МРЛ-5 Калуга Тверь ДМРЛ Тула Кострома Смоленск Москва (В) Москва (П) Москва (Ш)*	Западно-Сибирское УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Барнаул	Приволжское УГМС МРЛ-5 Ульяновск ДМРЛ Самара Оренбург
Северное УГМС МРЛ-5 Сыктывкар ДМРЛ Котлас Вологда Архангельск	Верхне-Волжское УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Киров Ижевск Н. Новгород	Северо-Западное УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Валдай** Вел. Луки Воейково СПБ (Пулков) Петрозаводск	Уральское УГМС МРЛ-5 Екатеринбург Пермь ДМРЛ -
Крымское УГМС МРЛ-5 Симферополь ДМРЛ Симферополь	УГМС Республики Татарстан МРЛ-5 --- ДМРЛ Казань	Приморское УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Владивосток	Башкирское УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Уфа
Центрально-Черноземное УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Курск Брянск Тамбов Белгород	Забайкальское УГМС МРЛ-5 Чита ДМРЛ ---	Дальневосточное УГМС МРЛ-5 Хабаровск ДМРЛ ---	Камчатское УГМС МРЛ-5 --- ДМРЛ Петр. - Камчатский

■ МРЛ-5 МЕРКОМ
■ МРЛ-5 АКСОПРИ
■ МРЛ-5 Метеоячейка
■ ДМРЛ-С «ГИМЕТ-2010»
■ ДМРЛ «Метеор-Метеоячейка»

Рисунок 1. Структурная схема функционирования сети «МРЛ-Штормоповещения» по состоянию на 1-й квартал 2019 г.

Примечание:

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

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

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 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 «Метеор-Метеоячейка»). 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-Штормоповещения» 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:

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

Рабочий режим наблюдений МРЛ – ежечасный, в режиме «шторм» – 3,5 мин. Данные МРЛ передаются в сеть АСПД Росгидромета в соответствии с [9].

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 втрое и продолжает активно сокращаться (для сравнения – 33 позиции в 2010 г., 10 работающих позиций в 1 квартале 2019 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 признано нецелесообразным.

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.

Так, за последние три года выведены из эксплуатации:

➤ МРЛ-5 Краснодар (остановлен в связи с отказом Северо-Кавказского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» от содержания штата и дальнейшего поддержания работоспособности радиолокационного оборудования).

➤ МРЛ-5 Ростов (демонтирован в связи с закрытием аэропорта «Ростов-на-Дону» и с переводом рейсов в новый аэропорт «Платов», расположенный в 29 км северо-восточнее Ростова-на-Дону). Необходимо заметить, что радиоэлектронными комплектующими МРЛ-5 Ростов пополнен ЗИП МРЛ-5 в г. Сочи.

➤ МРЛ-5 Симферополь (работа прекращена 01.06.2018 г. по инициативе руководства Крымского филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета»). Отказ от дальнейшего использования МРЛ-5 был объяснен введением в эксплуатацию ДМРЛ Симферополь, автоматизированного программным обеспечением «Метеор-Метеоячейка» в июне 2018 г. Между тем, серьезная поломка ДМРЛ в начале 2019 г. (выход из строя магнетрона

импортного производства и длительный процесс его закупки) оставила синоптиков АМЦ без радиолокационной информации.

Аналогичная ситуация с необоснованным закрытием МРЛ-5 была отмечена в 2015 году в Южно-Сахалинске [методическое письмо ГГО 2017 г.]. С целью оптимизации расходов управления, руководством Сахалинского УГМС было принято решение о консервации МРЛ-5 ввиду планируемой (согласно графику программы модернизации – в 2013 году) установки ДМРЛ-С. Однако, до сих пор нет надежной информации по срокам установки ДМРЛ-С Южно-Сахалинск.

➤ МРЛ-5 Новосибирск, установленный в аэропорту «Толмачево» выведен из эксплуатации в связи с прекращением деятельности эксплуатирующей организации – АО «Новосибирский зональный авиаметеорологический центр». В сентябре 2017 года оборудование МРЛ-5 передано на баланс Западно-Сибирскому филиалу ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета». В настоящий момент МРЛ-5 законсервирован. ДМРЛ-С Новосибирск, установленный в 2015 году в районе аэропорта «Толмачево» до сих пор не прошел процедуру «метеорологической адаптации», осуществляемой сотрудниками ФГБУ «ЦАО». Радиолокационное метеообеспечение Западной Сибири осуществляется исключительно с использованием информации ДМРЛ-С Барабинск (Удостоверение годности к эксплуатации действительно до 2019 г.).

➤ МРЛ-5 Сыктывкар в настоящий момент находится на грани закрытия. После ухода на заслуженный отдых квалифицированного инженера-радиометеоролога, на МРЛ прекращена методическая работа, предусмотренная РД [1]. По предварительной информации сотрудников ФГБУ «Северное УГМС», поиски нового специалиста, способного взять на себя обязанности методического сопровождения работ на МРЛ и критического контроля поступающих радиолокационных данных, пока не принесли результата.

Напоминаем, что 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.).

4.1 Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ

Анализ отчетов сети «МРЛ-Штормооповещения», 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 2018 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-Штормооповещения».

Ввиду того, что радиолокационные метеорологические наблюдения с использованием МРЛ-5 Симферополь проводились до 1 июня 2018 г., показатель эксплуатационной надежности рассчитан за период 01.01-31.05.2018 г. МРЛ-5 Анапа на ремонте с 26.11.2017 по 17. 11.2018 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.

- Оранжевым маркером для наглядности выделены показатели эксплуатационной надежности ДМРЛ немецкой фирмы «Selex Si/Gematronik» с программным обеспечением «Метеор-Метеоячейка».

- Голубым маркером для наглядности выделены показатели эксплуатационной надежности неавтоматизированных МРЛ-5.

Таблица 1

Эксплуатационная надежность аппаратуры МРЛ в 2018 г.

Место установки МРЛ	Наработка за период эксплуатации (час)	Наработка за 2017 г. (час)	Число отказов МРЛ	Эксплуатационная надежность (час/отказ) МРЛ
СПб (Пулково)	101569	8722	3	2907
Симферополь ДМРЛ	59906	8693	3	2898
Калуга	198006	8500	4	2125
Сочи	60180	3902	2	1951
Тверь	189575	8381	5	1676
Симферополь	57150	864	1	864
Сыктывкар	45350	790	б/о	790
Екатеринбург	56857	2269	3	756
Пермь	38607	2280	7	326
Хабаровск	54601	951	6	159
Чита	25526	310	2	155
Ульяновск	35135	702	8	88
Анапа	45890	на ремонте		

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

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 – 603 час/отказ, для автоматизированных МРЛ-5 в два раза выше – 1011 час/отказ, для ДМРЛ – 2903 час/отказ.

Обращают на себя внимание эксплуатационные характеристики МРЛ-5 в гг. Тверь и Калуга. Несмотря на рекордную для сети наработку (189 и 198 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. Одновременно с высокими показателями оправдываемости опасных явлений (п. 5.1), работа МРЛ-5 Центрального региона оценивается как стабильно хорошая.

4.2 Сведения о регулярности работы МРЛ

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 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.

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 табл. 2.

Таблица 2

Регулярность работы МРЛ в 2018 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	1732	515	50	проф. – 50	100,0
Чита	5326	1707	5	технич. – 5	99,7
СПб	52387	2882	38	технич. – 3, проф. – 35	99,5
Симферополь	30596	1700	12	технич. – 7, проф. – 5	99,3
Симферополь	3646	1173	98	технич. – 4, проф. - 94	99,2
Тверь	50706	8531	95	технич. – 93, э/э – 2	96,7
Калуга	-	-	10	-	96,0
Сочи	8411	2473	458	технич. - 124, э/э – 94, отмена - 240	93,6
Пермь	7709	2438	482	технич. – 381, связь – 27, проф. – 66, отмена - 8	92,1
Хабаровск	2312	1392	84	отмена - 84	86,0
Екатеринбург	9231	2388	532	технич. – 463, проф. – 69	83,7
Ульяновск	2075	1993	927	технич. – 883, э/э – 44	68,3

Примечание к таблице 2.

- Таблица составлена по убыванию показателя регулярности работы МРЛ.
- Оранжевым маркером для наглядности выделены показатели эксплуатационной надежности ДМРЛ немецкой фирмы «Selex Si/Gematronik» с программным обеспечением «Метеор-Метеоячейка».
- Голубым маркером для наглядности выделены показатели эксплуатационной надежности неавтоматизированных МРЛ-5.
- 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 (70,7% 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. В настоящее время в Росгидромете прорабатывается вопрос восстановления ЗИПа МРЛ-5 при участии различных производителей высокотехнологичных радиоэлектронных приборов (п. 4.5.2).

На втором месте среди причин, повлекших невыполнение плана наблюдений – профилактические работы (сезонное техническое обслуживание аппаратуры МРЛ-5) (12%), производимые в период благоприятной синоптической обстановки, но, тем не менее, учитываемые в общей статистике пропусков наблюдений. Возрастающая с каждым годом необходимость профилактических работ 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 2018 году – проблемы с электричеством и сбой связанного оборудования (6% от общего числа пропущенных).

Традиционно высокая регулярность работы, сопоставимая с регулярностью ДМРЛ, у неавтоматизированных МРЛ-5 (99 – 100 %). Это объясняется круглосуточным дежурством персонала, задействованного в производстве радиолокационных наблюдений, и возможностью своевременного устранения возникающих неисправностей силами сменного техника-метеоролога, либо при участии инженера позиции.

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 2018 году (нет разделения на синоптические, ежедневные и штормовые виды наблюдений). Сокращение запланированного количества обзоров может возникнуть вследствие технической аварии ДМРЛ-С (в таком случае время простоя радиолокатора отразится на показателе регулярности наблюдений) или проведения плановых профилактических работ. 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 – 2018 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 обязательства 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.

4.3 Плановые и дополнительные работы штата МРЛ

В 2018 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 – 6 МРЛ.

2) Неоперативные работы:

- расчет региональных радиолокационных характеристик гроз, проверка надежности алгоритмов принятия решений об опасных явлениях погоды – 9 МРЛ;
- анализ неоправдавшихся ОЯП – 9 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 – 12 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 2018 г. режимно-справочный Банк данных ежеквартально пополнялся радиометеорологической информацией следующих МРЛ-5:

- Анапа – с ноября 2018 г.,
- Сыктывкар,
- Ульяновск,
- Екатеринбург, Пермь,
- Чита – с 01.04.2018 по 31.10.2018,
- Симферополь – до 31.05.2018 г.

Наряду с МРЛ-5 кодом RADOB кодируются данные ДМРЛ:

- Симферополь – с 01.06.2018,
- Санкт-Петербург (Пулково).

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 2019 г. для повторной верификации.

На протяжении нескольких лет режимные радиолокационные данные не поступают от МРЛ-5 гг. Тверь, Калуга (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

4.5.1 Неукомплектованность штата

Неукомплектованность штата возникает, в основном, как следствие недостаточного финансирования. В 2018 году дважды произошло повышение минимального размера оплаты труда (1 января и 1 мая 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 метеорологических наблюдений, пишут в годовых отчетах сотрудники:

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

В связи с уходом на заслуженный отдых инженера-радиометеоролога МРЛ-5 Сыктывкар прекращено выполнение всех видов методических работ, связанных с эксплуатацией неавтоматизированного радиолокатора типа МРЛ-5. Попытки привлечь к данной работе нового специалиста пока не принесли результата.

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 должны обходиться силами одного специалиста – инженера позиции (с профильным образованием). 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. Помимо инженера по радиолокации, УГМС сообщают о необходимости расширения штатно-окладного расписания и привлечения к эксплуатации ДМРЛ-С электриков, обеспечивающих бесперебойную работу радиолокатора в соответствии со второй категорией надежности электроснабжения, ИТ-специалистов, ответственных за оперативную передачу информации.

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. Кроме того, в настоящее время отсутствуют нормативные документы, регламентирующие обязательное использование информации ДМРЛ-С в синоптической практике; привлечение к синоптическому анализу радиолокационных карт метеобстановки в регионе (при наличии МРЛ) имеет рекомендательный характер.

ГГО продолжает настаивать на целесообразности сохранения в штате ДМРЛ-С инженера-радиометеоролога, участвующего в контроле качества получаемой информации и подготовке ежегодной отчетной документации.

4.5.2 Отсутствие ЗИП

Все локаторы сети «МРЛ-Штурмооповещения» работают в условиях **острой** нехватки ЗИП. Это обстоятельство на протяжении нескольких лет отмечается в каждом (!) годовом отчете. Между тем, недоукомплектованность ЗИП может в любой момент привести к остановке оперативных наблюдений любого из МРЛ-5 на неопределённое время.

Промышленность прекратила выпуск многих электровакуумных приборов, необходимых для штатного функционирования МРЛ. Комплектующие, 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.

При информационной поддержке сотрудников ГГО Росгидромет регулярно рассматривает предложения научно-производственных организаций по восстановлению элементов ЗИП МРЛ-5. Последним из них было обращение Нижегородского научно-производственного объединения (НПО) имени М.В. Фрунзе, разработчика и производителя современных высокотехнологичных радиоэлектронных приборов военного и гражданского назначения, с инициативой создания так называемого «оборотного фонда» комплектующих для МРЛ-5. Предполагается, что НПО примет участие в восстановлении (в соответствии с технической документацией) наиболее востребованных комплектующих МРЛ-5 Росгидромета и Минобороны России.

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. демонтирован МРЛ-5 Ростов. Радиоэлектронными комплектующими МРЛ-5 в г. Ростов пополнен ЗИП МРЛ-5 в г. Сочи.

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 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.

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.

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.

В декабре 2018 года в помещениях эстакады МРЛ-5 Кольцово проведена замена оконных рам на пластиковые стеклопакеты, установлены новые входные двери.

В 2018 году из-за протечки крыши здания МРЛ-5 Ульяновск во время сильных осадков сгорели платы приемника. Устранение протечек (покрытие крыши рубемастом, проклейка швов купола антенны с восстановлением лакокрасочного покрытия) заняло более трёх месяцев тёплого сезона (с 28.04 по 01.08.2018 г.), что негативно сказалось на показателе регулярности работы МРЛ (п. 4.2).

ГГО настаивает на проведении ремонтно-восстановительных и профилактических работ зданий и помещений МРЛ-5 до начала или по окончании периода грозовой активности.

4.5.5 Условия для обзора. Состояние ветрозащитных укрытий МРЛ

Значительные трудности при проведении наблюдений, получении и интерпретации радиолокационной информации создают большие углы закрытия радиогоризонта и неудовлетворительное состояние ветрозащитных укрытий МРЛ.

Из-за роста деревьев условия для обзора на ряде МРЛ с годами продолжают ухудшаться – увеличиваются углы закрытия до 5-7, а иногда 10-15 градусов. Так, позиция установки МРЛ-5 Пермь имеет углы закрытия практически по всем секторам радиолокационного обзора из-за лесного массива, расположенного в непосредственной близости МРЛ. Это обстоятельство заметно снижает эффективность наблюдений, влияет на показатели оправдываемости и достоверности радиолокационной информации (п. 5.1).

Руководству подразделений Росгидромета совместно с местными органами власти и лесного хозяйства необходимо регулярно решать вопрос о расчистке углов закрытия радиогоризонта. Непринятие мер приводит к неэффективному использованию МРЛ в обеспечении информацией прогностических служб.

Обращаем внимание сотрудников всех радиолокационных позиций на необходимость проведения работ, связанных с измерением углов закрытия радиогоризонта. Традиционно, эта работа выполняется с использованием измерительного прибора теодолита. Если углы закрытия созданы исключительно топографическими особенностями местности, то их измерение проводится один раз при вводе в эксплуатацию МРЛ. Если причиной закрытия радиогоризонта является растущий лес в ближней зоне МРЛ, то измерения должны проводиться регулярно.

На некоторых МРЛ-5 происходит разрушение лакокрасочного покрытия ветрозащитного купола антенны (Чита, Екатеринбург, Пермь), что приводит к ослаблению радиоволн и снижению достоверности получаемой информации. Радиопрозрачный купол антенны требует обязательной покраски, герметизации отверстий и появившихся щелей. При эксплуатации МРЛ в средних и южных широтах страны, обновление лакокрасочного покрытия достаточно производить раз в три года; в условиях сурового климата, повышенной влажности, большого перепада температур, экстремальных ветровых нагрузках – по мере необходимости.

Опыт общения с персоналом УГМС, задействованным в техническом обслуживании радиолокаторов, и дальнейшая высокая оценка косметического вида ветрозащитных укрытий сотрудниками ГГО в ходе проводимых инспекций, позволяют рекомендовать для покраски купола антенны радиопрозрачную эмаль ХП-5184 (<https://lakokraska-ya.ru/>).



Рисунок 2. ДМРЛ-С Уфа, установленный на крыше водонапорной башни.

Краска: Эмаль ХП-5184 радиопрозрачная.

Производство: Россия. Ярославль.

Свойства: ХП-5184 обладает радиопрозрачностью. Покрытие, образуемое эмалью, обладает эластичностью, твердостью, прочностью при ударных нагрузках, водостойкостью. Поверхности, покрытые эмалью, могут эксплуатироваться при температурах от – 60°C до +80°C.

Не менее острая проблема отмечается с ремонтом и устранением косметических дефектов аппаратных отсеков и мачт ДМРЛ-С. Между тем, завод-изготовитель снимает с себя гарантийные обязательства на оборудование, не входящее в состав радиолокатора, спустя 12 месяцев после подписания Акта приёмки. Устранение следов коррозии и восстановление лакокрасочного покрытия должно производиться с привлечением средств эксплуатанта.

4.6 Инспекции МРЛ (АМРК) специалистами ФГБУ «ГГО». Удостоверения годности к эксплуатации.

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 2018 г. сотрудниками ГГО были проведены технические и методические инспекции МРЛ-5 и ДМРЛ-С, расположенных на территории *Забайкальского УГМС (МРЛ-5 Чита), Дальневосточного УГМС (МРЛ-5 Хабаровск), Северного УГМС (МРЛ-5 Сыктывкар, ДМРЛ-С Архангельск), УГМС Республики Татарстан (ДМРЛ-С Казань).*

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

- МРЛ-5 в гг. Чита, Хабаровск, Сыктывкар – сроком на 1 год,
- ДМРЛ-С Архангельск, Казань – сроком на 3 года.

На основании Актов оценки технического состояния (ПЭМОА, Приложение К) Удостоверения годности к эксплуатации выданы ДМРЛ-С Барабинск, МРЛ-5 Пермь, МРЛ-5 Сочи (на 1 год).

Согласно Акту приемки в эксплуатацию (ПЭМОА, Приложение Е) после проведения среднего восстановительно ремонта МРЛ-5 Анапа выдано Удостоверение годности сроком на 1 год.

В 2019 году планируются инспекции:

- ДМРЛ-С Уфа (Башкирское УГМС),
- ДМРЛ-С Брянск, Курск, Тамбов, Белгород (Центрально-Черноземное УГМС),
- ДМРЛ-С Владивосток (Дальневосточное УГМС),
- ДМРЛ Симферополь.

Данные пункты наблюдений ранее никогда не инспектировались специалистами ГГО. Между тем, оценка статистических показателей качества работы некоторых ДМРЛ-С (например, оправдываемости и достоверности идентификации опасных явлений), ежегодно проводимая в ГГО в рамках научно-методического сопровождения радиолокационных наблюдений, несколько лет подряд даёт неудовлетворительные результаты.

- МРЛ-5 Тверь, Калуга

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 табл. 3 приведены значения оправдываемости ($P_{оя}$) в 2016, 2017 и 2018 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	$P_{оя}$, %		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Симферополь	98,6	99,2	98,2 ↓
Сыктывкар	98,6	95,2	96,7 ↑
Чита	98,4	96,6	96,7 ↑

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-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 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 2018 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 40 радиолокаторов (6 МРЛ-5 + 32 ДМРЛ-С + 2 ДМРЛ) в части обнаружения и распознавания гроз.

Значения $R_{\text{оя}}$ приведены за каждый месяц грозового сезона отдельно для МРЛ-5 (таблица 4) и ДМРЛ (таблица 5). Значения $F_{\text{оя}}$ 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 $R_{оя}$ для:

- 6 МРЛ-5 **72.2 % (8365);**
- 32 ДМРЛ-С **77.4 % (120648);**
- 2 ДМРЛ **78.9 % (8947).**

Величина средней оправдываемости ОЯ для МРЛ-5, впервые за последние 3 года, уступает аналогичному показателю ДМРЛ и ДМРЛ-С. Стоит обратить внимание на существенное отличие в объеме выборки данных МРЛ-5 и ДМРЛ-С, с использованием которых проводилось сопоставление, что связано с разным регламентом производства наблюдений (п. 4.2), в том числе и за ОЯП.

Как и в 2016 - 2017 гг., имеется тенденция снижения средних значений $R_{оя}$ в течение грозового сезона для большей части ДМРЛ-С (максимальное среднее значение $R_{оя}$ в мае – 82,4%, минимальное – в сентябре – 72%). 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 (85,2 %), правда, рассчитанное за очень короткий промежуток грозового сезона: с 01.08.2018 по 27.09.2018 г., минимальное – на позиции Пермь (59,3 %). Среди ДМРЛ (ДМРЛ-С) наивысший показатель оправдываемости по-прежнему у ДМРЛ в г. Санкт-Петербург «Пулково» (93,5 %), минимальный – у ДМРЛ-С в г. Владивосток (54,3 %).

Напоминаем, что в соответствии с положениями Методики, работа радиолокаторов с показателем средней оправдываемости более 80% оценивается на «отлично». Этот показатель превысили два МРЛ-5 (Тверь, Ульяновск), одиннадцать ДМРЛ-С (Белгород, Великие Луки, Внуково, Воейково, Кострома, Нижний Новгород, Петрозаводск, Москва (Профсоюзная), Тамбов, Тула, Уфа) и ДМРЛ в Пулково. Итоги работы большей части радиолокаторов оцениваются на «хорошо».

Основными причинами пропуска в 2018 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 ЗИПе 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 ($F_{оя}$). 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 $F_{оя}$, 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_1 , R_2 и R_3) максимальное значение $F_{оя}$ 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 $F_{оя}$ в градации R_3 составили для МРЛ-5 **9.5%**, для ДМРЛ-С – **11.5%**, т.е. несколько превышает диапазон значений, соответствующих заложенному в этих категориях смыслу. Другими словами, показателем сбалансированности критериев распознавания является также то, что в градации R_3 величина $F_{оя}$ не должна превышать 10%. Этот результат можно интерпретировать как излишнюю лояльность критериев распознавания, т.е. заниженный порог γ -критерия для градации R_3 . Средние величины $F_{оя}$ в градации (R_2) для МРЛ-5 (**41.5%**) и ДМРЛ (**25.8%**) 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'18	июнь'18	июль'18	август'18	сентябрь'18	май-сент.'18
Анапа (9)	МЕТ	На ремонте					
Екатеринбург (22)	МЕТ	69.7 (129)	65.9 (242)	72.6 (703)	53.1 (153)	-	67.8 (1227) ↑
Калуга (32)	АКС	71.6 (1031)	-	-	-	-	71.6 (1031) ↓
Пермь (2, R=60 км)	МЕТ	52,9 (9)	76,9 (20)	48,7 (36)	78,3 (18)	0 (0)	59.3 (83) ↑
Сочи (3, R=60 км)	МЕТ	68.2 (30)	81.1 (249)	62.5 (199)	78.7 (407)	75.8 (313)	75.2 (1198) ↑
Тверь (20)	АКС	85.5 (1239)	74.3 (564)	79.4 (1630)	87.1 (1153)	66.3 (120)	81.6 (4706) ↑
Ульяновск (20)	МЕР	На ремонте			84.1 (90)	100 (8)	85.2 (98) ↓
Среднее		78.5 (2438)	74,0 (1075)	75,8 (2568)	82,1 (1821)	72,2 (463)	72,2 (8365)

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 МРЛ (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'18	июнь'18	июль'18	август'18	сентябрь'18	май-сент.'18
Архангельск (12)	44.4 (24)	77.1 (337)	77.5 (338)	68.3 (123)	72.8 (217)	74.0 (1039) ↑
Барабинск (19)	87.9 (109)	69.1 (1659)	79.1 (770)	49.2 (480)	26.3 (10)	67.1 (3028) ↓
Белгород (11)	86.1 (253)	57.1 (104)	82.1 (1341)	80.7 (50)	30.8 (4)	80.2 (1752)
Брянск (11)	81.9 (830)	71 (690)	72.8 (2136)	71.4 (554)	73.1 (133)	73.9 (4343) ↑
Валдай (14)	84.9 (713)	74.8 (308)	67.3 (803)	85.9 (647)	89.6 (147)	77.9 (2618) ↓
Великие Луки (9)	89.7 (505)	80.8 (164)	80.7 (632)	83.7 (149)	90.1 (137)	84.6 (1587)
Владивосток (15)	52.8 (48)	64.0 (338)	45.5 (161)	37.1 (136)	38.8 (146)	54.3 (829) ↓
Внуково (30)	91.1 (1344)	86.1 (690)	84.3 (2253)	88.2 (1349)	78.1 (128)	87.0 (5764) ↑
Воейково (19)	97.2 (346)	76 (168)	89.3 (333)	87.3 (964)	78.9 (377)	86.4 (2188) ↑
Волгоград (13)	71.0 (198)	64.2 (147)	67.9 (1548)	74.5 (362)	60.9 (84)	68.5 (2339) ↑
Вологда (19)	66.3 (630)	74.6 (569)	85.8 (1291)	73.3 (849)	80.0 (28)	76.3 (3367) ↑
Ижевск (17)	78.3 (486)	78.4 (1062)	76.0 (2388)	75.7 (767)	76.2 (93)	76.7 (4796) ↓
Казань (20)	74.5 (389)	80.6 (564)	80.0 (1867)	73.9 (359)	87.0 (87)	78.9 (3266) ↓
Киров (18)	71.3 (590)	83.8 (388)	80.4 (2740)	80.9 (429)	88.5 (245)	79.8 (4392) ↑
Кострома (24)	79.3 (1136)	82.2 (741)	80.3 (2450)	80.2 (1741)	74.7 (268)	80.1 (6336) ↑
Котлас (8)	70.3 (109)	88.7 (243)	74.4 (576)	78.1 (182)	75.7 (143)	77.1 (1253)

Позиция	май'18	июнь'18	июль'18	август'18	сентябрь'18	май-сент.'18
Краснодар (33)	85.3 (1330)	76.5 (2942)	73.3 (5303)	72.8 (1894)	69.5 (3005)	74.0 (14474) ↑
Курск (25)	85.7 (914)	69.3 (295)	80.2 (3004)	73.2 (320)	64.9 (124)	79.4 (4657)
Миллерово (14)	-	74.9 (929)	74.9 (1718)	76.8 (546)	65.8 (181)	74.7 (3374)
Мин. Воды (28)	81.2 (1401)	72.8 (1284)	71.0 (2411)	63.9 (993)	63.4 (660)	71.2 (6749) ↓
Н. Новгород (17)	76.8 (751)	82.3 (461)	83.5 (2166)	81.1 (1155)	78.8 (89)	81.5 (4622) ↑
Оренбург (15)	59.7 (233)	78.7 (437)	51.4 (631)	57.0 (512)	49.1 (52)	58.7 (1865) ↓
Петрозаводск (9)	-	-	77.7 (164)	86.3 (719)	84.2 (197)	84.5 (1080) ↑
Профсоюзная (32)	80.9 (1258)	77.2 (609)	77.9 (2213)	88.3 (1545)	78.4 (131)	81.3 (5756)
Самара (22)	80.9 (685)	82.3 (405)	78.3 (1434)	77.8 (508)	81.7 (76)	79.4 (3108) ↑
Смоленск (11)	91.8 (745)	67.3 (364)	75.9 (1175)	78.1 (352)	88.3 (136)	79.1 (2772) ↑
Ставрополь (30)	88.1 (1867)	82.1 (1616)	77.2 (3924)	73.3 (1258)	73.5 (1150)	78.8 (9815) ↑
Тамбов (23)	-	98.4 (62)	90.5 (1179)	88 (380)	37 (17)	88.8 (1638)
Тула (33)	90.4 (1239)	81.3 (244)	84.0 (2330)	85.9 (889)	81.1 (103)	85.7 (4805)
Уфа (24)	79.1 (869)	89.6 (553)	-	-	37.3 (19)	81.6 (1441) ↑
Шереметьево (25)	72.3 (707)	73.5 (405)	77.1 (1412)	75.0 (1035)	70.3 (97)	74.9 (3656)
Элиста (10)	72.7 (218)	67.9 (114)	65.3 (1291)	45.0 (130)	59.4 (186)	63.7 (1939)
Среднее	82.4 (19927)	76.9 (18892)	77.3 (51982)	77.4 (21377)	72.0 (8470)	77.4 (120648)
Пулково (19)	99.1 (329)	90.8 (197)	92.5 (469)	93.5 (876)	92.1 (486)	93.5 (2357) ↑
Симферополь (19)	-	70.0 (1809)	78.8 (3167)	76.5 (277)	67.9 (1337)	73.7 (6590)

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 2018 г.

Позиция	(R)	R)	R
Анапа	Законсервирован		
Екатеринбург	23.5 (60)	16.0 (11)	4.4 (9)
Калуга	29.5 (124)	18.7 (55)	10.3 (19)
Пермь	31,7 (22)	18,3 (21)	6,2 (6)
Сочи	17.7 (82)	11,6 (28)	9.9 (25)
Тверь	44.0 (1118)	19.8 (275)	9.7 (76)
Ульяновск	65.3 (79)	56,8 (46)	12.0 (8)
Среднее	41.5 (1485)	22.9 (436)	9,5 (143)

Примечание к табл. 6-7:

Слева направо перечислены значения, соответствующие вероятностным грациям 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 2018 г.

Позиция	(R)	R)	R
Архангельск	17.3 (58)	7.5 (8)	1.7 (3)
Барабинск	12.2 (129)	6.1 (23)	4.3 (30)
Белгород	14.8 (115)	11.1 (35)	5.2 (30)
Брянск	15.0 (274)	8.2 (56)	6.2 (75)
Валдай	24.6 (294)	13.1 (58)	10.6 (72)
Великие Луки	30.7 (273)	23.1 (72)	15.2 (80)
Владивосток	37.2 (133)	27.9 (38)	25.1 (55)

Позиция	(R)	R)	R
Внуково	33.7 (1254)	26.1 (352)	15.6 (382)
Воейково	44.3 (674)	26.9 (140)	12.4 (84)
Волгоград	8.6 (100)	5.3 (22)	4.2 (34)
Вологда	22.5 (281)	13.8 (66)	8.2 (59)
Ижевск	14.8 (261)	7.3 (51)	3.7 (45)
Казань	10.8 (166)	7.4 (45)	4.7 (51)
Киров	25.1 (510)	13.4 (96)	6.5 (77)
Кострома	22.1 (626)	12.4 (134)	6.7 (111)
Котлас	27.4 (151)	17.7 (30)	5.8 (17)
Краснодар	13.8 (786)	9.3 (195)	6.7 (315)
Курск	18.8 (347)	13.9 (92)	8.9 (118)
Миллерово	13.1 (174)	11.2 (55)	7.0 (72)
Минер. Воды	13.3 (415)	10.0 (112)	9.2 (207)
Н. Новгород	22.9 (513)	15.9 (142)	8.0 (119)
Оренбург	10.0 (53)	5.2 (10)	5.7 (21)
Петрозаводск	38.2 (223)	28.2 (59)	13.0 (47)
Профсоюзная	34.4 (800)	24.9 (471)	17.9 (366)
Самара	18.6 (215)	12.8 (56)	7.6 (66)
Смоленск	23.6 (324)	14.5 (80)	10.4 (97)
Ставрополь	15.7 (857)	12.8 (216)	9.7 (348)
Тамбов	38.9 (448)	31.7 (129)	19.7 (128)
Тула	34.2 (947)	24.6 (249)	15.0 (242)
Уфа	32.0 (252)	20.7 (64)	8.2 (29)
Шереметьево	21.6 (368)	15.8 (103)	9.3 (96)
Элиста	12.4 (110)	10.2 (29)	5.8 (33)
Среднее	25.8 (12206)	18.8 (3318)	11.5 (3561)
Пулково	51.7 (1278)	17.6 (113)	8.5 (35)
Симферополь	17.0 (487)	5.0 (62)	1.9 (17)

5.2 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 – также широко используемый метод оценки качества работы МРЛ, позволяющий сделать вывод как о точности калибровки приемопередающих 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 качества радиолокационных метеорологических наблюдений.

До настоящего времени в ГГО эта работа проводилась с использованием радиолокационных карт «Суммы осадков за 12 часов» низкого разрешения (4х4 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 (1х1 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 2018 года к анализу были привлечены все случаи 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:

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

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	14221	6063(43%)	-27.1	8158(57%)	19.4	0.8	127%
	0-2	12887	4925(38%)	-1.7	7962(62%)	14.0	0.5	140%
	2-5	1154	972(84%)	-3.9	182(16%)	11.9	1.4	36%
	5-10	148	138(93%)	-7.1	10(7%)	5.5	3.2	43%
	10-15	22	19(86%)	-10.0	3(14%)	19.4	7.2	51%
	15-20	6	6(100%)	-10.6	0(0%)	-6.8	8.8	53%
	>20	4	3(75%)	-27.1	1(25%)	1.7	16.7	58%
3 часа	общее	7880	3161(40%)	-19.7	4719(60%)	18.7	1.3	153%
	0-2	6443	2045(32%)	-1.7	4398(68%)	13.9	0.7	192%
	2-5	933	657(70%)	-3.8	276(30%)	13.8	1.5	36%
	5-10	425	383(90%)	-7.6	42(10%)	9.9	2.7	34%
	10-15	53	52(98%)	-10.8	1(2%)	1.0	5.1	39%
	15-20	13	13(100%)	-9.8	0(0%)	-3.0	6.9	38%
	>20	13	11(85%)	-19.7	2(15%)	18.7	12.3	48%

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	5524	2220(40%)	-19.7	3304(60%)	20.7	1.6	158%
	0-2	4238	1298(31%)	-1.8	2940(69%)	13.9	0.9	213%
	2-5	701	423(60%)	-3.2	278(40%)	13.8	1.6	37%
	5-10	399	324(81%)	-6.3	75(19%)	9.9	2.5	30%
	10-15	138	129(93%)	-10.1	9(7%)	9.2	4.9	37%
	15-20	26	26(100%)	-12.4	0(0%)	-1.1	6.5	35%
	>20	22	20(91%)	-19.7	2(9%)	20.7	11.3	44%
12 часов	общее	3899	1525(39%)	-21.6	2374(61%)	20.7	2.1	194%
	0-2	2796	806(29%)	-1.8	1990(71%)	13.9	1.1	281%
	2-5	515	231(45%)	-3.2	284(55%)	13.8	2.0	45%
	5-10	337	254(75%)	-6.2	83(25%)	9.9	2.4	27%
	10-15	155	142(92%)	-10.1	13(8%)	9.2	4.4	32%
	15-20	51	49(96%)	-11.3	2(4%)	1.4	6.0	34%
	>20	45	43(96%)	-21.6	2(4%)	20.7	10.7	38%
24 часа	общее	2636	1083(41%)	-22.1	1553(59%)	20.7	2.7	157%
	0-2	1644	476(29%)	-1.8	1168(71%)	13.9	1.2	253%
	2-5	415	161(39%)	-3.3	254(61%)	19.2	2.5	53%
	5-10	295	200(68%)	-5.4	95(32%)	9.9	2.4	27%
	10-15	155	128(83%)	-8.1	27(17%)	10.9	3.9	28%
	15-20	70	64(91%)	-9.7	6(9%)	10.1	5.5	30%
	>20	57	54(95%)	-22.1	3(5%)	20.7	11.7	36%

Отдельно было рассчитано количество случаев, когда ДМРЛ-С не фиксировал осадки над осадкомерами, а значение Q_{Pluvio} при этом превышало погрешность измерения. Также было рассчитано количество случаев ложных осадков (когда ДМРЛ-С фиксировал осадки, при этом на плювиографе их не было).

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 осадков ДМРЛ-С, 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	1962(14%)	27	4135(29%)	14
3 часа	1104(14%)	2.4	2139(27%)	11.2
6 часов	746(14%)	1.5	1343(24%)	8.9
12 часов	461(12%)	1.5	806(21%)	8.2
24 часа	286(11%)	3.3	442(16%)	8.2

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

По результатам проводимого исследования можно сделать следующие выводы:

- Данные о суммах осадков, формируемые ПО «ГИМЕТ-2010» в 2018 году, чаще были завышены по сравнению с данными сети АИС «Осадки». Общее количество случаев $N(-\Delta) \approx 40\%$, а $N(+\Delta) \approx 60\%$. 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.

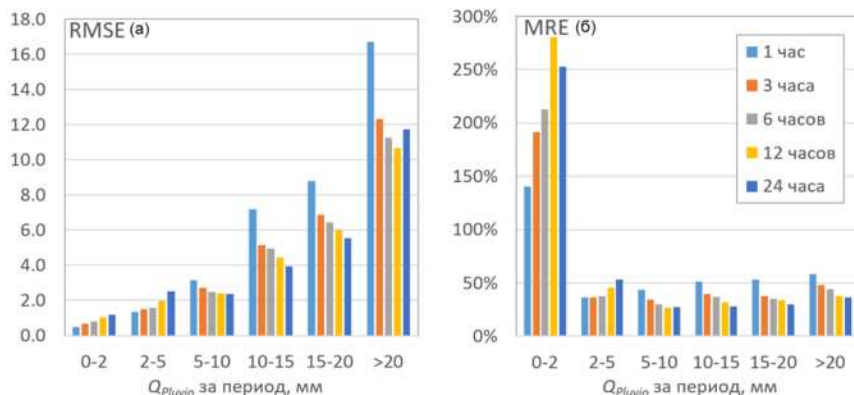


Рисунок 3 – Гистограммы распределения среднеквадратической (а) и относительной (б) ошибок измерения количества осадков

- Если сравнивать с аналогичными исследованиями в 2017 году, то можно заметить, что качество оценки количества осадков ДМРЛ-С Воейково изменилось незначительно. Значения RMSE немного уменьшились для большинства периодов накопления и градаций. При этом средняя относительная ошибка, в основном, оказалась больше, чем в 2017 г.

- Доля пропусков осадков радиолокатором увеличилась примерно в 2 раза с 2017 года. С 4–6% до 11–14%. Доля ложных случаев обнаружения осадков осталась примерно на том же уровне. Максимальные значения пропущенных осадков и ложных осадков, в основном, снизились.

- По большому счету, качество работы радиолокатора ДМРЛ-С Воейково в 2018 году сравнимо с показателями качества 2017 года. Это косвенный показатель отсутствия существенных изменений в алгоритмах расчета сумм осадков.

Перспективными направлениями относительной 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. В течение 2018 г. на сети «МРЛ-Штормооповещения» наблюдения в оперативном режиме проводили 33 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 вращающихся радиолокатора;
- неудовлетворительное состояние зданий и рабочих помещений МРЛ, на протяжении многих лет нуждающихся в проведении капитального ремонта;
- неукомплектованность 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 грозополенгационной 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 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.

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 «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.
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 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.