МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Федеральной службы
по гидрометеорологии и
мониторингу окружающей среды

_____А.В. Фролов
«10» августа 2016 г.

Инструкция для оперативно-прогностических и авиаметподразделений Росгидромета по использованию информации ДМРЛ в синоптической практике

Первая редакция

Москва 2016

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

«Согласовано»

И.о. директора ФГБУ «ЦАО»

_____ А.З.Дубовецкий

«_____»_____2016 г.

«Согласовано»

Директор ФГБУ «ГГО»

_____ В.М. Катцов

«_____»_____2016 г.

«Согласовано»

Генеральный директор

ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета»

_____ М.В. Петрова

«_____»_____2016 г.

«Согласовано»

Директор ФГБУ «Гидрометцентр России»

_____ Р.М. Вильфанд

«_____»_____2016 г.

«Согласовано»

Начальник ФГБУ

«ГАМЦ Росгидромета»

_____ Л.В. Мищенко

«_____»_____2016 г.

Инструкция для оперативно-прогностических и авиаметподразделений Росгидромета по использованию информации ДМРЛ в синоптической практике.

1. РАЗРАБОТАНА	Федеральным государственным бюджетным учреждением «Центральная аэрологическая обсерватория» (ФГБУ «ЦАО») совместно с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Главная геофизическая обсерватория» (ФГБУ «ГГО»), Федеральным государственным бюджетным учреждением «Гидрометцентр России», Федеральным государственным бюджетным учреждением «Главный авиационный метеорологический центр Росгидромета» (ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета»), Федеральным государственным бюджетным учреждением «Авиаметтелеком Росгидромета».
2. РАЗРАБОТЧИКИ	Павлюков Ю.Б., начальник НТЦР ДМРЛ ЦАО; Серебрянник Н.И., к.г.н., с.н.с. НТЦР ДМРЛ ЦАО; Махнорылова С.В., инженер-радиометеоролог НТЦР ДМРЛ ЦАО; Лукьянов В.И., зам. директора Гидрометцентра РФ; Песков Б.Е., к.г.н., в.н.с. Гидрометцентра РФ; Дмитриева Т.Г., гл.специалист ОВРЛИ Гидрометцентра РФ; Васильев Е.В., нач. ОВРЛИ Гидрометцентра РФ; Ушаков А.Г. гл.специалист ОВРЛИ Гидрометцентра; Кулик Т.К., зам. нач. ГАМЦ Росгидромета; Булгак Л.А., гл. синоптик ГАМЦ Росгидромета; Белятко Ж.И., гл. метеоролог ГАМЦ Росгидромета; Нарышкина Ю.Н., нач. ОМО ЕС ОрВД Авиаметтелекома Росгидромета; Кантакова Т.В., зам. нач. ОМО ЕС ОрВД Авиаметтелекома Росгидромета; Дмитриева О.А., ведущий геофизик ОГМИ ГГО; Дорофеев Е.В., к.ф.-м.н., зав. лабораторией РМИ и КАВ ОГМИ ГГО; Львова М.В., с.н.с., зав. лабораторией ОГМИ ГГО; Тарабукин И.А., к.ф.-м.н., зав. ОГМИ ГГО;
3. ВНЕСЕНА	2016г.
4. УТВЕРЖДЕНА	
5. ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ	

Содержание

	Список сокращений.....	5
1.	Введение……	7
2.	Основные метеорологические продукты ДМРЛ, их представление в различных источниках и рекомендации по их использованию в синоптической практике …	7
2.1.	Представление информации ДМРЛ на УВК и АП.....	8
2.2.	Представление информации сети ДМРЛ на Веб-ГИС «Метеорад»….....	11
2.3.	Представление информации ДМРЛ на РС «Марс» и ПК «ГИС Метео» ...……	12
2.4	Особенности использования доплеровской информации ДМРЛ для анализа синоптической ситуации…….……..…	13
3.	Использование информации ДМРЛ для анализа метеоусловий и подготовки прогнозов погоды и штормовых предупреждений ……...……..….	16
3.1.	Определение интенсивности и количества осадков по ДМРЛ и использование этих данных для прогноза погоды.....	19
3.2.	Диагноз метеоявлений на ДМРЛ и использование информации для разработки прогнозов погоды и штормовых предупреждений…….....	20
3.3.	Прогноз времени начала и продолжительности явлений……..	23
4.	Использование информации ДМРЛ при метеообеспечении авиации……..……	26
	Библиография …….……..	31

Список сокращений

АМСГ	авиационная метеорологическая станция (гражданская)
АМРК	автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс
АО «НПО ЛЭМЗ»	акционерное общество «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод»
АСПД	Автоматизированная система передачи данных
АМЦ	авиационный метеорологический центр
АМТК	ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета»
АП	абонентский пункт радиолокатора ДМРЛ-С
ВОИ	вторичная обработка информации
ВС	воздушное судно
ВФЗ	высотная фронтальная зона
ГАМЦ	ФГБУ «Главный авиационный метеорологический центр Росгидромета»
ГГО	ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова»
ГИС	геоинформационная система
ГМЦ	ФГБУ «Гидрометцентр России»
ДМРЛ/МРЛ	доплеровский метеорологический радиолокатор/метеорологический радиолокатор
ДМРЛ-С	доплеровский метеорологический радиолокатор С-диапазона производства АО «НПО «ЛЭМЗ»
ЕТР	Европейская территория России
ЗАО	Закрытое акционерное общество
ЗАМЦ	зональный авиационный метеорологический центр
ИСЗ	искусственный спутник Земли
МС	метеорологическая станция
МКК	мезомасштабный конвективный комплекс
НПЦ	научно-производственный центр
НТЦР ДМРЛ	Научно-технический центр по развитию и эксплуатации сети доплеровских метеорологических радиолокаторов ФГБУ «ЦАО»
НИУ	научно-исследовательское учреждение
ОВД	обеспечение воздушного движения
ОМС	орган метеорологического слежения
ОЯП	опасное явление погоды
ПО ВОИ	программное обеспечение вторичной обработки информации
ПК	программный комплекс
РС	рабочая станция
СТ	тропосферное струйное течение
УВК	Управляющий вычислительный комплекс ДМРЛ-С
УГМС	территориальное Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
УУВК	удаленный управляющий вычислительный комплекс ДМРЛ-С
ФАП	Федеральные авиационные правила
ФГБУ	Федеральное государственное бюджетное учреждение

ЦАО	ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория»
ЦМКП	Центральная методическая комиссия Росгидромета по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам
ЦГМС	Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
As	высоко-слоистые облака (Altostratus)
Ns	слоисто-дождевые облака (Nimbostratus)
Cs	перисто-слоистые облака (Cirrostratus)
Cb	кучево-дождевые облака (Cumulonimbus)

1. ВВЕДЕНИЕ

Инструкция предназначена для прогностических подразделений Росгидромета, использующих в своей оперативной работе радиолокационную метеорологическую информацию, полученную с помощью ДМРЛ.

Документ дает краткое описание информационной продукции ДМРЛ, возможностей ее применения в анализе синоптической обстановки, разработке краткосрочных, сверхкраткосрочных прогнозов погоды и штормовых предупреждений. Подробное описание технических характеристик ДМРЛ, последовательности проведения радиолокационных наблюдений, получения первичной информации и вторичных продуктов ПО ВОИ "ГИМЕТ-2010" содержится в [1].

Инструкция разработана сотрудниками ФГБУ «ЦАО», ФГБУ «Гидрометеорологический центр РФ», ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета», ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», ФГБУ «ГГО», на основе результатов выполнения научно-исследовательских работ и накопленного производственного опыта.

Инструкция рекомендуется специалистам отделов метеорологических прогнозов погоды ЦГМС, УГМС, НИУ Росгидромета, АМСГ, АМЦ, ЗАМЦ, ГАМЦ Росгидромета.

Замечания и предложения по содержанию Инструкции просим направлять на адрес электронной почты: dmrl@list.ru .

2. ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ ДМРЛ, ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В СИНОПТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Детальный анализ синоптической обстановки предполагает использование метеорологом, выполняющим данную работу, всего комплекса доступных средств наблюдений и расчетных данных, получаемых на основе этих наблюдений, в том числе и радиолокационных данных. Создание современной радиолокационной сети Росгидромета на базе доплеровских метеорологических радиолокаторов с двойной поляризацией ДМРЛ-С дает в руки метеорологу уникальный по своим возможностям инструмент.

Радиолокаторы ДМРЛ предназначены для проведения круглосуточных наблюдений в составе единой наблюдательной сети Росгидромета с использованием единого программного обеспечения. Для сбора данных наблюдений, контроля и управления все радиолокаторы ДМРЛ подключаются к скоростной сети передачи данных Росгидромета.

Радиолокационные наблюдения на сети ДМРЛ Росгидромета проводятся синхронно по единому регламенту на всех радиолокаторах, входящих в сеть ДМРЛ Росгидромета. В каждом цикле радиолокационных наблюдений длительностью 10 минут на радиолокаторе ДМРЛ проводится два обзора, различающихся режимами наблюдений – «Отражаемость» и «Скорость», каждый из которых обеспечивает получение первичного набора данных наблюдений – объемного файла. Первому режиму соответствует расширение объемного файла “lnr”, второму – “lnv”. Радиус зоны радиолокационного обзора в режиме «Отражаемость» - 250 км, а в режиме «Скорость» - 125 км.

В каждом обзоре радиолокатор последовательно проводит азимутальные круговые сканирования атмосферы под несколькими углами места антенны. В результате, в каждом обзоре радиолокационная информация об облачности и осадках собирается с нескольких конических сечений в объемном файле первичных данных. Каждому элементу разрешения радиолокационных данных в объемном файле соответствуют координаты: дальность, азимут и угол места (коническое сечение). Дальнейшая компьютерная обработка позволяет построить по набору первичных радиолокационных данных трехмерную модель облачной атмосферы в зоне радиолокационного обзора: до 250 км по дальности от ДМРЛ и до 20 км по высоте от поверхности Земли.

Специально для ДМРЛ разработано программное обеспечение вторичной обработки радиолокационной информации (ПО ВОИ) «ГИМЕТ-2010», обеспечивающее получение метеорологических радиолокационных продуктов.

Отображение радиолокационной информации ДМРЛ в метеорологических подразделениях может быть организовано с помощью доступа к УУВК рядом установленного локатора, к выносному АП отдельного ДМРЛ, к разработанной и поддерживаемой ЦАО системе объединенной радиолокационной информации Веб-ГИС "Метеорад" [2], а также с помощью программного комплекса «Метеоячейка» рабочей станции метеорологической автоматизированной радиолокационной сети «МАРС» и программного комплекса «ГИС Метео».

2.1. Представление информации ДМРЛ на УВК и АП

При работе с информацией ДМРЛ на УУВК (с программой UVK) или АП (с программой UVKAbon) специалист-метеоролог метеоподразделения (далее по тексту: синоптик) получает доступ ко всему комплекту информации данного локатора. В обоих случаях для отображения информации используется ПО «ГИМЕТ-2010», описание интерфейса которого приведено в [3].

Для оптимального использования информации ДМРЛ необходимо выполнение следующих действий:

1. Перед началом работы - уточнить разрешение получаемых радиолокационных карт. На АП возможно установить одно из пространственных разрешений - 1x1, 2x2, 4x4 км. Оно устанавливается на УУВК данного ДМРЛ, исходя из характеристик каналов связи между ним и АП. Рекомендованным разрешением является 1x1 км, т.к. в нем применяются цифровые фильтры, улучшающие качество информации, и сохраняется оптимальная физическая взаимосвязь между метеоявлениями и другими характеристиками облачности;

2. Дважды в сутки, спустя 1-2 часа после 00:00 и 12:00 ВСВ, проверять объективность введенных сведений в окне меню «Окна» - «Параметры обзора»:

- аэрологической информации (высот изотерм 0°С, -15°С, -22°С, нижней границы тропопаузы), обновляемой автоматически по данным в 00 и 12 ВСВ ближайшего к ДМРЛ пункта аэрологического зондирования;
- приземной температуры воздуха, получаемой каждые 3 часа по данным ближайшей к ДМРЛ наземной метеорологической станции;

- периода года (теплый, переходный, холодный), определяемого по значениям приземной температуры (T_{ground}) и высоты нулевой изотермы H0°C. К теплому периоду относятся все случаи с: T_{ground} >3°C и H0°C >0,5 км; холодным считается период, когда T_{ground} < -1°C и H0°C ≤ 0,2 км; в остальных случаях период года идентифицируется как переходный. При этом в качестве H0°C выбирается высота самой высокой нулевой изотермы, если их наблюдается несколько.

В случае обнаружения ошибок в данных метеоролог должен сообщить об ошибках в НТЦР ДМРЛ ЦАО (эл. почта: dmrl@list.ru, тел.: (495) 408-6113, (495) 408-7719), т.к. использование некорректных данных может привести к неправильной автоматической идентификации метеоявлений.

Работа синоптика с радиолокационными данными осуществляется через интерфейс ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010», где ему доступны следующие продукты в виде карт [1]:

1. **Радиолокационной отражаемости** - величины, характеризующей отражающие свойства единичного объема облаков и осадков, измеренной в канале горизонтальной (Zh, или Z) или вертикальной (Zv) поляризации;

2. **Радиальной скорости (V_R)** – средней скорости движения частиц гидрометеоров в направлении на ДМРЛ (со знаком минус -) или от него (со знаком плюс +);

3. **Ширины доплеровского спектра радиальных скоростей** (W) – меры дисперсии доплеровской скорости в пределах импульсного объема;

4. **Коэффициента кросскорреляции** (ρhv или CC) **–** коэффициент корреляции согласных компонентов отраженного сигнала на горизонтальной и вертикальной поляризации; для большинства метеообъектов ρhv близок к 1;

5. **Высоты верхней границы облачности (Нвго),** определяемой как верхняя граница радиоэха по пороговому значению р/л отражаемости минус 5 dBZ;

6. **Высоты нижней границы облачности (Ннго)**, определяемой как нижняя граница радиоэха, расположенная выше уровня измерения осадков - при наличии осадков Ннго полагается равной 0 м. Измеряется по значению р/л отражаемости минус 5 dBZ;

7. **Метеоявлений,** перечень которых приведен ниже;

8. **Опасных метеорологических явлений** – метеоявлений, начиная с осадков сильных;

9. **Интенсивности осадков,** рассчитываемых по значению р/л отражаемости на уровне 1 – как правило, на высоте 600 м над уровнем установки антенны ДМРЛ;

10. **Накопленных сумм осадков** - сумм осадков, рассчитываемых за периоды времени 1 ч, 3 ч, 6 ч, 12 ч, 24 ч, причем расчет 24-часовой (суточной) суммы осадков начинается одновременно с началом метеорологических суток и заканчивается по их окончании; расчет первой 12-часовой суммы начинается с началом метеорологических суток, второй 12-часовой суммы - спустя 12 часов; суммы осадков за 6 и 3 ч привязываются к основным и промежуточным срокам;

11. **Интегральной водности облаков (**VIL) – массы жидкой воды в столбе, приходящейся на единицу площади;

12. **Максимальной отражаемости в слое выше 1 км** – наибольшей р/л отражаемости в столбе выше уровня 1 км;

13. **Вертикального сдвига ветра (Sg) –** векторной разности ветра на единицу расстояния (на 30 м) по вертикали;

14. **Горизонтального сдвига ветра (Sv)** - векторной разности ветра на единицу расстояния (на 600 м) по горизонтали;

15. **Турбулентности** - скорости диссипации турбулентной энергии, рассчитываемой на основе измерений Z и ширины спектра W;

16. **Видимости в осадках –** значений дальности видимости, рассчитываемых по величине Z на уровне измерения осадков.

Кроме перечисленных карт в распоряжении синоптика имеются также следующие продукты ДМРЛ:

17. **Контуры опасных явлений,** строящиеся по определенному порогу – по умолчанию – по порогу (R) - гроза вероятностью 30-70% .

18. **Вектор перемещения облаков и осадков,** начинающийся в месте расположения ДМРЛ и указывающий направление перемещения поля облачности в зоне ДМРЛ; длина вектора соответствует пути переноса поля облачности за 1 час;

19. **Вертикальные профили скорости и направления ветра (VW) –** в графическом виде профили средней скорости и направления ветра по всей вертикальной протяженности метеообъекта;

20. **Вектор горизонтального ветра (HW) –** горизонтальный ветер, рассчитываемый по доплеровским характеристикам и отображаемый в виде используемых в метеорологии «стрелок с оперением»;

21. **Вертикальный разрез отражаемости Z в любом направлении** – позволяющий оценить структуру облачности, наличие Cb по характерным вертикальным «столбикам» высоких значений Z, а также - высоту нулевой изотермы (при ее достаточной выраженности).

Следует отметить, что продукты ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010» вышеназванных позиций 13-16 до настоящего времени, в силу сложности получения объективной эталонной информации об этих характеристиках, не прошли достаточную проверку и носят информативный характер.

Список метеоявлений, отображаемых на одноименной карте, определен приказом Росгидромета №95 от 21.06.2004 г. [4]. Согласно этому списку, продукты всех автоматизированных радиолокационных комплексов (в т.ч. ДМРЛ) представлены следующими явлениями:

- облачность верхнего и среднего яруса;
- слоистообразная облачность;
- осадки (обложные) в трех градациях интенсивности: слабые, умеренные, сильные;
- ливневые осадки в трех градациях интенсивности: слабые, умеренные, сильные;
- грозы с вероятностью 30-70%, с обозначением (R);
- грозы с вероятностью 71-90%, с обозначением R);
- грозы с вероятностью более 90%, с обозначением R;
- грозы с градом интенсивностью: слабый, умеренный, сильный;
- грозы со шквалами интенсивностью: слабыми, умеренными, сильными;
- смерчи (торнадо).

В оперативной работе синоптика наиболее информативными и востребованными являются карты метеоявлений, высоты верхней границы облачности, интенсивности осадков и накопленных сумм осадков. Эти карты позволяют синоптику быстро оценить метеорологическую обстановку и проследить ее эволюцию через каждые 10 минут. В отдельных случаях, наряду с отражениями от гидрометеоров, на р/л картах может появляться радиоэхо от неметеорологических отражателей, таких как радиопомехи,

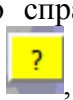
отражения от «местников» в условиях аномальной рефракции, и др. Если у пользователя возникают сомнения в адекватности отображаемой картины, необходимо обратиться к первичным радиолокационным данным (картам горизонтальных сечений Z и вертикальных разрезов Zн, *ρ*hv, V_R, W). Отличить метеорологические объекты от «шума» позволяет карта "Модуль коэффициента кросскорреляции" (ρ_{HV}). Выявление объектов на карте *ρ*hv со значениями менее 0.7 указывает на наличие неметеорологического объекта - это может быть результат сверхрефракции, отражения от «местников», самолетов, помех.

2.2. Представление информации сети ДМРЛ на Веб-ГИС «Метеорад»

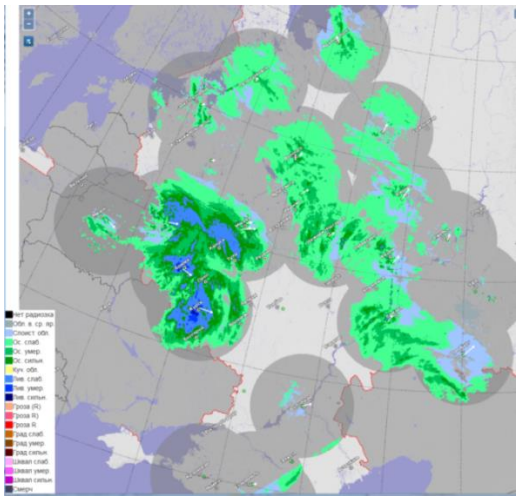
Практика использования радиолокационных данных показала, что информативность данных ДМРЛ (МРЛ) многократно возрастает при объединении данных радиолокаторов и построении композитных карт. При этом появляется возможность оперативного слежения за развитием процессов синоптического масштаба (циклоны, атмосферные фронты, линии шквалов, зоны осадков) и перемещением данных объектов с периодом обновления информации 10 мин. Использование объединенных карт позволяет уточнять краткосрочные прогнозы погоды и увеличивать заблаговременность составления штормовых предупреждений.

Разработанная в ФГБУ «ЦАО» Веб-ГИС "Метеорад" обеспечивает отображение на рабочем месте специалиста, подключенном к сети Интернет, на единой картографической основе метеорологической радиолокационной информации, полученной от всех введенных в эксплуатацию и прошедших метеорологическую адаптацию ДМРЛ сети Росгидромета, с возможностью изменения масштаба отображения карт (от территории РФ до зоны обзора отдельного ДМРЛ). В Веб-ГИС для отображения используется наклонная стереографическая проекция.

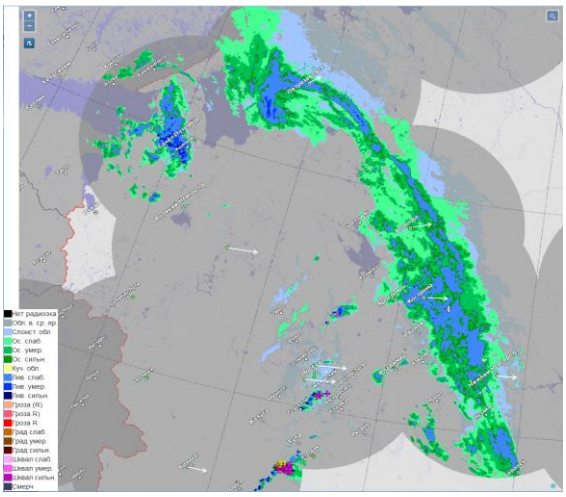
Полный доступ к Веб-ГИС "Метеорад" предоставляется зарегистрированным пользователям. Для этого организациям, подчиненным Росгидромету, необходимо обратиться в ФГБУ «ЦАО» с официальным письмом о предоставлении доступа (пароля), после чего синоптик получает возможность:

- отображать карты следующих р/л характеристик: метеоявлений, высоты верхней границы облачности, интенсивности осадков как отдельных ДМРЛ, карты которых доступны за последние 24 ч, так и объединенной карты сети локаторов, полученной в режиме реального времени с разрешением 1х1 км;
- просматривать архивы объединенных карт сети ДМРЛ, начиная с 01.09.2014г.;
- определять значения географических координат и характеристик под курсором;
- измерять расстояния между пунктами на карте;
- дополнять радиолокационную информацию грозопеленгационной, получая комплексные карты с указанием координат молниевых разрядов по данным следующих ГПС: «АЛВЕС» (ГГО), Вайсала-Нальчик LS 8000 (ВГИ и НИЦ «Планета»), WWLLN (США), и GLD360 (фирма Вайсала) (рис. 1);
- просматривать анимационную карту метеоявлений с отметками грозопеленгаторов за последние 3 часа по ЕТР.
- Краткую справку по возможностям системы и ее интерфейсу можно вызвать кнопкой 

, расположенной в правом верхнем углу карты.



а)



б)

Рисунок 1 а). Пример освещения ЕТР данными сети ДМРЛ Росгидромета (февраль 2016 г); б) Отображение атмосферного фронта 07.07.2015 г. в 13:22 ВСВ с отдельными грозовыми очагами, подтвержденными данными ГПС (южнее Тулы и в р-не Серпухова – отмечены красными крестиками).

2.3. Представление информации ДМРЛ на РС «Марс» и ПК «ГИС Метео»

Информация ДМРЛ, как и АМРК, входящих в наблюдательную сеть Росгидромета, передаваемая по сети АСПД в коде BUFR с пространственным разрешением 4х4км, может отображаться в рабочей станции «МАРС», производства ЗАО «ИРАМ», широко используемой авиационными метеорологами, а также в используемом в оперативных подразделениях Росгидромета ПК «ГИС Метео», производства НПЦ «МЭП МЕЙКЕР», при наличии в установленной версии компоненты «Радар».

В РС «МАРС» отображаются объединённые карты радиолокационных характеристик облачной атмосферы, ведется оперативный архив. Имеется возможность изменять масштаб отображения, получать координаты и цифровые значения параметров в точке под курсором, провести вертикальный разрез поля р/л отражаемости по выбранному направлению.

В ПК «ГИС Метео» с установленной компонентой «Радар» доступны следующие объединенные радиолокационные карты:

- метеоявления и тип облачности;
- высота верхней границы радиоэха;
- интенсивность и суммы осадков за 1, 3, 6, 12, 24 ч.;
- горизонтальная р/л отражаемость по слоям (0-1, 1-2, …, 10-11 км).

Эту информацию можно накладывать на другие карты: приземную наноску с синоптическим анализом, поля геопотенциала, построенные по аэрологическим данным, данные наземных наблюдений на МС, передаваемых в коде КН-01и др, изменять масштаб отображения.

2.4. Особенности использования доплеровской информации ДМРЛ для анализа синоптической ситуации

Скорость совокупности частиц внутри импульсного объема (объема формирования отраженного сигнала ДМРЛ) в общем случае описывается тремя независимыми компонентами (радиальной V_R, тангенциальной Vt и вертикальной составляющими Vv); радиолокационный метод зондирования облачной атмосферы дает информацию только о V_R. В режиме наблюдений "Скорость" ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010» выполняет оценку сдвига частоты излученного и принимаемого сигналов радиоэха, по результатам обзора формирует карты распределения радиальной (относительно радиолокатора) составляющей скорости перемещения облачных частиц и осадков V_R на удалении до 125 км от радиолокатора.

Функциональные возможности ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010» позволяют отображать карты распределения радиолокационных характеристик в виде горизонтальных сечений на уровнях от 1 до 15 км с шагом в 1 км (с учетом осреднений данных с шагом 100 м). Таким образом, у метеоролога появляется возможность определить скорость горизонтального переноса на любом из перечисленных уровней, где существует облачность и/или осадки.

В ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010» используется цветовая палитра, в которой диапазон отрицательных значений V_R (в направлении на радиолокатор) отображается в зеленых, а положительных значений V_R (в направлении от радиолокатора) – в лилово-красных тонах цветовой гаммы. Эти зоны разделяет линия нулевых значений скоростей V_R белого цвета. В окрестности этой линии направление движения гидрометеоров ортогонально (перпендикулярно) направлению распространения радиолокационного луча.

С помощью области нулевых значений скоростей V_R можно определить среднее направление движения совокупности гидрометеоров. Для этого необходимо через область максимальных скоростей провести прямую, перпендикулярную линии нулевых скоростей. Она будет являться указателем направления движения потока гидрометеоров в облаке (рис.2). Этот метод обеспечивает наилучшие результаты в случае слоистообразной облачности и устойчивого воздушного потока [9,12], которые обычно реализуются при средних скоростях более 10 м/с. В условиях развития конвективной внутримассовой облачности, в силу усложнения схемы воздушных потоков, данный метод работает хуже.

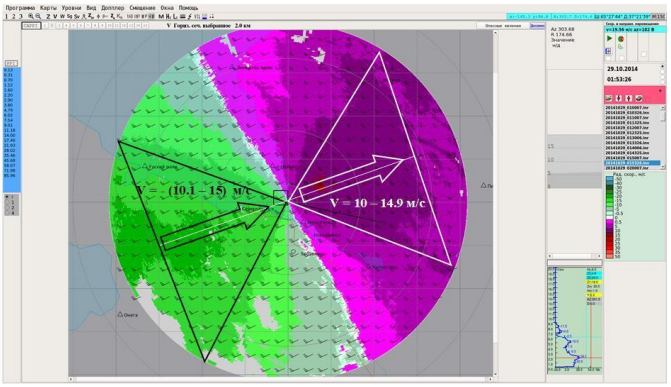
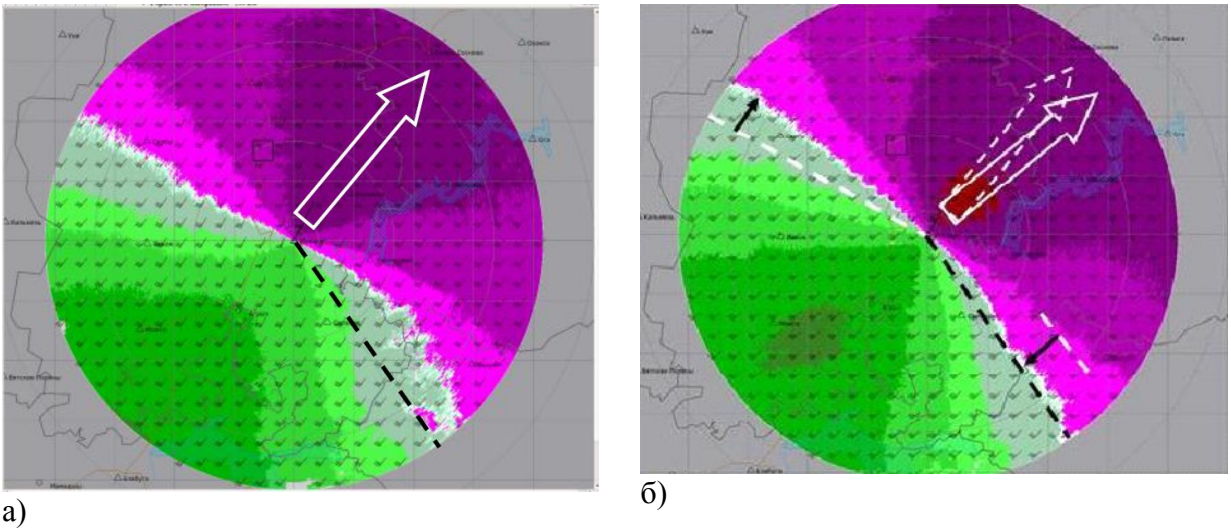


Рисунок 2. Пример карты пространственного распределения V_R на высоте 2 км по данным ДМРЛ «Архангельск» 29.10.2014 01:52 ВСВ.

Ориентация линии нулевых скоростей и зон максимальных значений V_R в слое дает представление о степени горизонтальной однородности потока, скорости и направлении его перемещения.

В случае устойчивого потока линия нулевых скоростей представляет собой ровную белую полосу, а зона максимальных скоростей по отношению к ней располагается строго перпендикулярно. Рис. 2 демонстрирует наличие на высоте 2 км устойчивого воздушного потока юго-западного направления, движущегося со скоростью в диапазоне 10 – 15 м/с. S – образная форма линии нулевых скоростей (рис. 3а), наблюдающаяся на картах распределения направления и скорости движения гидрометеоров, свидетельствует о том, что в следующем, более высоком километровом слое будет наблюдаться поворот ветра (рис. 3б). На рисунке 3б белыми пунктирными линиями показано положение линии нулевых скоростей на высоте 3 км, а белой пунктирной стрелкой – направление движения воздушного потока. Черные стрелки указывают на величину поворота потока, а белая стрелка - на направление воздушного потока на высоте 4 км. Степень изогнутости S–образной формы линии нулевых скоростей свидетельствует о величине угла поворота ветра с высотой (чем круче изгиб, тем значительнее поворот ветра). В данном случае это небольшой (порядка 10°) правый поворот ветра с высотой.



а) б)

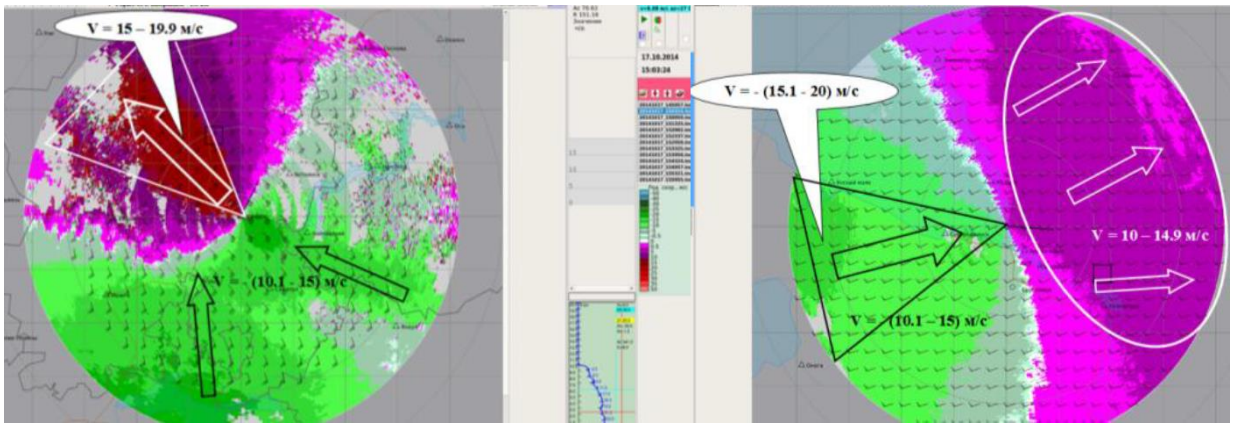
Рисунок 3. Карта распределения скорости гидрометеоров: (а)- на высоте 3 км;(б) - на высоте 4 км.

Информация о сходимости (конвергенции) и расходимости (дивергенции) воздушного потока используется в авиационной и синоптической метеорологии как фактор, соответственно, возникновения и развития или размывания облачных образований. Привлечение данных о радиальной компоненте доплеровской скорости гидрометеоров позволяет уточнять положение барических образований и атмосферных фронтов в зоне расположения ДМРЛ значительно чаще, чем это возможно с помощью синоптических карт, а именно, каждые 10 минут.

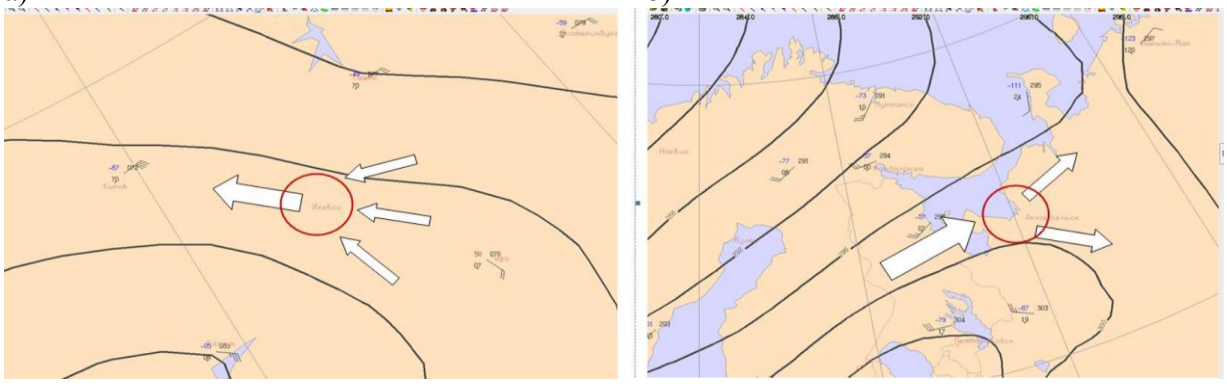
Зоны дивергенции и конвергенции воздушного потока также определяются по конфигурации линии нулевых скоростей, точнее, по ее изгибу. На рис. 4а видно, что на высоте 1 км[1] гидрометеоры приближаются к ДМРЛ с двух направлений (черные стрелки), а удаляются только в одном направлении – на северо-запад (белая стрелка). При этом преобладающее значение V_R гидрометеоров, приближающихся к ДМРЛ с обоих направлений, находится в диапазоне 10,1 - 15 м/с. Удаляются же гидрометеоры от ДМРЛ с максимальной скоростью, соответствующей диапазону 15,0 – 19,9 м/с. При этом линия

нулевых скоростей имеет U-образную форму и вогнута в сторону ***удаляющихся*** частиц (в сторону больших скоростей). Такая картина пространственного распределения V_R свидетельствует о наличии ***конвергенции*** (сходимости) воздушных потоков в рассматриваемом воздушном слое, что и подтверждается анализом барических полей, построенных по данным аэрологического зондирования атмосферы (рис.4в).

На основании анализа данных ДМРЛ о распределении радиальной составляющей скорости гидрометеоров (по всем просматриваемым высотам за один срок) можно определить адвекцию тепла или холода. Изменение направления потока с высотой в правую сторону (правый поворот ветра с высотой) свидетельствует об адвекции тепла над местом расположения ДМРЛ. Подобная адвекция наблюдается при прохождении теплых фронтов, сопровождающихся обширными полями облачности (в зимний и переходный пе-



а) б)



в) г)

Рисунок 4. Примеры синоптических ситуаций с наблюдаемой дивергенцией и конвергенцией воздушного потока в районе ДМРЛ-С: (а) карта распределения V_R на высоте 1 км 17.10.14 за 15:03 ВСВ в районе ДМРЛ «Ижевск»; (б) карта распределения V_R на высоте 3 км 26.10.2014 за 06:03 ВСВ в районе ДМРЛ «Архангельск»; (в) карта абсолютной топографии изобарической поверхности 925 гПа 17.10.2014 за 12:00 ВСВ в районе г. Ижевск; (г) карта абсолютной топографии изобарической поверхности 700 гПа 26.10.2014 за 00:00 ВСВ в районе г. Архангельск.

[1] Неопределенность в определении высоты локализации рассеивающих частиц облаков и осадков растет вместе с увеличением поперечных размеров радиолокационного луча. Поэтому при анализе представленных ниже данных следует иметь в виду, что на периферии карты действительная высота, на которой мог располагаться основной объем гидрометеоров, ограничена слоем тропосферы 0 – 2 км.

риоды), и хорошо прослеживается в зоне обзора ДМРЛ. Аналогично, адвекцию холода можно проследить по левому повороту потока (ветра) с высотой. Но адвекция холода, как правило, наблюдается в тыловых частях циклонов и ложбин и сопровождается разрозненной кучево-дождевой облачностью. Поэтому отследить этот процесс по данным

ДМРЛ значительно труднее.

Для центральных частей малоактивных циклонов характерно квази-хаотичное распределение радиальных составляющих скоростей гидрометеоров. В этих случаях поток направлен к центру циклона с нескольких направлений одновременно.

Если при последующих обзорах ДМРЛ появляется возможность определять генеральное направление движения гидрометеоров, а скорость их движения при этом усиливается, это является надежным признаком того, что центральная часть циклона, ложбины, седловины удалилась от пункта наблюдения (места расположения ДМРЛ), и погода стала определяться периферийной частью барического образования.

В подобных случаях по изменению направления воздушного потока можно определить направление смещения центра барического образования, например:

- установившийся юго-западный поток после хаотичного распределения скоростей свидетельствует о том, что центр циклона (или ось ложбины) сместился в северном, северо-западном направлении;
- установившийся поток западного, северо-западного направления является показателем того, что циклон сместился в восточном направлении;
- установившийся поток северного, северо-восточного направления указывает на смещение центральной части циклона в южном направлении. Поворот воздушного потока в дальнейшем к северо-западному указывает на смещение центральной части циклона в юго-восточном направлении;
- установившийся южный, юго-восточный поток свидетельствует о смещении центра циклона в северном, северо-западном направлении.

Подобным образом, по характеру воздушного потока (переход от хаотического движения гидрометеоров в облачной массе к направленному) и изменению его направления, можно судить и о смещении барических ложбин и других барических образований циклонического характера, расположенных в северном полушарии. На их основании может быть получен краткосрочный прогноз о перемещении зон опасных явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью.

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДМРЛ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕТЕОУСЛОВИЙ И ПОДГОТОВКИ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ И ШТОРМОВЫХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ

Успешное использование данных сети ДМРЛ для анализа синоптической обстановки и разработки прогнозов погоды должно осуществляться синоптиком в составе всего комплекса доступной фактической и прогностической метеорологической информации: синоптической, аэрологической, спутниковой.

При уточнении анализа синоптической обстановки, выполненного с использованием аэросиноптических материалов и спутниковых данных, необходимо использовать следующую радиолокационную метеорологическую информацию:

- о наличии и местоположении зон облачности, осадков и метеоявлений на композитных картах с детализацией по данным ближайшего локатора на УУВК или АП;
- о структуре обнаруженной облачности и ее верхней границы с использованием соответствующей карты и вертикальных разрезов по нескольким направлениям;

- о скорости перемещения зон радиоэха облаков, осадков, метеоявлений (ливни, грозы, шквалы и др.);
- о времени начала и продолжительности периодов выпадения осадков во фронтальных системах, а также их интенсивности для конкретного пункта наблюдений или территории;
- о тенденции эволюции метеорологических объектов (фазы: развитие, затухание, сохранение), при внутримассовых и фронтальных процессах.

Оптимальный результат при использовании радиолокационной метеорологичесчкой информации может быть получен для подготовки следующей прогностической продукции:

- свехкраткосрочного прогноза на период от 0 до 12 часов;
- прогноза текущей погоды (наукастинг) на период от 0 до 2 часов;
- предупреждений о комплексах неблагоприятных явлений;
- штормовых предупреждений об ОЯ.

Для поготовки перечисленных выше прогнозов необходимо использовать данные с привлечением информации композитных радиолокационных карт сети ДМРЛ Росгидромета (Веб-ГИС «Метеорад») и отдельных ДМРЛ, наиболее близко расположенных к территории или пункту прогноза.

Таблица 1

Метеообъекты и радиусы их обнаружения с помощью ДМРЛ

Радиолокационная информация	Максимально возможный радиус, Rмах, км	Эффективный радиус, Rэф, км
Облака:		
- прослойки и границы (кроме нижней границы облаков с выпадающими осадками);	250	200
скорость и направление перемещения;	250	125
Осадки, связанные с кучево-дождевыми и слоисто-дождевыми облаками:		
- тип осадков (ливневой, обложной);	250	100
- мгновенная интенсивность осадков;	250	100
- накопленная сумма осадков;	250	100
Опасные явления, связанные с кучево-дождевыми облаками:		
- вид явления (град, гроза, шквал);	250	220
- верхняя граница облаков;	250	250
Доплеровская радиальная скорость ветра	250	125

Радиолокационная информация для подготовки прогнозов на период от 12 до 24 ч. может являться вспомогательной, так как от момента составления прогноза до начала его действия радиоэхо облачных полей и связанные с ними явления погоды претерпевают значительную эволюцию, как и синоптические объекты (воздушные массы, барические образования, атмосферные фронты), обусловливаюшие его образование. Для подготовки

таких прогнозов необходимо привлекать данные композитных радиолокационных карт сети ДМРЛ. Использование радиолокационной информации для подготовки краткосрочных прогнозов большей заблаговременности является малоэффективным.

К достоинствам радиолокационных метеорологических наблюдений следует отнести уникальную возможность проведения мониторинга облачной атмосферы на большой территории с относительно высоким пространственным разрешением в режиме, близком к режиму реального времени. Однако необходимо учитывать, что радиолокационный метод имеет ограничения, подробно рассмотренные в [1,5,10], поэтому информация об ОЯ, получаемая с помощью ДМРЛ, имеет вероятностный характер, особенно на краях его зоны обзора. В табл. 1 приведены «максимально возможный» (Rmax) и «эффективный» (Rэф) радиусы обнаружения облаков и связанных с ними явлений на ДМРЛ в теплый период года, подтвержденные в ходе работы с информацией ДМРЛ. В холодный период года значения Rmax и Rэф ниже, чем в теплый. Под «эффективным радиусом» понимают расстояние, на котором ДМРЛ обнаруживает облака и явления с достаточно высокой вероятностью (более 80%).

В оперативной синоптической практике для составления краткосрочных прогнозов погоды на срок до 12 ч. (как правило, это могут быть уточнения к суточным прогнозам на предстоящую ночь или текущий день, специализированные прогнозы погоды по договорным обязательствам) и предупреждений рекомендуется наряду с аэросиноптическими материалами использовать следующую радиолокационную информацию, содержащуюся на картах ДМРЛ:

- об удалении, ширине, высоте верхней границы, вертикальной структуре обнаруженных зон облачности;
- о наличии и положении зон осадков, их интенсивности и суммарном количестве осадков за периоды до 1, 3, 6, 12 ч.;
- о наличии яркой полосы (зоны повышенной (на 5÷10 дБ) отражаемости на вертикальном профиле Z, располагающейся ниже нулевой изотермы, и обусловленной таянием частиц осадков в слоисто-дождевой облачности;
- о наличии очагов опасных явлений погоды (ливень, гроза, град, шквал);
- о скорости и направлении перемещения зон радиоэха облаков и осадков.

Эти данные используются при разработке прогнозов погоды общего назначения по территории обслуживания и по конкретному пункту, для уточнения следующих характеристик в соответствии с требованиями [6]:

- количества облачности, кроме низкой слоистой, подинверсионной облачности, с высотой нижней границы менее 600 м;
- наличия осадков, их вида (фазового состояния), количества и продолжительности;
- вида и интенсивности явлений погоды, включая опасные;
- временн**о**й детализации начала и окончания наблюдаемых условий погоды.

Количество облачности прогнозируется в соответствии с общей синоптической обстановкой и уточнением этой характеристики по данным ДМРЛ с использованием карт: «Метеоявления», «Верхняя граница облачности» и «Нижняя граница облачности». При этом необходимо учитывать: если облачность ниже 600 м или из облачности выпадают

осадки - карта «Нижняя граница облачности» не является информативной, т.к. в этих случаях Ннго считается равной нулю.

3.1. Определение интенсивности и количества осадков по ДМРЛ и использование этих данных для прогноза погоды

На карте «Метеоявления» ДМРЛ осадки классифицируются как ливневые и обложные. Каждый из этих двух видов осадков для 3-х сезонов года (холодный, переходный, теплый) делится на градации в зависимости от интенсивности (слабые, умеренные, сильные). Интенсивность осадков определяется по значению отражаемости Z1 [1,5] на уровне измерения осадков (уровень «1», как правило, расположен на высоте 600 м над уровнем установки ДМРЛ). Градации интенсивности осадков (слабые, умеренные, сильные), реализующиеся в настоящее время в ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010» (табл. 2), незначительно отличаются от градаций, применяемых в прогнозе осадков в соответствии с Наставлением [6].

При анализе осадков по карте ДМРЛ «Метеоявления» необходимо учитывать, что «эффективный радиус обнаружения» осадков, т.е. область их обнаружения с высокой вероятностью, не превышает 100 км. На б**о**льших удалениях могут возникать значительные погрешности в оценке интенсивности осадков.

Карты «Интенсивность осадков» рассчитываются каждые 5 минут и доступны в обоих режимах наблюдений «Отражаемость» и «Скорость». Они могут использоваться для диагностики интенсивности и количества выпадающих осадков в реальном времени и их сверхкраткосрочного прогнозирования.

Таблица 2

Градации интенсивности осадков, принятые в ПО ВОИ ДМРЛ «ГИМЕТ-2010»

Характеристика осадков на карте «Метеоявления»	Градации интенсивности осадков по данным ДМРЛ после обработки, мм/ч		
	Холодный	Переходный	Теплый
Осадки (обложные) слабые	0.03-0.2	0.03-0.2	0.03-0.25
Осадки (обложные) умеренные	0.2-0.5	0.2-0.5	0.25 – 1
Осадки (обложные) сильные	>0.5	>0.5	>1
Ливневые осадки слабые	1-3.6, при Нвго > 3 км	1-3.6, при Нвго > 3 км	1.8-5.6, при Нвго > 4 км
Ливневые осадки умеренные	3.6 -10.0, при Нвго > 3 км	3.6 -10.0, при Нвго > 3 км	5.6 -15.4, при Нвго > 4 км
Ливневые осадки сильные	≥10.1, при Нвго > 3 км	≥10.1, при Нвго > 3 км	≥15.5, при Нвго > 4 км

Карты накопленных сумм осадков за прошедший период, которые рассчитываются по их интенсивности в исходном районе, откуда осуществляется перенос воздушной массы на территорию (пункт) прогноза, могут использоваться для ориентировочной оценки ожидаемого количества осадков. Этот вид информации позволяет оценить количество выпавших осадков за периоды 3, 6, 12, 24 ч. в радиусе 100 км от места

установки локатора. Анализ сравнения радиолокационных накопленных сумм осадков с данными наземной наблюдательной сети показывает, что погрешность количественной оценки среднесуточного слоя выпавших осадков по данным ДМРЛ может достигать более 50%. Данные о количестве сильных осадков, полученных от ДМРЛ, имеют зачастую значительно заниженные значения.

Опыт использования данных сумм осадков, определенных по ДМРЛ, показывает, что за более продолжительный период расчета этот показатель дает лучшие результаты. Этот фактор необходимо учитывать при разработке прогнозов погоды и штормовых предупреждений. Важным фактором для оценки возможной накопленной суммы осадков является учет местных физико-географических условий и суточной изменчивости синоптических объектов, способствующих выпадению осадков.

3.2. Диагноз метеоявлений на ДМРЛ и использование информации для разработки прогнозов погоды и штормовых предупреждений

Принципы идентификации метеоявлений, реализованные в ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010», достаточно полно изложены в [1] .

Кроме информации об осадках по данным ДМРЛ, можно получить информацию о явлениях погоды, обусловленных конвективными процессами в атмосфере. Основой данной информации является наличие кучево-дождевой облачности, которая подразделяется по характеру формирования на фронтальную и внутримассовую. Особенности ее формирования известны из синоптической метеорологии и хорошо подтверждаются данными радиолокационных наблюдений. Наиболее интенсивные конвективные явления связаны с мезомасштабными конвективными комплексами (МКК) - крупными (размером >200 км) массивами кучево-дождевой облачности, часто имеющими почти круглую форму, большую вертикальную мощность и среднюю продолжительность жизни около 10 ч, иногда до 16 – 18 ч. Отмечались случаи, когда МКК существовали несколько дней подряд, периодически ослабевая и усиливаясь.

Вероятность автоматизированного распознавания явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью, реализована на основании расчета определенных критериев, по которым и определяется тип метеорологического явления. На карте «Метеоявления» определяются следующие объекты, связанные с конвекцией:

- ливень (слабый, умеренный, сильный);
- гроза (с вероятностью: 30-70% - (R), 71-90% - R), более 90% - R);
- гроза с градом (слабый, умеренный, сильный);
- гроза + шквал (слабый, умеренный, сильный),;
- смерч.

Характеристика ливней дана в табл. 2 данной Инструкции.

Гроза – это комплекс атмосферных явлений, связанных с развитием мощных кучево-дождевых облаков, многократными электрическими разрядами, которые могут сопровождаться ливневыми осадками, шквалом и градом.

Вероятность определения гроз с использованием ДМРЛ можно оценить как высокую (более 80%). Радиолокатор не фиксирует электрические разряды в кучево-дождевых облаках, поэтому грозовая облачность определяется по косвенным признакам.

У грозоопасного облака существует три стадии развития: предгрозовая, грозовая и

послегрозовая. На первом этапе наблюдаются мощные восходящие движения во всей ячейке; на втором - появляются не менее мощные нисходящие движения воздуха, выпадают интенсивные осадки ниже основания облака, возникают молнии; в период распада преобладают слабые нисходящие воздушные потоки внутри облака, уменьшаются интенсивность осадков и электрическая активность вплоть до полного их исчезновения. В таких облаках наблюдается повышенная турбулентность.

Практика показывает, что «радиолокационные грозы» (R) с вероятностью 30-70% в основном представляют собой кучево-дождевые облака в предгрозовой стадии. По мере их развития вероятность грозы в них возрастает. «Радиолокационные грозы», идентифицированные по ДМРЛ как R, с вероятностью грозы в них более 90% - это практически всегда реальные грозы в максимальной стадии развития, что подтверждается данными наземных наблюдений и грозопеленгаторов. При этом необходимо учитывать, что, как правило, грозовые явления по радиолокационным данным опережают во времени сообщения наземной наблюдательной сети об этих явлениях.

Скорость перемещения большинства грозовых очагов составляет от 20 до 60 км/ч, при увеличении скорости более 70 км/ч - грозы обычно сопровождаются градом и шквалами, изредка - смерчами.

Важным признаком грозовой кучево-дождевой облачности может являться значение водности (VIL) [5], значение которой при сильных грозах превышает 4 кг/м^2. На соответствующей карте ДМРЛ отображаются значения вертикальной интегральной водности VIL столба атмосферы от уровня 1 км до высоты верхней границы облачности; по данным VIL можно косвенно судить о наличии гроз.

Шквал – кратковременное (в течение нескольких минут), резкое усиление ветра. Возникает преимущественно на холодных фронтах, особо сильный, со скоростью порывов ≥ 25 м/с - при общем контрасте температуры у земли не менее 10°С, ~~и~~ температуре точки росы у земли более 15°С и при расходимости направления воздушных потоков на поверхности 500 гПа. Сильные шквалы наблюдаются в передней части высотной ложбины при переходе на поверхности 500 гПа циклонической кривизны изогипс в нейтральную или антициклоническую.

На карте метеоявлений ДМРЛ шквалы сопутствуют грозам и граду различной интенсивности, однако алгоритм расчета шквалов, основанный на изложенных в [8,11] правилах и предусматривающий анализ значений Z3 (Z на уровне 3) на уровне изотермы -15°С (в большинстве случаев совпадающем с уровнем Н0°С +2...2.5 км) и величины превышения верхней границей Cb уровня тропопаузы таков, что шквалы у земли, образующиеся при прохождении кучево-дождевой облачности, сопровождающейся ливнями, на карте метеоявлений зачастую не отображаются. Однако шквалистые усиления ветра у поверхности земли могут быть зафиксированы на карте радиальной доплеровской скорости самого нижнего уровня (на высоте определения осадков). Одновременно необходимо учитывать, что шквалы у поверхности земли часто не совпадают с их положением на картах явлений, а смещены на несколько км по ходу движения грозового очага.

На шкале карты метеоявлений принято условно классифицировать шквалы по силе, что соответствует скорости порывов ветра: слабый – 15-20 м/с; умеренный – 20-25 м/с; сильный – более 25 м/с. Соответствие критериев шквала, реализованных в ПО ВОИ

«ГИМЕТ-2010», численным значениям величины скорости порывов в настоящее время уточняется.

Град – осадки, выпадающие в теплое время года из мощных кучево-дождевых обдаков в виде частичек плотного льда различных, иногда очень крупных размеров.

На шкале карты метеоявлений град принято условно классифицировать по величине (очевидно, что по уровню ущерба) как: слабый – менее 5 мм; умеренный – 5-20 мм; сильный – более 20 мм. Соответствие критериев града, реализованных в ПО ВОИ «ГИМЕТ-2010», численным значениям размеров градин в настоящее время уточняется.

Смерч – сильный маломасштабный вихрь под кучево-дождевой облачностью с поднимающейся к облаку осью. Вращательное движение может происходить как по часовой стрелке, так и против. Диаметр воронки у поверхности земли может быть от нескольких десятков до несколько сотен метров. Скорость ветра может достигать 50-100 м/с. Возникновение смерчей связано с очень сильной неустойчивостью стратификации воздушной массы. Для территории РФ это явление характерно для теплого сезона, чаще всего образуется в зоне холодного фронта с очень высокими контрастами температуры воздуха. Из-за сравнительно небольших размеров смерча на картах явлений погоды даже с разрешением 1 км он может не определиться. В условиях, когда диагностируется шквал более 25 м/с, возможно появление смерча. Для образования смерча свойственно наличие следующих дополнительных признаков:

- очаги радиоэха расположены грядой с расстоянием между очагами примерно в 2 раза б**о**льшим, чем сами очаги; при быстром движении гряд и их сближении; смерч наиболее вероятен в месте слияния гряд;
- слияние нескольких отдельных грозовых очагов радиоэха, когда смерч образуется в V–образной впадине радиоэха;
- наличие крюкообразного отростка радиоэха длиной до 16 км и высотой 10,5-12,5 км;
- наличие вращения кучевообразного радиоэха или его части против часовой стрелки.

Критерии идентификации смерча в ПО ВОИ «ГИМЕТ 2010» в настоящее время уточняются.

В соответствии с требованиями, определенными Наставлением [6], в прогнозы погоды необходимо включать все перечисленные выше явления, связанные с конвекцией.

Краткосрочные и сверхкраткосрочные прогнозы погоды составляются на основе синоптического метода с использованием данных численных мезомасштабных методов прогноза. При этом информация ДМРЛ должна служить для уточнения характеристик вышеперечисленных явлений погоды.

Явления погоды, связанные с конвекцией (кроме грозы), при достижении ими интенсивности, характеризующейся термином «сильный», относятся к категории ОЯ [6]. В этом случае синоптик должен разработать и передать штормовое предупреждение. Для своевременного выполнения этой функции необходимо использовать данные радиолокационных наблюдений, приведенные ниже (табл.3):

В соответствии с положениями Наставления [6], к ОЯ относятся комплексы конвективных явлений, где каждое по отдельности не достигло критерия «сильный», но которые в сочетании могут нанести значительный экономический ущерб. К таким явлениям необходимо относить: грозу + град любой интенсивности + шквал не менее умеренной интенсивности, определяемые по картам «Метеоявления» ДМРЛ.

Важным аспектом в прогнозе погоды является расчет времени начала и окончания явлений и их продолжительности по определенной территории или в конкретном пункте.

Таблица 3

Данные радиолокационных наблюдений, используемые для разработки штормовых предупреждений

Наименование ОЯ	Характеристики и критерии определения ОЯ	Информация ДМРЛ.
Шквал	Резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин) усиление ветра до 25 м/с и более	Наличие по ДМРЛ явления более опасного, чем R), на площади не менее 20х20 км; Наличие по ДМРЛ явления Гроза+шквал не ниже умеренной интенсивности; Наличие МКК с Нвго, превышающими среднюю Нвго на 3-4 км; Наличие больших градиентов доплеровской радиальной скорости на уровне 600 м (разность скоростей в соседних ячейках не менее 25-30 м/с)
Смерч	Сильный маломасштабный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности	МКК – с Нвго, превышающими среднюю Нвго на 3-4 км; Наличие по ДМРЛ явления Гроза+шквал сильный; Наличие признаков смерча, в т.ч. больших градиентов доплеровской радиальной скорости на уровне 600 м (разность скоростей в соседних ячейках не менее 40 м/с)
Сильный ливень	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч	Обширная зона стационарного или медленно смещающегося радиоэха облачности с осадками интенсивностью не менее 20 мм/ч; Если суммы осадков за 1 час по ДМРЛ превышают 30 мм; Значения VIL в течение 1 часа не менее 3 кг/м^2
Крупный град	Град диаметром 20 мм и более	Наличие явления более опасного, чем «Град умеренный»; Значения VIL не менее 16 кг/м^2

3.3. Прогноз времени начала и продолжительности явлений.

Прогноз времени начала явлений по данным одного ДМРЛ сводится к определению расстояния от пункта прогноза до переднего края радиоэха и определению скорости перемещения зоны осадков (явлений погоды), которая, предположительно, смещается в направлении пункта (территории) прогноза.

Расчет времени начала явления $t_н$ производится по формуле:

$$t_н = L_п/v + t_0$$

где v – скорость смещения радиоэха, t_0 – время составления прогноза, $L_п$ – расстояние от пункта прогноза до передней кромки радиоэха.

Расчет времени окончания явления $t_{ок}$ производится по формуле:

$$t_{ок} = L_т/v + t_0$$

где v – скорость смещения радиоэха, t_0 – время составления прогноза, $L_т$ – расстояние от пункта прогноза до тыловой кромки радиоэха.

Продолжительность явления определяется по формуле:

$$dt = dL/v$$

где ***dL*** – ширина зоны явления (осадков) по данным радиоэха.

Продолжительность и время окончания явления определяются только в тех случаях, когда уверенно наблюдается и может быть определена тыловая граница радиоэха осадков. Одного локатора для этого может быть недостаточно, и в этом случае лучше воспользоваться композитной картой сети ДМРЛ.

В процессе обновления данных о фактических параметрах радиоэха при проведении очередных наблюдений на ДМРЛ синоптик должен в случае значительного изменения ширины радиоэха и скорости его движения оперативно корректировать время начала и продолжительности ожидаемого явления.

При заблаговременности прогноза до 1 ч. для определения скорости перемещения отслеживаемых по ДМРЛ метеообъектов рекомендуется использовать «вектор перемещения» [1], позволяющий определить с большой точностью направление и скорость приближающихся к пункту зон осадков и опасных явлений. Вектор представляет собой отрезок, начинающийся в месте расположения ДМРЛ, направление которого указывает на направление перемещения поля облачности, а длина соответствует расстоянию, на которое поле облачности в зоне радиолокационного обзора переместится за 1 ч.

При заблаговременности до 3 ч. можно использовать фактические данные о скорости и направлении движения, полученные из наблюдений за движением исследуемой площади радиоэха. Для этого можно воспользоваться в главном окне программы UVK пунктом меню «Перемещение». В дальнейшем экстраполируется перемещение зон радиоэха и определяется их прогностическое положение на период до 3 ч.

При заблаговременности прогноза более 3 ч., когда необходимо определить перемещение зон синоптического масштаба, следует вычислить скорость и направление перемещения радиоэха в соответствии с правилом ведущего потока с учетом вертикальной мощности радиоэха (высоты верхней границы облачности). При значениях высоты верхней границы:

- до 6 км - рекомендуется использовать направление и скорость ветра на уровне изобарической поверхности 850 гПа (V=V850);
- от 6 до 7 км - необходимо использовать ветер на уровне 700 гПа (V=0,8V700);
- от 7 до 9 км - необходимо использовать ветер на уровне 500 гПа (V=0,6V500);
- от 9 до 11 км - скорость перемещения определяется как V=V500;
- более 11 км - V=1/2(V500+V300) [10].

Для оценки скорости радиоэха фронтального происхождения по вышеизложенным правилам допускается использовать данные о ветре в пункте аэрологического зондирования, расположенном не более чем в 150 км от границы радиоэха, или по данным численных прогнозов на соответствующих уровнях и в соответствующий период времени.

В зависимости от средней скорости переноса облачных систем заблаговременность прогнозов, подготовленных с использованием радиолокационной информации отдельного радиолокатора, может составлять до 12 ч., а с использованием композитных радиолокационных карт может составлять до 24 ч.

При внутримассовом характере конвекции, когда прогноз или предупреждение дается по территории или по большому населенному пункту, допускается в отношении явлений погоды использовать термин «местами».

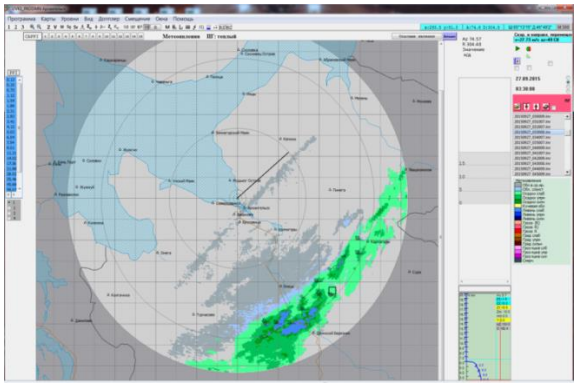
Ошибки в автоматических расчетах вектора перемещения могут возникать в следующих случаях, когда объективно затруднено определение вектора:

- в периоды, когда фронтальные полосы радиоэха «входят» или «выходят» за пределы радиуса обзора ДМРЛ;

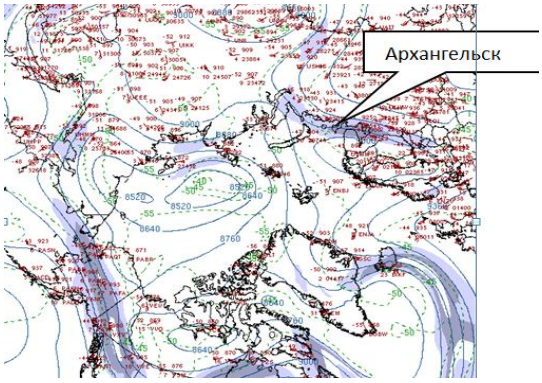
- при наличии радиоэха слоистообразной облачности большой площади круглой формы, с центром над локатором;

- в период одновременного возникновения и развития конвективной облачности над различными участками зоны обзора [10]. При прекращении формирования новых ячеек, расчет вектора стабилизируется.

Высокие значения скорости перемещения радиоэха зон облачности и осадков (более 25-30 м/с), отмечающиеся по данным ДМРЛ в течение нескольких сроков подряд, как правило, являются признаком расположения в зоне обзора ДМРЛ струйного течения со скоростями ветра, превышающими 100 км/ч. Струйное течение обычно связано с наличием высотной фронтальной зоны (ВФЗ) в анализируемом районе, характеризующейся высокими градиентами температуры и давления. Облачность (часто среднего и верхнего ярусов As-Cs) на картах метеоявлений ДМРЛ в таких зонах представляет собой полосы, вытянутые в направлении вектора перемещения, как на примере - рис. 5 , на котором представлена карта метеоявлений по ДМРЛ «Архангельск» с вытянутыми полосами приподнятой облачности (рис. 5а) и высотная карта АТ-300 (рис. 2б) с изображением ветви струйного течения в этом районе. Скорость переноса в этом примере по ДМРЛ сохранялась высокой (более 25 м/с) несколько сроков подряд. При этом на карте АТ-300 в районе Архангельска имело место наличие ветви струйного течения с высокими скоростями ветра юго-западного направления.



а)



б)

Рисунок 5. а) Вид поля облачности, вытянутой параллельно вектору перемещения, при наличии вблизи СТ (ДМРЛ Архангельск, 27.09.2015г.) Вектор переноса 28 м/с параллелен полосам облачности б) ветвь СТ севернее Архангельска с ветрами более 25 м/с юго-западного направления.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДМРЛ ПРИ МЕТЕООБЕСПЕЧЕНИИ АВИАЦИИ.

Регулярность и эффективность работы воздушного транспорта, обеспечение безопасности выполнения полетов, во многом зависят от условий погоды.

Авиационные метеорологи в оперативной работе при выпуске специализированной авиационной метеорологической информации наряду с фактическим и прогностическим аэросиноптическим материалом, выходной продукцией моделей численного прогноза погоды с высоким пространственным разрешением, расчетными методами прогноза метеорологических явлений, данными ИСЗ и грозопеленгационной информацией используют результаты радиолокационных метеорологических наблюдений.

Значимость радиолокационной метеорологической информации для авиации возрастает в районах с редкой сетью метеостанций, а также при использовании информации с территории, соизмеримой с масштабами синоптических процессов по маршрутам полетов воздушных судов. Это в первую очередь относится к кучево-дождевым облакам, ливням, грозам и некоторым другим атмосферным явлениям. Получаемая от ДМРЛ информация служит существенным дополнением к наземным наблюдениям, как при анализе и прогнозе атмосферных процессов, так и при уточнении местоположения явлений погоды, влияющих на взлет и посадку ВС и при полетах по маршруту, а также при расследовании авиационных происшествий, связанных с метеорологическими факторами [13].

Информация ДМРЛ, обновляемая каждые 10 минут, используется в оперативной работе специалистами аэродромных метеорологических органов и органов метеорологического слежения.

Порядок проведения метеорологических радиолокационных наблюдений, а также распространения данных наблюдений включается в инструкцию по метеорологическому обеспечению полётов на аэродроме [7]. При метеообеспечении авиации наиболее важной является следующая информация ДМРЛ:

- размеры и местоположение полей облачности (включая форму) и осадков;
- зоны опасных явлений погоды: грозы, града, шквала, ливней, турбулентности и др.;
- высота верхней границы облаков;
- скорость и направление перемещения полей облачности, осадков и связанных с ними опасных явлений погоды (грозы, града, шквала, ливней и др.);
- эволюция кучево-дождевых облаков;
- высота нулевой изотермы (определяющаяся по «яркой полосе» в некоторых ситуациях, при наличии слоистообразной облачности);
- интенсивность и накопленное количество осадков за любой промежуток времени;
- параметры ветра и турбулентности;
- водность облаков;
- распределение радиолокационной отражаемости на различных высотах;
- расчет и отображение вертикального профиля скорости и направления ветра до высоты верхней границы обнаружения метеообъектов.

Все перечисленные виды информации с удаленного управляющего вычислительного комплекса доплеровского метеорологического радиолокатора

авиационные метеорологи и авиационные пользователи получают на абонентские пункты ДМРЛ по локальной сети с разрешением 1х1 км (2х2 км или 4х4 км). Программное обеспечение, установленное на АП, осуществляет прием и отображение файлов от УУВК, с представлением информации в виде карт распределения метеообъектов и их радиолокационных характеристик с соблюдением цветовых градаций и принятых обозначений метеоявлений.

Рабочее окно АП ДМРЛ имеет следующие опции:

- главное меню;
- инструментальная панель;
- функциональные кнопки;
- главное окно с отображаемыми картами метеоявлений;
- окно вертикального профиля отражаемости;
- окно условных цветов и градаций.

Для использования данных радиолокационных наблюдений при метеообеспечении авиации в целях детализации информации об опасных явлениях погоды (далее - ОЯП), выявленных ДМРЛ, разработана таблица «Штормооповещения» с использованием контурного очерчивания ОЯП. Правила построения контурного очерчивания включает в себя расчет контуров ОЯП по карте метеоявлений с разрешением 1х1, 2х2, 4х4 км в радиусе наблюдений 250 км, при этом оконтуривание очагов ОЯП производится по границе с отступом 0.5, 1, 2 км (половина линейного размера ячейки) и по любому настраиваемому порогу, по умолчанию это делается для грозы - гроза с вероятностью 30-70% обозначается «(R)», с вероятностью 71-90% - « R)» и с вероятностью более 90% - «R». Контуры ОЯП объединяются в общий контур, если они удалены друг от друга на расстояние менее размера двух ячеек.

Таблица штормооповещения ДМРЛ содержит информацию о максимальном явлении в каждом контуре и другие сведения; есть возможность вывода ее на печать.

Пример карты метеоявлений с контурами и соответствующей таблицей штормооповещения приведен на рис. 6.

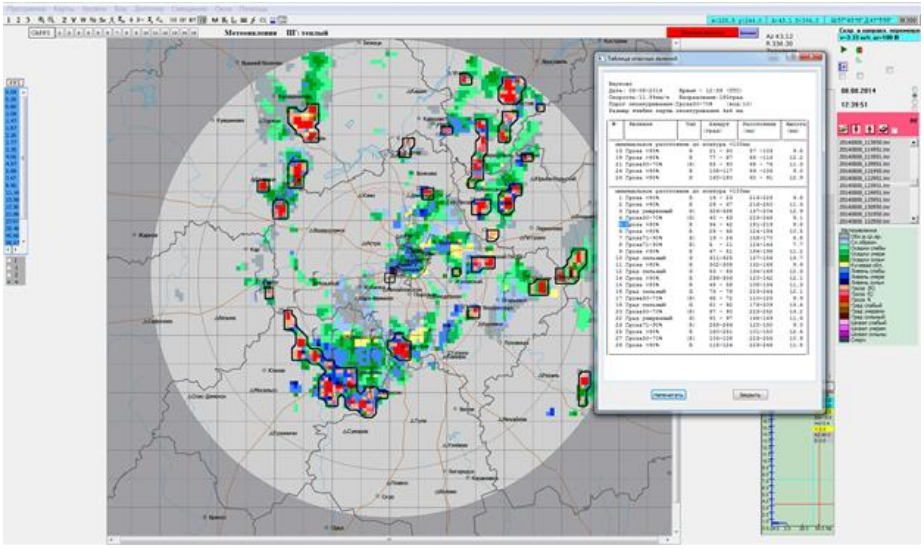


Рисунок 6. Карта метеоявлений с контурами ОЯП и таблицей штормооповещения

Инструментальная панель дает возможность получать необходимую информацию как за определенный срок измерений, так и в режиме анимации. Просмотр файлов в

режиме анимация позволяет проследить за эволюцией и перемещением облачных систем и опасных явлений, связанных с ними.

Метеорологические продукты ДМРЛ используются при производстве метеорологических наблюдений, подготовке и выпуске прогнозов по аэродрому TAF, прогнозов для посадки TREND, прогнозов для взлета, зональных прогнозов GAMET, предупреждений по аэродрому и предупреждений о сдвиге ветра, информации SIGMET и AIRMET, при метеоконсультации экипажей воздушных судов (далее – ВС), обслуживании органов ОВД и наземных аэродромных служб, в технологии наукастинга конвекции и гроз.

Своевременные и высококачественные метеорологические наблюдения являются основой для составления сводок погоды, распространяемых как на аэродроме составления сводки, так и за его пределами. Метеорологические сводки погоды являются основной информацией при метеообеспечении аэронавигации, оказывающей непосредственное влияние на безопасность полетов. Информация, получаемая с помощью ДМРЛ и обновляемая каждые 10 минут, используется метеорологами-наблюдателями для уточнения форм облачности, вида осадков, при наблюдениях за опасными явлениями погоды уточняется их местоположение, направление и скорость смещения.

Для выпуска прогностической продукции требуется общий и детальный анализ синоптической ситуации с учетом исторической последовательности ее эволюции и дальнейшей тенденции развития синоптического процесса: географического расположения, степени активности, динамики развития, скорости и направления перемещения метеорологических объектов, и связанных с данным процессом опасных явлений погоды. Данные ДМРЛ являются важным источником информации для такого анализа, позволяющим уточнить положение, эволюцию и смещение атмосферных фронтов, образования волновых возмущений и мезоциклонов, с которыми связаны наиболее сложные погодные условия для авиации.

Данные ДМРЛ используются синоптиками для анализа условий погоды в зонах фронтов, для определения характера воздушной массы (устойчивая, неустойчивая), а также для уточнения положения фронтальных разделов и их эволюции. Обнаруженные ДМРЛ кучево-дождевые облака, ливни, грозы и град свидетельствуют о том, что воздушная масса стратифицирована неустойчиво. При обнаружении ДМРЛ только слоистообразных облаков или обложных осадков, есть основания утверждать, что воздушная масса стратифицирована устойчиво.

Радиолокационная информация может успешно использоваться при прогнозировании следующих опасных для авиации явлений погоды: грозы, града, осадков (в том числе ливни), обледенения, турбулентности, сдвига ветра.

Данные ДМРЛ предоставляют авиационному синоптику дополнительную возможность более объективно оценить синоптическую ситуацию и использовать радиолокационную информацию для уточнения выпускаемой прогностической продукции, т.к. существующие прогностические методы не обеспечивают достаточную точность и детализацию во времени прогноза опасных явлений погоды. Синоптик осуществляет постоянный контроль за выпущенными прогнозами, и, если в период действия первоначально составленных прогнозов погоды TAF, прогнозов для посадки TREND, для взлета, зональных прогнозов GAMET ожидается по обновленным данным

ДМРЛ возникновение непредусмотренных ранее опасных явлений погоды, то синоптик имеет возможность быстро внести в них соответствующие коррективы.

Радиолокационные данные ДМРЛ являются важной оперативной информацией для своевременного выпуска предупреждения по аэродрому и предупреждения о сдвиге ветра. Так, имея по данным ДМРЛ оперативную информацию о наличии и смещении Cb облачности или зоны со шквалами на район аэродрома, синоптик использует ее для выпуска предупреждения о сдвиге ветра. Данные ДМРЛ с высокой точностью позволяют определить время начала и окончания прогнозируемого явления или условий погоды, их продолжительность и интенсивность.

Результаты наблюдений ДМРЛ представляются в виде карт:

- вертикального сдвига ветра;
- горизонтального сдвига ветра;
- зон турбулентности.

При выпуске органами метеорологического слежения информации SIGMET и AIRMET по данным ДМРЛ синоптик имеет возможность уточнить местоположение явлений погоды в географических координатах, высоту верхней границы облачности, направление смещения и тенденцию эволюции явлений погоды и облачности.

Данные ДМРЛ широко используются при обеспечении метеорологической информацией органов ОВД. Обработанная радиолокационная информация в электронном виде передается на рабочие места органов ОВД, а именно:

- органу ОВД, осуществляющему **аэродромное диспетчерское обслуживание**,
- органу ОВД, осуществляющему **диспетчерское обслуживание подхода**,
- **местным диспетчерским пунктам,** осуществляющим районное диспетчерское и полетно-информационное обслуживание,
- **районным диспетчерским центрам, районным центрам**, осуществляющим районное диспетчерское обслуживание [7].

Радиолокационная информация предоставляется эксплуатантам и экипажам ВС. Во время предполетной метеорологической подготовки экипажей ВС данные ДМРЛ демонстрируются членам летного экипажа с экрана АП метеорологического радиолокатора при принятии решения на осуществление полета в условиях грозовой деятельности как в районе аэродрома, так и на маршруте и позволяют оценить возможность обхода кучево-дождевой облачности.

Данные ДМРЛ используются при метеорологическом обеспечении наземных служб обслуживаемых аэропортов. Наиболее ценной радиолокационная информация является в условиях снегопадов, выпадения замерзающих осадков и грозовой деятельности над аэродромом. Радиолокационные данные консультативно предоставляются службам аэропорта при введении ограничений действий персонала по наземному обслуживанию воздушных судов на перронах аэродромов при работе в условиях грозовой деятельности.

При работе с композитными картами сети ДМРЛ Росгидромета (Веб-ГИС «Метеорад») появляется возможность оперативного слежения за развитием процессов синоптического масштаба (атмосферные фронты, линии шквалов, зоны осадков). Анализ объединенной радиолокационной информации (на комплексной карте) позволяет

метеорологу - синоптику своевременно спрогнозировать развитие конвекции и улучшить качество прогноза опасных для авиации явлений погоды и обеспечить радиолокационными данными о грозах и высоте верхней границы облаков экипажи воздушных судов, как в пункте вылета, так и по маршруту полета.

В последние годы создано единое метеорологическое радиолокационное поле над значительной территорией Российской Федерации за счет установки новых современных доплеровских локаторов ДМРЛ для мониторинга опасных явлений погоды с обеспечением возможности доступа к получаемой метеорологической информации широкого круга пользователей, в первую очередь – гражданской и экспериментальной авиации. Это позволяет выйти на новый, современный уровень метеообеспечения.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. – М., ЦАО, Введены в действие Приказом Росгидромета №52 от 14.02.2014, – 2014 г. – 110 с.
2. Электронный ресурс Веб-ГИС «Метеорад» http://meteorad.ru.
3. ПО ВОИ доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С (шифр «ГИМЕТ-2010»). Руководство оператора. 623.02572456.01001-01 34 01, - М. ОАО «НПО «ЛЭМЗ» -2014 г.
4. Приказ Росгидромета №95 от 21.06.2004 г. «О внедрении на радиолокационной сети Росгидромета «Основных технических требований к системе обнаружения опасных атмосферных явлений и штормового оповещения на базе метеорологических радиолокаторов».
5. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Т.А.Базлова, Н.В.Бочарников, Г.Б.Брылев, А.В.Каргальский и др./ Под ред.А.С.Солонина. – СПб.: Наука.– 2010г. В 2-х томах.
6. РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды. – Обнинск, «ИГ-СОЦИН», 2009 г., 62 с.
7. Федеральные авиационные правила "Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов", утвержденные Приказом Минтранса РФ №60 от 03.03.2014 г.
8. РД 52.27.339-93. Руководство по диагнозу и прогнозу опасных и особо опасных осадков, града и шквалов по данным метеорологических радиолокаторов и искусственных спутников земли. Разработчики Н.И.Глушкова, А.А.Алексеева – Л.: Гидрометеоиздат. – 1996 г. – 180 с.
9. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1989 г.- 512с.
10. РД 52.04.320-91. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2 и МРЛ-5. –С-Пб.: Гидрометеоиздат. – 1993 г. – 360 с.
11. Методические указания по использованию радиолокационных данных в синоптическом анализе и краткосрочном прогнозе погоды. Утв. ЦМКП 21.09.1979 г., под ред. Г.К Веселовой, Ю.К. Федорова, М., Моск. отдел. Гидрометеоиздата,1981,23 с.
12. Brown Rodger A., Wood Vincent T. A guide for interpreting Doppler velocity patterns. Northern Hemisphere Edition - NOAA/National Severe Storms Laboratory. Norman, Oklahoma. - 2007г.- 55 p.
13. Расследование авиационных происшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими факторами. Методическое пособие, Утверждено Приказом Росгидромета №170 от 06.07.2009, Метеоагентство Росгидромета, М., -2009г. –110 с.