МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему «Радиолокационные наблюдения на аэродроме»

Исполнитель **Савинов Матвей Ильич**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)
кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«25» мая 2025 г.

Санкт–Петербург
2025

Оглавление

Введение....3
1 Теоретические сведения о работе ДМРЛ....5
1.1 Зондирование атмосферы с помощью метеорологических радиолокационных станций....5
1.2 Особенности метеорологических радиолокационных станций....9
1.3 Доплеровское зондирование атмосферы....10
1.4 Определение явлений погоды по радиолокационным данным....12
2 Оценка качества прогностической информации, получаемой от ДМРЛ Воейково....17
2.1 Получение данных....17
2.2 Обработка данных....19
3 Разработка матриц сопряженности альтернативных прогнозов....22
3.1 Составление матриц прогнозируемых МРЛ явлений и фактически наблюдаемой погоды на станции.....22
3.2 Составление матриц сопряженности....23
4 Расчет и оценка критериев успешности....31
4.1 Критерий Пирсона (χ^2)....31
4.2 Общая оправдываемость прогнозов (P)....33
4.3 Критерий надежности прогнозов по Н.А. Багрову (H)....34
4.4 Критерий точности прогнозов по М.А. Обухову (Q)....34
4.5 Количество прогностической информации. Информационное отношение (υ)....35
4.6 Коэффициент связи Юла (I)....36
4.7 Коэффициент сходства (A)....37
4.8 Меры Гутмана (λ)....37
5 Результаты расчетов критериев успешности....39
Заключение....44
Список источников....46
Приложение А....47
Приложение Б....51
Приложение В....53

Введение

Радиолокационные наблюдения – один из наиболее часто используемых методов наблюдений за облаками, атмосферынми осадками и сопутствующими им неблагоприятными и опасными явлениями. Они используются для отслеживания динамики развития и движения облачных систем, эволюции зон осадков. Синоптические группы используют данные радиолокационных наблюдений при составлении прогнозов.

Для более эффективной работы и повышения точности данных радиолокационных наблюдений активно расширяется радиолокационная сеть Росгидромета.

Радиолокационные наблюдения дают нам информацию о водности облаков, но насколько эта информация соответствует фактическим данным, тем, которые фиксируются наземными станциями?

Цель работы:

- изучить особенности радиокалоционных наблюдений и провести оценку качества их результатов, на основе данных измерений наземных метеорологических станций.

Для выполнения работы нужно

- отобрать данные радиолокационных наблюдений с фиксацией осадков;
- отобрать данные наземных станций за соответствующие радиолокационной информации временные интервалы;
- сопоставить данные метеорологического локатора с данными наземной сети;
- провести оценку качества данных об осадках, предоставляемых МРЛ, на основе фактических данных.

Описательная часть выпускной работы рассматривает такой важный метод дистанционных косвенных исследований атмосферы как

радиометрическое зондирование атмосферы. Рассматривает общие принципы, лежащие в данном методе, раскрывает особенности, устройство и исследуемые погодные явления. Так же отдельно изучается доплеровское зондирование атмосферы, задачи, стоящие перед данным методом и типы радиолокационных станций, проводящих исследования атмосферы по данной методике.

В практической части работы представлена оценка качества прогнозов осадков, предоставляемых МРЛ Воейково на основе фактических данных. Проведен анализ полученных результатов и сделаны выводы о проделанной работе.

1 Теоретические сведения о работе ДМРЛ

1.1 Зондирование атмосферы с помощью метеорологических радиолокационных станций

Импульсные метеорологические радиолокационные станции (РЛС) (рис. 1.1), предназначены для зондирования атмосферы с целью обнаружения и исследования облаков и осадков, основная метеорологическая информация о которых заключена в их радиолокационной отражаемости, подлежащей измерению.[6]

Рисунок 1.1 – Метеорологический радиолокатор

Задачи, стоящие перед РЛС:

а) обнаружение, определение местоположения и высот зон радиоэха для кучево-дождевых облаков А так же сопровождающих их явлений (гроза, град, ливень);

б) заблаговременное предупреждение, зависящей от характера явления, из обозначенных выше;

в) получение информации о скорости и направлении перемещения зон радиоэха кучево-дождевых облаков и осадков обложного характера;

г) определение верхней границы радиоэха для всех обнаруживаемых облаков и нижней границы радиоэха для тех облаков, из которых не выпадают осадки;

д) обнаружение тенденций в изменении облачных систем, опираясь на полученные радиолокационные характеристики;

е) фиксирование эволюции радиоэха у кучево-дождевых облачных систем;

ё) получение информации об интенсивности осадков, а также определение площади на которой они выпадают.

Таким образом мы можем говорить, что цель радиолокационных метеорологических наблюдений — это метеорологическая интерпретация измеряемых радиолокационных характеристик определённых метеорологических объектов.[7]

Анализ метеорологических данных, получаемых с помощью измерений МРЛ, базируется на стойких физических и статистических связях данных характеристик, с действительным состоянием облаков, осадков, а также их параметрами. При этом используются не только качественные особенности пространственного распределения радиоэха, но также и их количественные характеристики. Такие как: высота верхней границы (ВНГО), вертикальная мощность и радиолокационная отражаемость. Метеорологический анализ данных МРЛ задействует:

a) заранее составленные описания радиолокационных характеристик различных метеообъектов с последующим определением облаков и их систем;
b) одиночные и комплексные физико-статистических критерии с целью распознавания погодных явлений, связанных с кучево-дождевыми облаками;
c) оценка интенсивности осадков.

Этапы, задействованные в наблюдении облачности и осадков, а также метеоанализ собираемых МРЛ данных:

1) типизация облачной системы и общая оценка метеорологической обстановки;

2) выявление локального местоположения кучево-дождевой системы и связанных с ней опасных явлений погоды.

Стоит заметить, что радиолокационное зондирование атмосферы МРЛ, позволяет получать лишь вероятностную информацию об обнаруженном метеорологическом объекте. Но эта информация собирается мгновенно и с большой площади.[6]

За радиометеорологическими методами зондирования атмосферы стоит ряд особенностей, учитываемых при использовании на практике.

1. Максимальная дальность выявления метеообъектов равняется дальности прямой радиовидимости. Так же, чем больше расстояние, тем сильнее увеличивается минимальное значение отражаемости $Z_{мин}$, которое при имеющимся потенциале радиолокатора $П_{рл.}$ обеспечивает засветки на экране. Следовательно, метеообъекты отражаемость которых меньше $Z_{мин.}$ на достаточно большом расстоянии от радиолокатора, определяемых его потенциалом, не будут обнаруживаться.
2. Из-за сильного ослабления радиоволн СВЧ-диапазона в облаках и осадках радиометеорологический метод зондирования не позволяет обнаружить облака, отражаемость которых позволила бы сделать это

при отсутствии ослабления. Более того, при зондировании облаков, расположенных за зоной выпадающих осадков, практически всегда получаются заниженные значения измеренной отражаемости по сравнению с фактической.

3. Чем больше расстояние от МРЛ, тем сильнее падает его разрешающая способность по угловым координатам. Ширина диаграммы направленности в пространстве вырастает настолько, что становится невозможно измерить высоты и площади радиоэха с хоть сколько ни будь репрезентативной точностью. К примеру, на расстоянии 300 км, с шириной направленности антенны 1°, линейные размеры сечения для диаграммы направленности антенны составят примерно 5 км. В месте с тем, на расстоянии 30 км они составляют только 0.5 км. Следовательно мы можем говорить об различной точности получаемой радиолокационной информации о площадях и высотах исследуемых метеорологических объектов. А так же зависимость сигнала от расстояния.

Для получения более точной и плотной по площади информации метеорологические локаторы объединяют в радиолокационную сеть. Такая сеть будет обеспечивать на территории РФ мониторинг облаков, осадков и связанных с ними опасных явлений (рис. 1.2).[8]

К сожалению, на данный момент радиолокационная сеть недостаточна для покрытия всей территории России. На данный момент наиболее плотно покрыта европейсквя часть страны.

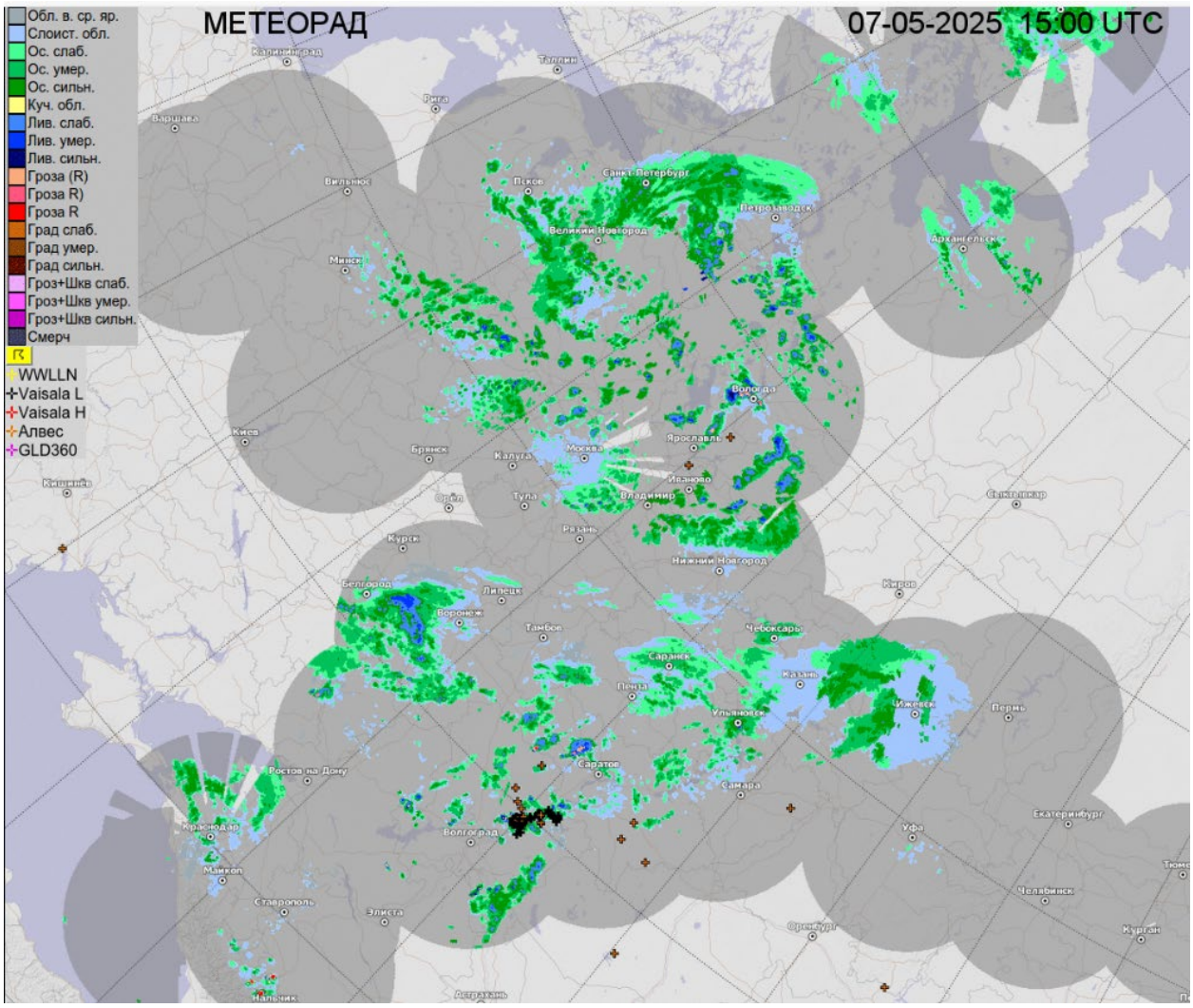

Рисунок 1.2 – Информация сети метеорологических локаторов

1.2 Особенности метеорологических радиолокационных станций

Главной особенностью метеорологических РЛС является то, что они созданы для измерения мощности сигналов, отражаемых облаками и осадками. С этой целью они снабжены специальными устройствами для количественных измерений поступающих сигналов. Выполнение точных измерений сопровождается жесткими требованиями в калибровке МРЛ и контроля его потенциала в период измерений. Под контролем потенциала понимается отслеживание излучаемой мощности и чувствительности приемника сигнала.

Следующая особенность МРЛС – большой динамический диапазон у устройства-приемника, из-за больших диапазонов мощностей радиосигналов, отраженных от метеообъектов. Возможные значения ЭПР метеообъектов достигают 100-120 дБ, а значит и приемник МРЛС должен обладать таким же диапазоном. В целях достаточно надежного обнаружения облаков и осадков с малыми значениями отражаемости метеорологические РЛС должны обладать значительным потенциалом, что обеспечивается применением соответствующих мощных передатчиков и высокочувствительных приемных устройств.

Так же, опираясь на компромисс между рассеивающими свойствами метеообъектов и ослабляющими особенностями атмосферы, производится выбор изучаемой длинны волны. МРЛ должны быть обеспечены всеми необходимыми управляющими и индикационными устройствами для наблюдения метеообъектов в широких горизонтальных и вертикальных плоскостях.

1.3 Доплеровское зондирование атмосферы

Метеорологические доплеровские радиолокационные станции созданы с целью измерения скоростей движения облачных систем и сопровождающих их осадков, а так же для определения скоростей движения рассеивающих аэрозолей внутри атмосферных образований.

Действие доплеровской РЛС осуществляется при помощи эффекта Доплера. Данный эффект выражается в том, что частота отраженных сигналов изменяется, при перемещении наблюдателя и отражающего объекта друг относительно друга (рис. 1.3). В результате хаотичного движения гидрометеорных частиц в атмосфере под действием различных внешних сил, частота отраженных от них радиолокационных сигналов меняется, следовательно фиксируется доплеровский сдвиг частоты. Упорядоченное движение атмосферного образования как системы отражателей определяет

средний доплеровский сдвиг частоты, а движение отдельных отражателей относительно друг друга влияет на ширину спектра доплеровских частот. Таким образом, исследуя спектр пролучаемого радиолокационного сигнала, можно узнать информацию о движении как всего атмосферного образования в целом, так и о движении гидрометеорных частиц внутри него.

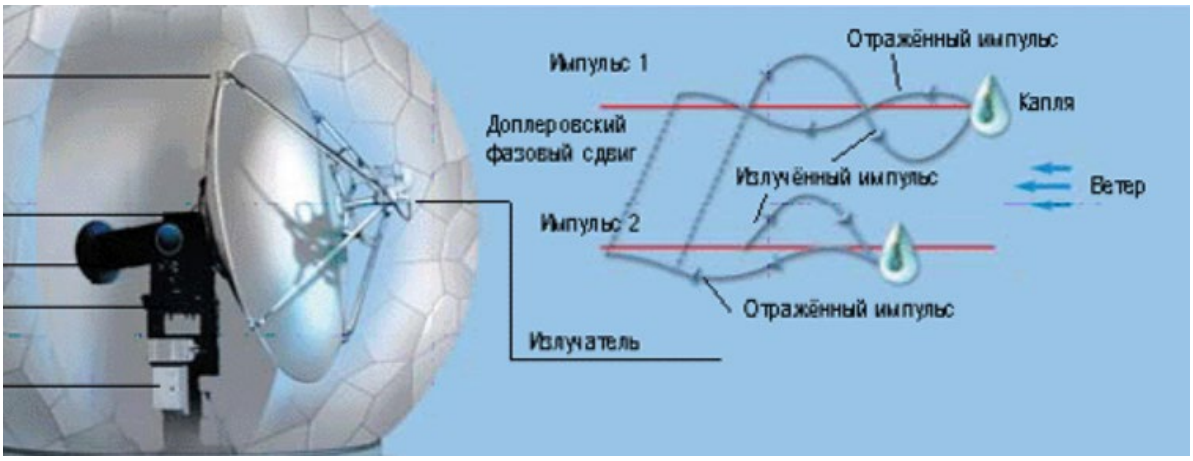

Рисунок 1.3 – Принцип работы метеорологического локатора

Однако, доплеровский сдвиг частоты связан только с радиальным перемещением отражающих объектов (рис. 1.3). Поэтому с помощью доплеровского радиолокатора возможно измерение лишь радиальных скоростей. Для получения полного вектора скорости атмосферного образования или спектра вектора перемещения отдельных отражателей необходимо иметь три доплеровские РЛС, облучающих выбранный для зондирования метеорологический объект с разных направлений. Для измерения разности частот отраженного и излученного сигналов необходимо сохранить информацию о фазе излученного сигнала до момента приема отраженного. Поэтому ключевым параметром доплеровских РЛС должна быть их когерентность.

1.4 Определение явлений погоды по радиолокационным данным

Осадки определяются по наличию радиоэха у поверхности Земли, однако возможности такого определения ограничены радиусом 90-100 км под углами возвышения антенны, близкими к нулевым. К тому же с помощью МРЛ не представляется возможным всегда получать однозначную характеристику фазы осадков (твердые или жидкие). Поэтому радиометеорологическая классификация явлений, связанных с Cb, несколько отличается от общеизвестной метеорологической классификации и предполагает разделение на три группы:

1) градоопасные Cb и грозовые облака с градом;
2) грозоопасные облака и ливневой дождь с грозой;
3) негрозоопасные конвективные облака и негрозовые ливни.

Пример карты метеоявлений, определяемым метеорологическим локатором показана на рисунке 1.4.

Невозможность получения непосредственных характеристик степени опасности явлений (молния, интенсивность конвекции и др.) с помощью МРЛ заставляет использовать в качестве критерия диагноза косвенные признаки, основанные на различных физико-статистических закономерностях, установленных для определенных физико-географических условий, конкретных МРЛ и методик наблюдения путем статистической обработки и анализа данных.

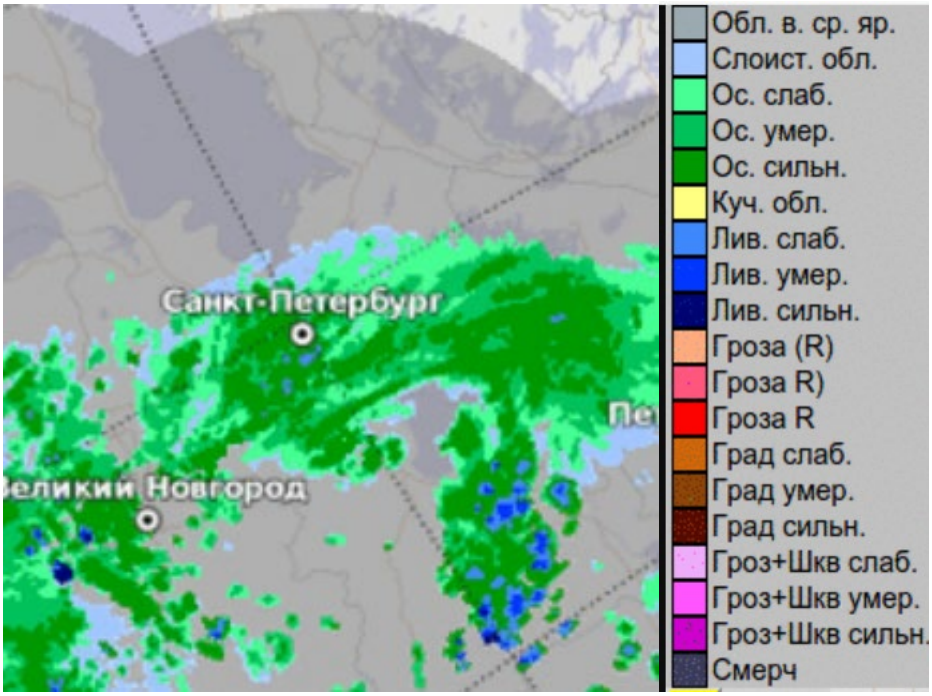

Рисунок 1.4 – Карта метеоявлений метеорологического локатора [5]

Град и Градоносные. Cb. Для ближней зоны критерием градоносного Cb является выполнение следующих условий:

1) отражаемость в нижней части облака должна быть равна или превышать 46 дБ или lgZ >2.8; такую зону радиоэха называют «ядром» РКО;

2) верхняя граница «ядра» РКО должна превышать высоту нулевой изотермы не менее чем на 1.4 км;

3) ограничений на высоту верхней границы РКО не накладывается.

Гроза и ливень. Используемый в практике оперативных наблюдений с помощью МРЛ критерий $Y = HlgZ_з$ позволяет распознавать грозу в квадрате 30х30 км с использованием максимальной высоты радиоэха H (км) и отражаемости на высоте, превышающей уровень нулевой изотермы на 2-2.5 км ($lg\ Z_з$).

В настоящее время на сети МРЛ гроза фиксируется, когда Y > Yк = H22°C (lg Zз)мин R, где (lg Zз)мин R - минимальное значение в грозах, а H

22°с — высота изотермы - 22 °С. При этом предполагается, что для гроз различной интенсивности выполняются следую щие соотношения:

• при Y > Yк + 14 наблюдаются грозы R с вероятностью распознавания В р > 90 % ;

• при Y > Yк + 6 наблюдаются грозы (R) с вероятностью распознавания В р = 70 -90 %;

• при Y> Yк К наблюдаются грозы (R) с вероятностью распознавания В р< 70 %.

С увеличением значения Y растет и среднее число молниевых разрядов облако-Земля

Определение интенсивности осадков. В следствии большой пространственной и временной изменчивости интенсивности дождей, а также из-за ограничений во времени измерений (1-2 мин) при оперативных радиолокационных наблюдениях на МРЛ можно производить лишь оценку и получать сведения о пространственном распределении мгновенной (за время, необходимое для нескольких оборотов антенны) максимальной интенсивности выпадающих осадков по ячейкам 30х30 км и 15х15 км в радиусе до 120 км в зависимости от времени года и высоты нулевой изотермы.

Мгновенная оценка называется максимальной потому, что она производится по максимальному значению отраженного сигнала в ячейке 30х30 или 15х15 км. По радиолокационным данным с помощью Z - I-соотношения (соотношения Маршалла-Пальмера) можно оценить теоретическую мгновенную интенсивность осадков (кроме моросящих и града).

Для оценки интенсивности ливневых и обложных осадков, снега с дождем и переохлажденного дождя, наблюдаемых при температуре воздуха от - 1 до +3 °С применяют таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Оценка теоретической мгновенной максимальной интенсивности жидких осадков по радиолокационной отражаемости

lg Z, мм^6/м^3	Качественная оценка интенсивности радиоэха	Теоретическая мгновенная максимальная интенсивность, мм/ч
0.0 – 1.1	Слабая	0.5 – 2.9
1.2 –2.7	Умеренная	3.0 – 25.0
2.8 –3.9	Сильная	25.1 – 140
> 3.9	Очень сильная	> 140

Точность оценки интенсивности осадков будет уменьшаться с увеличением расстояния. Однако в связи с тем, что в диапазоне высот от 0 до 1.5 км отражаемость ливневых осадков в большинстве случаев не изменяется, можно считать, что измерение отражаемости в любом слое от 0 до 1.5 км будет обеспечивать точность, соответствующую градациям данной таблицы. При максимальной температуре воздуха ниже - 1 °С соотношение Z - I позволяет сделать грубую оценку максимальной интенсивности радиоэха в момент проведения радиолокационных наблюдений по трем градациям; слабая, умеренная и сильная (табл. 1.2).

Дополнительным признаком разделения слабого и умеренного снегопада может служить дальность обнаружения слабого снегопада. При обычном потенциале МРЛ и интенсивности отраженного сигнала 6н-12 дБ слабый снегопад практически не будет обнаруживаться далее 40 км, а если и будет, то его радиоэхо практически будет сливаться с радиоэхом поверхности Земли и границей облачности [1].

Таблица 1.2

Оценка теоретической мгновенной максимальной интенсивности снегопада

lg Z, мм^6/м^3	Качественная оценка интенсивности радиоэха	Теоретическая мгновенная максимальная интенсивность, мм/ч
–1.5... –0.4	Слабая	0.02 – 0.1
–0.3... 1.2	Умеренная	0.11 – 1.0
≥ 1.3	Сильная	> 1.0

2 Оценка качества прогностической информации, получаемой от ДМРЛ Воейково

2.1 Получение данных

Исследование о практическом применении данных ДМРЛ Воейково для получения метеоинформации о явлениях погоды в конкретной точке производилось разработкой альтернативных матриц сопряженности и вычисление критериев успешности. Матрицы составлялись для следующих метеостанций: Воейково, Сосново, Волосово, Новая Ладога, Шлиссельбург (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Расположение метеостанций на карте

Координаты и характеристика станций:

1) Воейково (59° 57' с.ш., 30° 43' в.д.; высота над уровнем моря 37 м). Данная станция является самой близкой к МРЛ, примерно в 1 км.

2) Сосново (60° 33' с.ш., 30° 15' в.д.; высота над уровнем моря 70 м). Данная станция находится к север-северо-западу от МРЛ на расстоянии 72 км.

3) Волосово (59° 26' с.ш., 29° 29' в.д.; высота над уровнем моря 127 м). Станция, располагается в 88 км к юго-западу от МРЛ. Ее отличительной чертой является нахождение на возвышенности.

4) Новая Ладога (60° 07' с.ш., 32° 19' в.д.; высота над уровнем моря 9 м). Данная станция располагается к востоко-северо-востоку от Воейково, на побережье Ладожского озера и является самой удаленной от МРЛ, находящейся на расстоянии 92 км.

5) Шлиссельбург (59° 56' с.ш., 31° 00' в.д.; высота над уровнем моря 11 м)

В данной работе прогностическими данными выступала информация, полученная с ДМРЛ Воейково (рис. 2.2). Оценивалось качество прогноза следующих явлений: осадки слабые, осадки умеренные, ливень слабый и ливень умеренный (рис. 2.3).

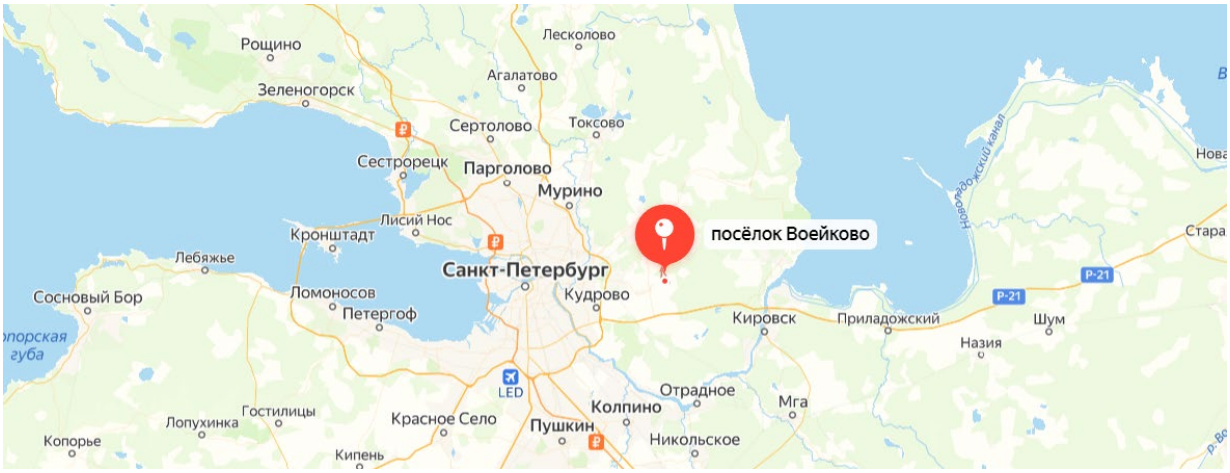

Рисунок 2.2 – Расположение ДМРЛ Воейково

Рисунок 2.3 – Метеоявления, предоставляемые ДМРЛ Воейково

В качестве же фактических данных выступала информация о явлениях погоды, с обозначенных выше метеостанций, в стандартные сроки наблюдений (00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 ч.). Источником данных о метеорологических явлениях служит открытый интернет архив rp5.ru [2].

Матрицы сопряженности составлялись для 2-х месяцев: август и декабрь 2023 года. Данные месяцы были использованы в работе с целью провести оценку, и сравнить теплый и холодные периоды года. Так же фактором отбора являлась продолжительность этих месяцев – 31 день у каждого что позволяет делать несколько большую выборку, нежели в более короткие месяцы.

Сложность формирования синхронного архива заключалась в необходимости вручную открывать каждый срок карты локатора и выявлять сроки с явлениями.

2.2 Обработка данных

Первоначально были подготовлены данные со станций, взятые из архива rp.5. В результате проверки качества данных были найдены и отмечены пропуски, они представлены ниже (табл. 2.1, 2.2).

Полученные сроки будут в дальнейшем вычтены при составлении матриц сопряженности.

Схожая операция по выявлению пропусков проведена для данных с МРЛ. Так, было выявлено, что отсутствуют следующие снимки: 9 августа 15:00 и 27 декабря с 00:00 по 06:00.

Таким образом получено 5 матриц с фактическими данными и 5 матриц с прогностическими, по две на каждую из станций.

Таблица 2.1

Пропуски данных со станций в Августе

№	Воейково	Сосново	Волосово
1	02.08.2023 12:00	02.08.2023 12:00	03.08.2023 21:00
2	03.08.2023 21:00	03.08.2023 21:00	08.08.2023 3:00
3	05.08.2023 15:00	05.08.2023 15:00	11.08.2023 0:00
4	08.08.2023 3:00	08.08.2023 3:00	12.08.2023 3:00
5	11.08.2023 0:00	11.08.2023 0:00	16.08.2023 12:00
6	11.08.2023 15:00	11.08.2023 15:00	16.08.2023 15:00
7	15.08.2023 18:00	15.08.2023 18:00	18.08.2023 9:00
8	16.08.2023 12:00	16.08.2023 12:00	25.08.2023 9:00
9	16.08.2023 15:00	16.08.2023 15:00	25.08.2023 21:00
10	17.08.2023 12:00	17.08.2023 12:00	-
11	18.08.2023 9:00	18.08.2023 9:00	-
12	18.08.2023 15:00	18.08.2023 15:00	-
13	20.08.2023 12:00	20.08.2023 12:00	-
14	25.08.2023 9:00	25.08.2023 9:00	-
15	25.08.2023 21:00	25.08.2023 21:00	-
16	27.08.2023 12:00	27.08.2023 12:00	-

Таблица 2.2

Пропуски данных со станций в декабре

№	Воейково	Сосново	Волосово
1	02.12.2023 21:00	02.12.2023 21:00	03.12.2023 00:00
2	06.12.2023 0:00	06.12.2023 0:00	08.12.2023 12:00
3	08.12.2023 9:00	08.12.2023 9:00	09.12.2023 00:00
4	08.12.2023 21:00	08.12.2023 21:00	28.12.2023 21:00
5	28.12.2023 18:00	28.12.2023 18:00	31.12.2023 21:00
6	31.12.2023 21:00	31.12.2023 21:00	-

3 Разработка матриц сопряженности альтернативных прогнозов

3.1 Составление матриц прогнозируемых МРЛ явлений и фактически наблюдаемой погоды на станции.

Из полученных матриц с фактическими и с метеоявлениями со станций и с МРЛ составлена совмещенная таблица П|Ф (рис. 3.1), где П – прогностические данные, Ф – фактические.

Таблица 2.1

Пример вида таблицы П|Ф

Срок	0:00		3:00		6:00		9:00		12:00		15:00		18:00		21:00	
Дата	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
1	0	19	19	19	19	19	19	19	2	19	0	19	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	19	0	0	19	0	0	2	0	19	0
3	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	19	0
9	19	19	0	19	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
10	19	19	0	19	2	19	2	19	19	19	19	19	0	19	0	0
11	0	0	0	0	0	0	19	19	19	0	19	19	19	19	19	19
12	19	19	2	19	19	0	19	19	2	19	19	0	0	19	19	19
13	1	19	19	19	2	19	19	19	0	19	19	0	2	19	19	0
14	19	19	19	0	19	19	19	19	2	19	19	0	19	19	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	19	0	19	19
16	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
17	19	0	19	19	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	19	0	19	19	19	19	0	19	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
21	2	0	19	0	2	19	19	19	19	19	19	19	0	19	0	19
22	0	0	0	0	2	0	19	0	19	19	0	19	19	19	19	0
23	0	19	19	19	19	0	19	19	19	19	2	19	0	19	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	19	0	19	0	19	19
25	2	19	1	19	0	19	2	0	19	0	0	19	19	19	19	19
26	19	19	2	19	19	19	0	19	2	0	19	0	19	0	2	19
27	9999	0	9999	0	9999	0	0	0	19	0	19	19	0	19	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	19	0
29	0	0	19	0	0	0	0	19	0	0	1	0	19	0	19	19
30	0	19	0	19	19	19	19	19	0	19	2	19	0	19	0	0
31	0	0	0	0	19	0	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

В верхней строке указаны восемь сроков наблюдений, в первом столбце – дата наблюдений. Такая таблица была составлена для каждого рассматриваемого периода. Как видно из таблицы далеко не во всех случаях фактические данные совпадают с наличием явлений, выявленных локатором. Например, 13 и 16 число срок 00.00.

3.2 Составление матриц сопряженности

Матрица сопряженности [3] является обобщенной формой представления осуществления (реализации) прогноза погоды (или метеорологической величины по соответствующим градациям).

В виде матрицы сопряженности (табл. 3.2) представляется информация о прогнозируемых и фактических условиях погоды за выбранный отрезок времени (месяц, сезон, год). Она содержит число случаев (n_{ij}) соответствия этих условий ($П_j \sim Ф_i$).

Матрица сопряженности имеет вид матрицы размером m x n, которая содержит: два прогностических условия (m=2): «явление прогнозируется» (П) или «не прогнозируется» ($\overline{П}$) и два у словия исхода (n=2): «явление было» (Ф), или «не было» ($\overline{Ф}$).

Таблица 3.2

Общий вид матрицы сопряженности альтернативных прогнозов

	П	$\overline{П}$	Σnj
Ф	n11	n12	n10
$\overline{Ф}$	n21	n22	n20
Σni	n01	n02	N

Соответствующие сочетания «прогноза» и характеризуют следующее:

n11 — число случаев оправдавшихся прогнозов наличия явления — явление прогнозировалось П и наблюдалось Ф.

n21 — число случаев неоправдавшихся прогнозов наличия явления — явление прогнозировалось П, но не наблюдалось $\overline{Ф}$.

n12 — число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия явления — явление (или состояние погоды) не прогнозировалось $\overline{П}$, но фактически наблюдалось Ф.

n22 — число случаев оправдавшихся прогнозов отсутствия явления — явление не прогнозировалось $\overline{П}$ и фактически не наблюдалось $\overline{Ф}$.

n12 — ошибки первого рода — ошибки пропуски;

n21 — ошибки второго рода — ошибки страховки.

n01 — число случаев прогнозов наличия явления — число прогнозов с текстом П.

n02 — число случаев прогнозов отсутствия явления — число прогнозов с текстом $\overline{П}$.

n10 — число случаев наличия явления — столько раз явление фактически наблюдалось Ф.

n20 — число случаев отсутствия явления — столько раз явление фактически не наблюдалось $\overline{Ф}$.

N — общее число прогнозов.

В данной работе производилась разработка матриц методических, инерционных и климатических прогнозов.

Схема построения общей матрицы методических прогнозов

1) За выбранный период времени устанавливается общее число прогнозов N, и число случаев, когда явление фактически наблюдалось Ф, т.е. n10.

2) Устанавливается число случаев отсутствия явления $\overline{Ф}$, т.е. n20.

3) Находим число случаев, когда явление прогнозировалось П, т.е. n01.

4) Находим число случаев, когда явление не прогнозировалось $\overline{П}$, т.е. n02.

5) Из таблицы находим число случаев, когда явление не прогнозировалось $\overline{П}$ но наблюдалось Ф, т.е. n12.

6) Находим остальные элементы матрицы как разностные значения:

$$\begin{aligned} n11 &= n10 - n12 \\ n21 &= n01 - n11 \\ n22 &= n20 - n21 \end{aligned} \qquad (1)$$

Схема построения общей матрицы инерционных прогнозов.

1) Фактически наблюдавшаяся частота явления погоды не зависит от способа прогнозирования. Поэтому n10 и n20 в матрице инерционного прогноза будут те же, что и в матрице методической.

2) Инерционные прогнозы обладают свойством несмещённости, то есть количество фактически наблюдавшихся фаз погоды (n10 и n20) равно количеству текстов прогнозов (n01 и n02). Это означает, что n10 = n01 и n20

3) Находим число ошибок пропусков n12. Для этого по таблице проводим сопоставление значений $Ф_i$ и находим случаи, когда предшествующее явление отсутствовало, а последующее наблюдалось это будет n12. Так же благодаря свойству несмещенности в инерционной матрице n12 = n21.

4) Находим соответствующие разности, чтобы определить остальные значения.

$$\begin{aligned} n11 &= n10 - n12 \\ n22 &= n02 - n12 \end{aligned}$$

Схема построения общей матрицы случайных прогнозов:

1) Нахождение элементов по следующим соотношениям: N(случайных) = N(методических), $n10_к=n10_м$, $n20_к=n20_м$, $n01_к=n01_м$, $n02_к=n02_м$.

2) Установление случайности сопряженности признаков П и Ф. Так для элементов матрицы случайных прогнозов следуют такие соотношения:

$$n_{11} = \frac{n01 * n10}{N}$$
$$n_{12} = \frac{n02 * n10}{N}$$
$$n_{21} = \frac{n01 * n20}{N}$$
$$n_{22} = \frac{n02 * n20}{N} \quad (2)$$

Из всего сказанного выше составляются матрицы для каждой станции за август и декабрь. Ниже представлены матрицы за август и декабрь для станции Воейково (табл. 3.3). Все остальные матрицы прикреплены к Приложению А.

Из полученных матриц видно, что рассматривая осадки в разных градациях результативность прогнозов наличия явления крайне низкая, особенно для августа вне зависимости от станции. Хотя стоит отметить, что радиолокатор хорошо определяет случаи отсутствия явлений. И, как следствие, в данных матрицах наблюдается очень малое число ошибок 1-го и 2-го родов.

Матрицы, составленные для декабря, имеют куда большее количество оправдавшихся прогнозов наличия явления, вероятнее всего из-за большего количества случаев наблюдения осадков в этом месяце. Тем не менее многие явления на станциях вовсе не наблюдались, например на станции Волосово МРЛ ни разу не спрогнозировал наличие слабых ливневых осадков.

Поэтому в данной работе сделана оценка не конкретных градаций метеоявления, а непосредственно наличия или отсутствия осадков любых типов.

Таблица 3.3

Матрицы сопряженности для станции Воейково по четырем типам

Воейково, август

Осадки слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	2	9	11	
$\bar{Ф}$	10	210	220	
Σni	12	219	231	

	П	П	Σnj	Инерционный
Ф	4	7	11	
$\bar{Ф}$	7	213	220	
Σni	11	220	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	1	10	11	
$\bar{Ф}$	11	209	220	
Σni	12	219	231	

Осадки ливневые слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	2	225	227	
Σni	2	229	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	4	223	227	
Σni	4	227	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	2	225	227	
Σni	2	229	231	

Осадки умеренные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	5	223	228	
Σni	5	226	231	

	П	$\bar{П}$	Σni	Инерционный
Ф	0	3	3	
Ф	3	225	228	
Σni	3	228	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	5	223	228	
Σni	5	226	231	

Осадки ливневые сильные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	1	227	228	
Σni	1	230	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	3	3	
Ф	3	225	228	
Σni	3	228	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	1	227	228	
Σni	1	230	231	

Воейково, декабрь

Осадки слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	24	52	76	
$\bar{Ф}$	17	146	163	
Σni	41	198	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	45	31	76	
$\bar{Ф}$	31	132	163	
Σni	76	163	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	13	63	76	
$\bar{Ф}$	28	135	163	
Σni	41	198	239	

Осадки ливневые слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	0	8	8	
$\bar{Ф}$	1	230	231	
Σni	1	238	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	2	6	8	
$\bar{Ф}$	6	225	231	
Σni	8	231	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	8	8	
$\bar{Ф}$	1	230	231	
Σni	1	238	239	

Осадки умеренные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	8	19	27	
$\bar{Ф}$	24	188	212	
Σni	32	207	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	9	18	27	
$\bar{Ф}$	18	194	212	
Σni	27	212	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	4	23	27	
$\bar{Ф}$	28	184	212	
Σni	32	207	239	

Осадки ливневые сильные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	0	235	235	
Σni	0	239	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	1	3	4	
$\bar{Ф}$	3	232	235	
Σni	4	235	239	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	0	235	235	
Σni	0	239	239	

Так мы получаем следующие матрицы сопряженности за август, в которых игнорируется тип явления.

Ниже представлены матрицы за август и декабрь для станции Воейково (табл. 3.4) и Сосново (табл. 3.5). Все остальные матрицы прикреплены к Приложению Б.

Несмотря на то, что наблюдается малое количество явлений за август на всех станциях, теперь можно проводить оценку критериев успешности для тех участков, на которых МРЛ смог осуществить достаточно качественные прогнозы.

Таблица 3.4

Матрицы сопряженности для станции Воейково по факту наличия или отсутствия явления

Воейково, август				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	7	14	21	
$\bar{Ф}$	13	197	210	
Σni	20	211	231	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	8	13	21	
$\bar{Ф}$	13	197	210	
Σni	21	210	231	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	2	19	21	
$\bar{Ф}$	18	192	210	
Σni	20	211	231	

Воейково, декабрь				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	58	57	115	
$\bar{Ф}$	16	108	124	
Σni	74	165	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	89	26	115	
$\bar{Ф}$	26	98	124	
Σni	115	124	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	36	79	115	
$\bar{Ф}$	38	86	124	
Σni	74	165	239	

Таблица 3.5

Матрицы сопряженности для станции Сосново по факту наличия или отсутствия явления

Сосново, август				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	4	9	13	
$\bar{Ф}$	10	208	218	
Σni	14	217	231	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	5	8	13	
$\bar{Ф}$	8	210	218	
Σni	13	218	231	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	1	12	13	
$\bar{Ф}$	13	205	218	
Σni	14	217	231	

Сосново, декабрь				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	32	44	76	
$\bar{Ф}$	26	137	163	
Σni	58	181	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	48	28	76	
$\bar{Ф}$	28	135	163	
Σni	76	163	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	18	58	76	
$\bar{Ф}$	40	123	163	
Σni	58	181	239	

4 Расчет и оценка критериев успешности

4.1 Критерий Пирсона (χ^2)

Критерии успешности — это количественная оценка степени соответствия значений явлений погоды, содержащихся в прогнозе с теми, что реально наблюдались.

Стоит учитывать, что перед началом расчетов критериев, нужно выяснить, существует ли статистическая связь между прогнозом МРЛ (П) и фактом, который предоставляет станция (Ф). Эта операция выполняется при помощи критерия независимости Пирсона (χ^2).

Сначала принимается нулевая гипотеза (H_0), которая утверждает, что прогноз П и факт Ф – независимы. И с помощью (χ^2) будет осуществляться её проверка.

Критерий независимости Пирсона в общем виде вычисляется по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} \frac{\left(n_{ij}^{\text{мет}} - n_{ij}^{\text{сл}}\right)^2}{n_{ij}^{\text{сл}}} \quad (3)$$

В ней сравниваются элементы матрицы методического прогноза с элементами матрицы случайного прогноза, которые характеризуют независимость случайных величин, принятых в качестве нулевой гипотезы.

Однако, требуется отметить важный факт. В случае, когда в матрице один из элементов $n_{ij}<5$, оценку статистической связи проводить нельзя, а значит и расчеты любых критериев в таком случае невозможны. И в текущей вариации формулы χ^2 получается установить лишь наличие или отсутствие связи, а не измерить эту связь.

Когда число повторений опыта имеет неограниченный рост, случайная величина χ^2 асимптотически подчиняется табличному распределению χ^2 со степенями свободы υ. Таким образом, для распределения χ^2 составлены таблицы (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Значения критерия Пирсона при различных степенях свободы

Число степеней свободы k	Вероятность α												
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71	3,84	5,41	6,64
2	0,02	0,04	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	7,82	9,21
3	0,11	0,18	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	9,84	11,3
4	0,30	0,43	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	11,7	13,3
5	0,55	0,75	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,1	13,4	15,1
6	0,87	1,13	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,6	12,6	15,0	16,8
7	1,24	1,56	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,0	14,1	16,6	18,5
8	1,65	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4	15,5	18,2	20,1
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7	16,9	19,7	21,7
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0	18,3	21,2	23,2

По данной таблице находится $\chi^2_{табл.}$, который будет одинаковым для всех матриц сопряженности ввиду одинакового количества степеней свободы (υ) и фиксированного уровня значимости (α).

Число степеней свободы υ – разность между числом событий и числом связей, которые налагаются моделью. Рассчитывается данный параметр по следующей формуле:

$$\upsilon = (К_1 - 1) * (К_2 - 1) \quad (4)$$

где $К_1$ – число строк, а $К_2$ – число столбцов. Для матриц альтернативных прогнозов υ = 1.

Уровень значимости α представляет собой вероятность отвергнуть нулевую гипотезу H0, при том, что в действительности она была верна. Критическим уровнем считается α=0.05, он же и используется в данной работе.

Следовательно, зная параметры υ и α, находится $\chi^2_{табл.} = 3{,}84$.

Оценка же того, существует ли статистическая связь между прогнозом и фактом осуществляется сравнением рассчитанного критерия Пирсона для матриц методических или инерционных прогнозов и табличного значения. В общем виде оценка выглядит следующим образом:

Если $\chi^2 \leq \chi^2_{табл.}$, то нулевая гипотеза H_0 принимается

Если $\chi^2 > \chi^2_{табл.}$, то нулевая гипотеза H_0 отвергается.

4.2 Общая оправдываемость прогнозов (P)

Этот критерий оценивает оправдываемость прогнозов как отношение числа оправдавшихся прогнозов n_{11} n_{22} к их общему числу N. Формула в общем виде выглядит так:

$$P = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} * 100\% \quad (5)$$

Данный критерий прост в восприятии, однако он имеет ряд недостатков.

Во-первых, критерий P не учитывает характер распределения ошибок n_{12} n_{21}.

Во-вторых, P не позволяет установить преимущество методического прогноза над климатологическим.

В-третьих, общая оправдываемость не учитывает географических различий, климатической природы прогнозируемого состояния погоды.

Данный критерий прост в восприятии, однако он имеет ряд недостатков.

4.3 Критерий надежности прогнозов по Н.А. Багрову (Н).

Критерий Н характеризует относительное приращение общей оправдываемости оцениваемых прогнозов к максимально возможному. Он имеет общий вид:

$$\mathrm{H} = \frac{\mathrm{P} - \mathrm{P}_{\text{сл}}}{1 - \mathrm{P}_{\text{сл}}} \tag{6}$$

Критерий надежности по Багрову может принимать значения от 0 до 1. Чем ближе параметр к 1, тем эффективнее был прогноз, и надежными прогнозами являются те, которые принимают значения больше 0.6.

4.4 Критерий точности прогнозов по М.А. Обухову (Q).

Показатель Q выражает долю точных прогнозов при известной повторяемости фаз погоды. Вычисляется как:

$$Q = 1 - \left(\frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}}\right) \tag{7}$$

Критерий точности по Обухову меняется в пределах от -1 (все прогнозы ошибочны) до 1 (прогнозы на уровне идеальных. Если Q=0, то считается что прогнозы на уровне случайных.

4.5 Количество прогностической информации. Информационное отношение (υ).

Одним из элементов необходимых для нахождения прогностической информации является мера априорной неопределенности системы, так же называемая энтропией. Общая формула, записанная через элементы матрицы для альтернативного прогноза, выглядит следующим образом:

$$\mathrm{H}(\Phi) = -\left(\frac{n_{12}}{N} * lg\frac{n_{10}}{N} + \frac{n_{20}}{N} * lg\frac{n_{20}}{N}\right) \tag{8}$$

Задача для методического прогноза сводится к тому, чтобы уменьшить климатическую энтропию и тем самым повысить определенность знаний о возможной реализации прогнозируемого явления. Для этого используется дополнительная информация об ожидаемом явлении, выраженная в тексте методического прогноза.

Так к системе Ф добавляется система П, а затем рассчитывается энтропия для сложной системы, полученная суммированием некоторого количества простых систем (системы зависимы).

Для нахождения условной энтропии зависимых систем вводится понятие условной энтропии. Полная условная энтропия в общем виде для матриц сопряженности выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}\mathrm{H}(\Phi|\Pi) = -\Bigg[&\frac{n_{01}}{N}\left(\frac{n_{11}}{n_{01}} * lg\frac{n_{11}}{n_{01}} + \frac{n_{21}}{n_{01}} * lg\frac{n_{21}}{n_{01}}\right) \\ &+ \frac{n_{02}}{N}\left(\frac{n_{12}}{n_{02}} * lg\frac{n_{12}}{n_{02}} + \frac{n_{22}}{n_{02}} * lg\frac{n_{22}}{n_{02}}\right)\Bigg]\end{aligned} \tag{9}$$

В случае, когда система Ф и система П различны, появляется потребность узнать, какое количество информации о системе Ф дают сведения

о системе П. Эту информацию определяют как уменьшение энтропии системы Ф в результате получений сведений о состоянии системы П. И критерий, который это демонстрирует называют информационным отношением υ.

$$\upsilon = \frac{\text{H}(\Ф) - \text{H}(\Ф|\П)}{\text{H}(\Ф)} \tag{10}$$

Величина υ показывает ту часть неопределенности климатологических прогнозов, которая устраняется при помощи прогнозов методических. Данный критерий принимает значения от 0 до 1.

Если υ=0, то можно утверждать, что прогнозы находятся на уровне случайных.

Если υ=1, то прогнозы находятся на уровне идеальных (но также υ=1 если все прогнозы ошибочны).

4.6 Коэффициент связи Юла (I)

Данный коэффициент рассматривает то, зависимы ли признаки или же связь между ними отсутствует.

Расчет (I) для матриц сопряженности методических прогнозов выглядит как:

$$I_{\text{м}} = \frac{n_{11}n_{12} - n_{12}n_{21}}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} \tag{11}$$

Значения I находятся в диапазоне от -1 до 1.

Если I=1, то наблюдается 100% положительная связь.

Если I=0, то признаки независимы.

Если I=-1, то наблюдается 100% отрицательная связь.

4.7 Коэффициент сходства (А)

Данный коэффициент оценивает то качество корреляции.

Расчет (А) для матриц сопряженности методических прогнозов выглядит как:

$$\mathrm{A_м} = \frac{n_{11}n_{12} - n_{12}n_{21}}{\sqrt{n_{10}n_{20}n_{01}n_{02}}} \tag{12}$$

Значения А находятся в диапазоне от -1 до 1.

Если А=1, то все прогнозы удачны.

Если А=0, то прогнозы ошибочны.

Если А=-1, то прогнозы случайны.

4.8 Меры Гутмана (λ)

Данные меры предназначены для оценки связи между признаками (П) и (Ф), характеризуя относительный прирост успешности прогноза выбранного признака в частных или общем случае.

– Оценка влияния признака П на признак Ф.
  Данная мера позволяет выяснить, насколько изменится прогнозирование Ф при известном П. В общем виде вычисляется по следующей формуле:

$$\lambda(\Phi|\Pi) = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_{imax} - n_{0jmax}}{N - n_{0jmax}} \tag{13}$$

где n_{imax} – максимальное значение частоты в i-й строке, а n_{0jmax} – максимальное значение частоты в строке сумм, определяющих повторяемость текстов прогнозов.

– Оценка влияния признака Ф на признак П
  Аналогично предыдущей мере, здесь вычисляется то, насколько изменится прогнозирование признака П при знании признака Ф.

$$\lambda(\text{П}|\text{Ф}) = \frac{\sum_{i=1}^{n} n_{jmax} - n_{i0max}}{N - n_{i0max}}, \quad (14)$$

где n_{jmax} – максимальное значение частоты в j-м столбце, а n_{i0max} – максимальное значение частоты в столбце сумм, определяющих повторяемость фаз явлений.

– Оценка общей связанности признаков П и Ф

$$\lambda = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} n_{imax} - n_{0jmax}\right) + \left(\sum_{j=1}^{m} n_{jmax} - n_{0imax}\right)}{2N - n_{i0max} - n_{0jmax}} \quad (15)$$

Область измерений мер Гутмана находится в пределах от 0 до 1.

Если $\lambda(\text{П}|\text{Ф}) = 1$, то вероятность статистического прогноза П по Ф максимальна. Если $\lambda(\text{Ф}|\text{П}) = 1$, то вероятность предсказания Ф при известном П максимальна.

Все три меры Гутмана характеризуют относительный прирост успешности прогноза выбранного признака в частных или общем случаях.

5 Результаты расчетов критериев успешности

Результаты расчетов представлены в виде таблиц для каждой станции отдельно для каждого явления за август и декабрь. Ниже представлены таблицы за август и декабрь для станции Воейково (табл. 5.1, 5.2). Все остальные таблицы с рассчитанными критериями прикреплены к Приложению В.

Таблица 5.1

Результаты расчетов критериев успешности для станции Воейково за август

Воейково Август				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	92	97	97	98
Общая оправдываемость (Инерц.) %	94	97	97	97
Общая оправдываемость (случ.) %	91	97	97	98
Критерий χ^2 Методич	3.955	0.067	0.036	0.013
Критерий χ^2 Инерц	23.509	0.842	2.160	4.136
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.131	-0.017	-0.012	-0.007
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.359	0.238	-0.349	-0.510
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	0.136	-0.022	-0.009	-0.004
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	0.332	-0.013	-0.018	-0.013
Информационное отношение υ (Методич)	0.029	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.135	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	0.647	-1.000	-1.000	-1.000
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.891	-1.000	-1.000	-1.000
Коэффициент сходства А (Методич)	0.131	-0.017	-0.012	-0.008
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.332	-0.013	-0.018	-0.013
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000

Таблица 5.2

Результаты расчетов критериев успешности для станции Воейково за декабрь

Воейково Август				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	71	82	96	98
Общая оправдываемость (Инерц.) %	74	85	95	97
Общая оправдываемость (случ.) %	62	78	96	98
Критерий χ^2 Методич	16.314	6.923	0.035	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	94.981	13.648	142.342	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.241	0.169	-0.007	0.000
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.318	0.305	-0.343	-0.500
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	0.211	0.183	-0.004	0.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	0.402	0.248	0.224	0.237
Информационное отношение υ (Методич)	0.051	0.033	#ЧИСЛО!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.126	0.065	0.078	0.099
Коэффициент связи Юла I (Методич)	0.597	0.535	-1.000	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.721	0.687	0.852	0.925
Коэффициент сходства А (Методич)	0.261	0.170	-0.012	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.402	0.248	0.224	0.237
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.184	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.092	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.184	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.060	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.184	0.000	0.000	0.000

Как отмечалось выше, расчеты критериев для каждого отдельного явления в данном случае проводить бессмысленно. Большинство результатов либо дают оценку прогнозов как близких к случайным, либо провести расчеты и вовсе невозможно из-за ситуаций, когда при малом количестве явлений появляется неопределенный логарифм ($\log_{10}(0)$) или дроби, чей знаменатель равен 0.

Таким образом итоговый вариант использует данные только по критерию наличия или отсутствия явления. Ниже таблицы за август и декабрь результатами расчетов по всем пяти станциям (табл. 5.3, 5.4).

Таблица 5.3

Результаты расчетов критериев успешности за август

Воейково		Сосново		Волосово		Новая Ладога		Шлиссельбург	
Критерий	Расчет	Критерий	Расчет	Критерий	Расчет	Критерий	Расчет	Критерий	Расчет
P (%) мет.	88	P (%) мет.	92	P (%) мет.	87	P (%) мет.	80	P (%) мет.	89
P (%) инерц.	89	P (%) инерц.	93	P (%) инерц.	90	P (%) инерц.	87	P (%) инерц.	89
P (%) клим.	84	P (%) клим.	89	P (%) клим.	86	P (%) клим.	76	P (%) клим.	88
χ^2 мет.	17.785	χ^2 мет.	14.772	χ^2 мет.	0.476	χ^2 мет.	6.132	χ^2 мет.	1.269
χ^2 инерц.	24.627	χ^2 инерц.	26.160	χ^2 инерц.	8.315	χ^2 инерц.	25.190	χ^2 инерц.	0.619
H мет.	0.277	H мет.	0.253	H мет.	0.045	H мет.	0.153	H мет.	0.071
H инерц.	0.304	H инерц.	0.371	H инерц.	0.260	H инерц.	0.458	H инерц.	0.106
Q мет.	0.271	Q мет.	0.262	Q мет.	0.048	Q мет.	0.188	Q мет.	0.078
Q инерц.	0.319	Q инерц.	0.348	Q инерц.	0.196	Q инерц.	0.335	Q инерц.	0.016
υ мет.	0.084	υ мет.	0.084	υ мет.	0.004	υ мет.	0.030	υ мет.	0.009
υ инерц.	0.109	υ инерц.	0.142	υ инерц.	0.051	υ инерц.	0.113	υ инерц.	0.001
I мет.	0.767	I мет.	0.805	I мет.	0.265	I мет.	0.492	I мет.	0.416
I инерц.	0.806	I инерц.	0.885	I инерц.	0.707	I инерц.	0.795	I инерц.	0.131
A мет.	0.277	A мет.	0.253	A мет.	0.045	A мет.	0.158	A мет.	0.072
A инерц.	0.319	A инерц.	0.348	A инерц.	0.196	A инерц.	0.335	A инерц.	0.016
λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.000
λ(Ф|П) инерц.	0.000	λ(Ф|П) инерц.	0.000	λ(Ф|П) инерц.	0.000	λ(Ф|П) инерц.	0.000	λ(Ф|П) инерц.	0.000
λ(П|Ф) мет.	0.000	λ(П|Ф) мет.	0.000	λ(П|Ф) мет.	0.000	λ(П|Ф) мет.	0.000	λ(П|Ф) мет.	0.000
λ(П|Ф) инерц.	0.000	λ(П|Ф) инерц.	0.000	λ(П|Ф) инерц.	0.000	λ(П|Ф) инерц.	0.000	λ(П|Ф) инерц.	0.000
λ мет.	0.000	λ мет.	0.000	λ мет.	0.000	λ мет.	0.000	λ мет.	0.000
λ инерц.	0.000	λ инерц.	0.000	λ инерц.	0.000	λ инерц.	0.000	λ инерц.	0.000

Резюмируя полученные результаты, можно говорить о следующем:

Для августа видно, что при любом типе прогноза общая оправдываемость довольно высока. На каждой станции процент оправдавшихся прогнозов не менее 76%.

Таблица 5.3

Результаты расчетов критериев успешности за декабрь

Воейково		Сосново		Волосово		Новая Ладога		Шлиссельбург	
Критерий	Расчет	Критерий	Расчет	Критерий	Расчет	Критерий	Расчет	Критерий	Расчет
P (%) мет.	69	P (%) мет.	71	P (%) мет.	72	P (%) мет.	74	P (%) мет.	70
P (%) инерц.	78	P (%) инерц.	77	P (%) инерц.	83	P (%) инерц.	75	P (%) инерц.	76
P (%) клим.	51	P (%) клим.	59	P (%) клим.	59	P (%) клим.	58	P (%) клим.	55
χ^2 мет.	39.318	χ^2 мет.	19.292	χ^2 мет.	25.848	χ^2 мет.	40.597	χ^2 мет.	29.399
χ^2 инерц.	121.767	χ^2 инерц.	67.001	χ^2 инерц.	144.817	χ^2 инерц.	106.298	χ^2 инерц.	70.062
H мет.	0.380	H мет.	0.279	H мет.	0.311	H мет.	0.378	H мет.	0.341
H инерц.	0.559	H инерц.	0.423	H инерц.	0.568	H инерц.	0.398	H инерц.	0.459
Q мет.	0.375	Q мет.	0.262	Q мет.	0.282	Q мет.	0.344	Q мет.	0.328
Q инерц.	0.564	Q инерц.	0.460	Q инерц.	0.609	Q инерц.	0.453	Q инерц.	0.480
υ мет.	0.124	υ мет.	0.061	υ мет.	0.080	υ мет.	0.124	υ мет.	0.089
υ инерц.	0.244	υ инерц.	0.165	υ инерц.	0.293	υ инерц.	0.157	υ инерц.	0.176
I мет.	0.746	I мет.	0.586	I мет.	0.673	I мет.	0.783	I мет.	0.651
I инерц.	0.856	I инерц.	0.784	I инерц.	0.899	I инерц.	0.766	I инерц.	0.790
A мет.	0.406	A мет.	0.284	A мет.	0.328	A мет.	0.407	A мет.	0.346
A инерц.	0.564	A инерц.	0.460	A инерц.	0.609	A инерц.	0.453	A инерц.	0.480
λ(Ф|П) мет.	0.014	λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.000	λ(Ф|П) мет.	0.014
λ(Ф|П) инерц.	0.548	λ(Ф|П) инерц.	0.263	λ(Ф|П) инерц.	0.481	λ(Ф|П) инерц.	0.303	λ(Ф|П) инерц.	0.355
λ(П|Ф) мет.	0.365	λ(П|Ф) мет.	0.079	λ(П|Ф) мет.	0.173	λ(П|Ф) мет.	0.281	λ(П|Ф) мет.	0.215
λ(П|Ф) инерц.	0.548	λ(П|Ф) инерц.	0.263	λ(П|Ф) инерц.	0.481	λ(П|Ф) инерц.	0.303	λ(П|Ф) инерц.	0.355
λ мет.	0.228	λ мет.	0.045	λ мет.	0.107	λ мет.	0.179	λ мет.	0.126
λ инерц.	0.548	λ инерц.	0.263	λ инерц.	0.481	λ инерц.	0.303	λ инерц.	0.355

Критерий χ^2 показывает, что не на всех станциях присутствует связь между П и Ф, так χ^2 для методических прогнозов в Волосово <3,84, а значит связи нет. Тоже можно сказать и о Шлиссельбурге, его методические и инерционные прогнозы так же не демонстрируют связи.

Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) показывает крайне низкую надежность у всех без исключения станций.

Критерий точности по Обухову (Q) дает понять, что все прогнозы малоуспешны и довольно близки к случайным.

Информационное отношение (υ) показывает, что все прогнозы хоть и не случайны, но очень близки к таковым.

Коэффициент связи Юла (I) демонстрирует положительную связь, особенно у станций Воейково и Сосново.

Коэффициент сходства (A) говорит, что часть прогнозов была удачна.

Меры Гутмана для Августа приблизительно равны 0, а значит вероятность статистического прогноза минимальна.

Для декабря картина меняется. Процент оправдавшихся прогнозов для всех станций несколько ниже, по сравнению с августом.

Теперь, ориентируясь на расчеты χ^2 можно сказать, что на всех станциях присутствует связь между П и Ф.

Критерий надежности по Багрову Н.А. (H) показывает крайне низкую надежность для каждой станции.

Исходя из критерия точности по Обухову (Q) можно сказать, что прогнозы малоуспешны, хотя инерционные прогнозы для Волосово довольно неплохи.

Информационное отношение (υ) показывает, что все прогнозы близки к случайным.

Коэффициент связи Юла (I) демонстрирует хорошую положительную связь.

Коэффициент сходства (A) показывает, что достаточно много инерционных прогнозов для Волосово и Воейково были удачными.

Среди всех мер Гутмана стоит отметить те, что относятся к инерционным прогнозам для Воейково. Их значения <0.5, что говорит о большой вероятности статистического прогноза.

Заключение

В настоящей работе был решен весь перечень задач:

- осуществлена работа по получению данных с ДМРЛ, их фильтрация и сопоставление с фактической погодой на 5 выбранных станциях;
- проведена оценка качества прогностической информации, получаемой с ДМРЛ при помощи матричной системы оценки успешности разрабатываемых прогнозов;
- разработаны матрицы сопряженности альтернативных прогнозов как для различных явлений, так и для непосредственно наличия или отсутствия любого явления погоды;
- проведены расчеты по 8-и критериям успешности и подведены итоги о полученных результатах.

Проведенная работа показывает низкую результативность прогнозов, получаемых с ДМРЛ. Но вызвано это не столько качеством работы ДМРЛ Воейково, сколько количеством данных, задействованных в расчетах.

Из-за отсутствия автоматизации в используемом программном обеспечении по просмотру снимков ДМРЛ, а также из-за большого их количества, не удалось в разумные сроки обработать больше 5 станций за 2 месяца.

Данная проблема может стать стимулом для разработчиков метеорологического программного обеспечения улучшить свой продукт, сделав работу с ним удобнее и быстрее, а результаты качественнее.

Вместе с тем отдельно стоит отметить и методику оценки результатов прогнозов ДМРЛ. Так в Аналитическом отчете о результате р/л наблюдений на сети ДМРЛ Росгидромета в 3 квартале 2023 года [4] описана методика оправдываемости достоверности идентификации ОЯ. В ней для анализа привлекались данные о грозах с метеостанций сети Росгидромета и штормовых телеграмм в коде WAREP. В данном отчете производится не только выборка по большему числу случаев, но и берется за оценку явление,

которое носит не столь локальный характер, как осадки (в отчете говорится о радиусе возможного определения грозы наблюдателем равным 30 км.). Поэтому рассмотренный метод в текущей работе метод может значительно уступать в достоверности оценки качества работы ДМРЛ Воейково. Поэтому стоит рассмотреть возможность доработки и усовершенствования представленной методики в будущем, для более достоверной оценки прогнозов ДМРЛ.

Подводя итог, можно сказать, радиолокация — один из важнейших способов получения своевременной информации о погодных явлениях на обширной территории. И данная научно-исследовательская работа была проделана с целью оценить качество получаемой с ДМРЛ информации и рассмотреть проблемы, решение которых поможет усовершенствовать работу всем метеорадиолокации в будущем.

Список источников

1. В. Н. Киселев, А. Д. Кузнецов: Методы зондирования окружающей среды (атмосферы) – Санкт-Петербург, 2004. – 428 с.

2. Архив погоды [электронный ресурс], https://rp5.ru/

3. Л. А. Хандожко: Экономическая метеорология – Санкт-Петербург, 2005. – 135-151 с.

4. Ю. Б. Павлюков: Отчет по теме 9.15 «Методическое руководство метеорологическими радиолокационными наблюдениями на ГНС Росгидромета». Аналитический отчет о результатах р/л наблюдений на сети ДМРЛ Росгидромета в III квартале 2023 г. – г. Долгопрудный, 2023. – 17-20 с.

5. Сайт Росгидромета. Информация сети метеорологических радиолокаторов России и Беларуси [электронный ресурс], https://orm.mipt.ru/

6. Жуков В.Ю., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Интерпретация данных доплеровских метеорологических радиолокаторов. Учеб ное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2018. – 119 с.

7. К.Л. Восканян, В.Ю. Жуков, С.В. Крюкова, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова, Т.Е. Симакина, В.С. Никитина; отв. редактор Саенко А.Г. Атмосферная рефракция радиоволн СВЧ-диапазона. Учебное пособие . – СПб.: Ниц Арт, 2024. - 102 с.

8. Сайт Главной геофизической обсерватории [электронный ресурс], http://voeikovmgo.ru

Матрицы сопряженности четырем типам

Сосново, август

Осадки слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	8	221	229	
Σni	8	223	231	

	П	П	Σnj	Инерционный
Ф	1	1	2	
$\bar{Ф}$	1	228	229	
Σni	2	229	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	8	221	229	
Σni	8	223	231	

Осадки ливневые слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	5	5	
$\bar{Ф}$	1	225	226	
Σni	1	230	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	1	4	5	
$\bar{Ф}$	4	222	226	
Σni	5	226	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	5	5	
$\bar{Ф}$	1	225	226	
Σni	1	230	231	

Осадки умеренные

	П	П	Σnj	Методический
Ф	0	1	1	
Ф	5	225	230	
Σni	5	226	231	

	П	$\bar{П}$	Σni	Инерционный
Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	1	229	230	
Σni	1	230	231	

	П	П	Σnj	Случайный
Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	5	225	230	
Σni	5	226	231	

Осадки ливневые сильные

	П	П	Σnj	Методический
Ф	0	5	5	
Ф	0	226	226	
Σni	0	231	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	5	5	
$\bar{Ф}$	5	221	226	
Σni	5	226	231	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	5	5	
$\bar{Ф}$	0	226	226	
Σni	0	231	231	

Волосово, август

Осадки слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	5	232	237	
Σni	5	233	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	1	236	237	
Σni	1	237	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	5	232	237	
Σni	5	233	238	

Осадки ливневые слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	6	6	
$\bar{Ф}$	2	230	232	
Σni	2	236	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	6	6	
$\bar{Ф}$	6	226	232	
Σni	6	232	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	6	6	
$\bar{Ф}$	2	230	232	
Σni	2	236	238	

Осадки умеренные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	12	223	235	
Σni	12	226	238	

	П	$\bar{П}$	Σni	Инерционный
Ф	1	2	3	
$\bar{Ф}$	2	233	235	
Σni	3	235	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	12	223	235	
Σni	12	226	238	

Осадки ливневые сильные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	6	6	
$\bar{Ф}$	0	232	232	
Σni	0	238	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	6	6	
$\bar{Ф}$	6	226	232	
Σni	6	232	238	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	6	6	
$\bar{Ф}$	0	232	232	
Σni	0	238	238	

Новая Ладога, август

Осадки слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	21	226	247	
Σni	21	226	247	

	П	П	Σnj	Инерционный
Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	0	247	247	
Σni	0	247	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	21	226	247	
Σni	21	226	247	

Осадки ливневые слабые

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	1	10	11	
$\bar{Ф}$	1	235	236	
Σni	2	245	247	

	П	П	Σnj	Инерционный
Ф	0	11	11	
$\bar{Ф}$	11	225	236	
Σni	11	236	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	11	11	
$\bar{Ф}$	2	234	236	
Σni	2	245	247	

Осадки умеренные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	17	228	245	
Σni	17	230	247	

	П	$\bar{П}$	Σni	Инерционный
Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	2	243	245	
Σni	2	245	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	17	228	245	
Σni	17	230	247	

Осадки ливневые сильные

	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	0	14	14	
$\bar{Ф}$	1	232	233	
Σni	1	246	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	2	12	14	
$\bar{Ф}$	12	221	233	
Σni	14	233	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	14	14	
$\bar{Ф}$	1	232	233	
Σni	1	246	247	

Шлиссельбрг, август

Осадки слабые

	П	П	Σnj	Методический
Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	5	242	247	
Σni	5	242	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	0	247	247	
Σni	0	247	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	5	242	247	
Σni	5	242	247	

Осадки ливневые слабые

	П	П	Σnj	Методически
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	1	243	244	
Σni	1	246	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	3	241	244	
Σni	3	244	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	1	243	244	
Σni	1	246	247	

Осадки умеренные

	П	П	Σnj	Методический
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	11	232	243	
Σni	11	236	247	

	П	П	Σni	Инерционный
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	4	239	243	
Σni	4	243	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	4	4	
$\bar{Ф}$	11	232	243	
Σni	11	236	247	

Осадки ливневые сильные

	П	П	Σnj	Методически
Ф	0	7	7	
$\bar{Ф}$	0	240	240	
Σni	0	247	247	

	П	П	Σnj	Инерционны
Ф	0	7	7	
$\bar{Ф}$	7	233	240	
Σni	7	240	247	

	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	7	7	
$\bar{Ф}$	0	240	240	
Σni	0	247	247	

Сосново, декабрь

Осадки слабые					Осадки ливневые слабые				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	25	46	71		Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	23	145	168		$\bar{Ф}$	0	237	237	
Σni	48	191	239		Σni	0	239	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	44	27	71		Ф	1	1	2	
$\bar{Ф}$	27	141	168		$\bar{Ф}$	1	236	237	
Σni	71	168	239		Σni	2	237	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	14	57	71		Ф	0	2	2	
$\bar{Ф}$	34	134	168		$\bar{Ф}$	0	237	237	
Σni	48	191	239		Σni	0	239	239	

Осадки умеренные					Осадки ливневые сильные				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	0	3	3		Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	10	226	236		$\bar{Ф}$	0	239	239	
Σni	10	229	239		Σni	0	239	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	0	3	3		Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	3	233	236		$\bar{Ф}$	0	239	239	
Σni	3	236	239		Σni	0	239	239	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	3	3		Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	10	226	236		$\bar{Ф}$	0	239	239	
Σni	10	229	239		Σni	0	239	239	

Волосово, декабрь

Осадки слабые					Осадки ливневые слабые				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	24	54	78		Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	15	147	162		$\bar{Ф}$	0	240	240	
Σni	39	201	240		Σni	0	240	240	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	56	22	78		Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	22	140	162		$\bar{Ф}$	0	240	240	
Σni	78	162	240		Σni	0	240	240	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	13	65	78		Ф	0	0	0	
$\bar{Ф}$	26	136	162		$\bar{Ф}$	0	240	240	
Σni	39	201	240		Σni	0	240	240	

Осадки умеренные					Осадки ливневые сильные				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	1	1	2		Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	10	228	238		$\bar{Ф}$	0	239	239	
Σni	11	229	240		Σni	0	240	240	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	0	2	2		Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	2	236	238		$\bar{Ф}$	1	238	239	
Σni	2	238	240		Σni	1	239	240	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	2	2		Ф	0	1	1	
$\bar{Ф}$	11	227	238		$\bar{Ф}$	0	239	239	
Σni	11	229	240		Σni	0	240	240	

Новая Ладога, декабрь

Осадки слабые					Осадки ливневые слабые				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	7	22	29		Ф	0	43	43	
$\bar{Ф}$	31	185	216		$\bar{Ф}$	0	202	202	
Σni	38	207	245		Σni	0	245	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	13	16	29		Ф	25	18	43	
$\bar{Ф}$	16	200	216		$\bar{Ф}$	18	184	202	
Σni	29	216	245		Σni	43	202	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	4	25	29		Ф	0	43	43	
$\bar{Ф}$	34	182	216		$\bar{Ф}$	0	202	202	
Σni	38	207	245		Σni	0	245	245	

Осадки умеренные					Осадки ливневые сильные				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	3	6	9		Ф	0	8	8	
$\bar{Ф}$	10	226	236		$\bar{Ф}$	0	237	237	
Σni	13	232	245		Σni	0	245	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	3	6	9		Ф	0	8	8	
$\bar{Ф}$	6	230	236		$\bar{Ф}$	8	229	237	
Σni	9	236	245		Σni	8	237	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	0	9	9		Ф	0	8	8	
$\bar{Ф}$	13	223	236		$\bar{Ф}$	0	237	237	
Σni	13	232	245		Σni	0	245	245	

Шлиссельбург, декабрь

Осадки слабые					Осадки ливневые слабые				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	22	48	70		Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	25	150	175		$\bar{Ф}$	1	241	242	
Σni	47	198	245		Σni	1	244	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	37	33	70		Ф	1	2	3	
$\bar{Ф}$	33	142	175		$\bar{Ф}$	2	240	242	
Σni	70	175	245		Σni	3	242	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	13	57	70		Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	34	141	175		$\bar{Ф}$	1	241	242	
Σni	47	198	245		Σni	1	244	245	

Осадки умеренные					Осадки ливневые сильные				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический		П	$\bar{П}$	Σnj	Методически
Ф	2	15	17		Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	23	205	228		$\bar{Ф}$	1	241	242	
Σni	25	220	245		Σni	1	244	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный		П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционны
Ф	2	15	17		Ф	1	2	3	
$\bar{Ф}$	15	213	228		$\bar{Ф}$	2	240	242	
Σni	17	228	245		Σni	3	242	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный		П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	2	15	17		Ф	0	3	3	
$\bar{Ф}$	23	205	228		$\bar{Ф}$	1	241	242	
Σni	25	220	245		Σni	1	244	245	

Матрицы сопряженности по факту наличия или отсутствия явления

Волосово, август				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	2	14	16	
$\bar{Ф}$	17	205	222	
Σni	19	219	238	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	4	12	16	
$\bar{Ф}$	12	210	222	
Σni	16	222	238	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	1	15	16	
$\bar{Ф}$	18	204	222	
Σni	19	219	238	

Новая Ладога, август				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	9	18	27	
$\bar{Ф}$	32	188	220	
Σni	41	206	247	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	11	16	27	
$\bar{Ф}$	16	204	220	
Σni	27	220	247	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	4	23	27	
$\bar{Ф}$	37	183	220	
Σni	41	206	247	

Шлиссельбург, август				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	2	12	14	
$\bar{Ф}$	15	218	233	
Σni	17	230	247	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	1	13	14	
$\bar{Ф}$	13	220	233	
Σni	14	233	247	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	1	13	14	
$\bar{Ф}$	16	217	233	
Σni	17	230	247	

Волосово, декабрь				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	32	49	81	
$\bar{Ф}$	18	141	159	
Σni	50	190	240	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	60	21	81	
$\bar{Ф}$	21	138	159	
Σni	81	159	240	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	17	64	81	
$\bar{Ф}$	33	126	159	
Σni	50	190	240	

Новая Ладога, декабрь				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	38	51	89	
$\bar{Ф}$	13	143	156	
Σni	51	194	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	58	31	89	
$\bar{Ф}$	31	125	156	
Σni	89	156	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	19	70	89	
$\bar{Ф}$	32	124	156	
Σni	51	194	245	

Шлиссельбург, декабрь				
	П	$\bar{П}$	Σnj	Методический
Ф	47	46	93	
$\bar{Ф}$	27	125	152	
Σni	74	171	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Инерционный
Ф	63	30	93	
$\bar{Ф}$	30	122	152	
Σni	93	152	245	
	П	$\bar{П}$	Σnj	Случайный
Ф	28	65	93	
$\bar{Ф}$	46	106	152	
Σni	74	171	245	

Результаты расчетов критериев успешности

Сосново Август				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	96	97	97	98
Общая оправдываемость (Инерц.) %	99	99	97	96
Общая оправдываемость (случ.) %	96	97	97	98
Критерий χ^2 Методич	0.072	0.022	0.022	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	19.230	3.272	53.787	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	-0.014	-0.007	-0.007	0.000
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.797	0.664	-0.343	-1.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	-0.035	-0.022	-0.004	0.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	0.496	-0.004	0.182	-0.022
Информационное отношение υ (Методич)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.320	#ЧИСЛО!	0.063	#ЧИСЛО!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	-1.000	-1.000	-1.000	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.991	-1.000	0.866	-1.000
Коэффициент сходства А (Методич)	-0.018	-0.010	-0.010	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.496	-0.004	0.182	-0.022
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000

Волосово Август				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	97	94	97	97
Общая оправдываемость (Инерц.) %	99	98	95	95
Общая оправдываемость (случ.) %	97	94	97	97
Критерий χ^2 Методич	0.022	0.161	0.052	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	3.270	13.636	8.537	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	-0.007	-0.021	-0.013	0.000
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.664	0.728	-0.519	-1.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	-0.021	-0.051	-0.009	0.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	-0.004	0.325	-0.026	-0.026
Информационное отношение υ (Методич)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	#ЧИСЛО!	0.166	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	-1.000	-1.000	-1.000	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	-1.000	0.966	-1.000	-1.000
Коэффициент сходства А (Методич)	-0.010	-0.026	-0.015	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	-0.004	0.325	-0.026	-0.026
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000

Новая Ладога Август				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	91	92	96	94
Общая оправдываемость (Инерц.) %	100	98	91	90
Общая оправдываемость (случ.) %	91	92	95	94
Критерий χ^2 Методич	#ДЕЛ/0!	0.149	9.830	0.060
Критерий χ^2 Инерц	#ДЕЛ/0!	14.216	43.674	197.021
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.000	-0.015	0.142	-0.008
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	1.000	0.786	-0.716	-0.612
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	#ДЕЛ/0!	-0.069	0.087	-0.004
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	#ДЕЛ/0!	-0.008	-0.047	0.091
Информационное отношение υ (Методич)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0.040	#ЧИСЛО!
Информационное отношение υ (Инерц)	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0.014
Коэффициент связи Юла I (Методич)	#ДЕЛ/0!	-1.000	0.918	-1.000
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	#ДЕЛ/0!	-1.000	-1.000	0.509
Коэффициент сходства А (Методич)	#ДЕЛ/0!	-0.025	0.199	-0.016
Коэффициент сходства А (Инерц)	#ДЕЛ/0!	-0.008	-0.047	0.091
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000

Шлиссельбург Август				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	98	94	98	97
Общая оправдываемость (Инерц.) %	100	97	98	94
Общая оправдываемость (случ.) %	98	94	98	97
Критерий χ^2 Методич	#ДЕЛ/0!	0.190	0.012	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	#ДЕЛ/0!	4.687	4.127	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.000	-0.024	-0.006	0.000
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	1.000	0.454	-0.509	-1.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	#ДЕЛ/0!	-0.045	-0.004	0.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	#ДЕЛ/0!	-0.016	-0.012	-0.029
Информационное отношение υ (Методич)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	#ДЕЛ/0!	-1.000	-1.000	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	#ДЕЛ/0!	-1.000	-1.000	-1.000
Коэффициент сходства А (Методич)	#ДЕЛ/0!	-0.028	-0.007	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	#ДЕЛ/0!	-0.016	-0.012	-0.029
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	#ДЕЛ/0!	0.000	0.000	0.000

Сосново Декабрь				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	71	95	99	100
Общая оправдываемость (Инерц.) %	77	97	99	100
Общая оправдываемость (случ.) %	62	95	99	100
Критерий χ^2 Методич	14.401	0.133	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	79.303	5.126	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.237	-0.020	0.000	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.403	0.529	0.000	#ДЕЛ/0!
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	0.215	-0.042	0.000	#ДЕЛ/0!
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Инерц.)	0.459	-0.013	0.496	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Методич)	0.046	#ЧИСЛО!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.166	#ЧИСЛО!	0.321	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	0.548	-1.000	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.790	-1.000	0.992	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Методич)	0.245	-0.024	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.459	-0.013	0.496	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.239	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.028	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.239	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.017	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.239	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!

Волосово Декабрь				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	71	95	100	100
Общая оправдываемость (Инерц.) %	82	98	100	99
Общая оправдываемость (случ.) %	62	95	100	100
Критерий χ^2 Методич	17.899	9.512	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	177.674	7.721	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.247	0.142	#ДЕЛ/0!	0.000
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.520	0.688	#ДЕЛ/0!	-1.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	0.215	0.458	#ДЕЛ/0!	0.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	0.582	-0.008	#ДЕЛ/0!	-0.004
Информационное отношение υ (Методич)	0.055	0.154	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.268	#ЧИСЛО!	#ДЕЛ/0!	#ЧИСЛО!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	0.627	0.916	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.884	-1.000	#ДЕЛ/0!	-1.000
Коэффициент сходства А (Методич)	0.273	0.199	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.582	-0.008	#ДЕЛ/0!	-0.004
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.436	0.000	#ДЕЛ/0!	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.115	0.000	#ДЕЛ/0!	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.436	0.000	#ДЕЛ/0!	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.077	0.000	#ДЕЛ/0!	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.436	0.000	#ДЕЛ/0!	0.000

Новая Ладога Декабрь				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	78	93	82	97
Общая оправдываемость (Инерц.) %	87	95	85	93
Общая оправдываемость (случ.) %	76	91	82	97
Критерий χ^2 Методич	1.868	14.607	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Критерий χ^2 Инерц	29.843	17.658	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.086	0.240	0.000	0.000
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.448	0.430	0.163	-1.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	0.098	0.291	0.000	0.000
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	0.374	0.308	0.492	-0.034
Информационное отношение υ (Методич)	0.009	0.096	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.136	0.127	0.210	#ЧИСЛО!
Коэффициент связи Юла I (Методич)	0.310	0.837	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.821	0.901	0.868	-1.000
Коэффициент сходства А (Методич)	0.087	0.244	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.374	0.308	0.492	-0.034
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.000	0.000	0.163	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.000	0.000	0.163	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.163	0.000

Шлиссельбург Декабрь				
Критерий	Осадки слабые	осадки умеренные	ливневые слабые	ливневые сильные
Общая оправдываемость (методич.) %	70	84	98	98
Общая оправдываемость (Инерц.) %	73	88	98	98
Общая оправдываемость (случ.) %	63	84	98	98
Критерий χ^2 Методич	9.478	0.049	0.012	0.012
Критерий χ^2 Инерц	51.209	3.315	81.047	81.047
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Методич	0.190	0.014	-0.006	-0.006
Критерий надежности по Багрову Н.А. (Н) Инерц	0.268	0.221	-0.006	-0.006
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А. (Методич.)	0.171	0.017	-0.004	-0.004
Критерий точности прогнозов по Обухову М.А (Инерц.)	0.340	0.052	0.325	0.325
Информационное отношение υ (Методич)	0.030	0.000	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Информационное отношение υ (Инерц)	0.092	0.005	0.167	0.167
Коэффициент связи Юла I (Методич)	0.467	0.086	-1.000	-1.000
Коэффициент связи Юла I (Инерц)	0.657	0.309	0.967	0.967
Коэффициент сходства А (Методич)	0.197	0.014	-0.007	-0.007
Коэффициент сходства А (Инерц)	0.340	0.052	0.325	0.325
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(Ф|П) (Инерц)	0.057	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Методич).	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ(П|Ф) (Инерц)	0.057	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Методич). Общая связанность П и Ф	0.000	0.000	0.000	0.000
Меры Гутмана λ (Инерц). Общая связанность П и Ф	0.057	0.000	0.000	0.000