



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалаврская работа

На тему: «Оценка успешности прогнозов гроз по методу Лебедевой Н.В. для
станции Чита»

Исполнитель **Бальжанова Саяна Баторовна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **доктор физико-математических наук, доцент**
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 24 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОЗ.....	4
1.1. Гроза как опасное явление погоды. Основные условия ее образования и классификации	4
1.2. Географо- климатическая характеристика города Чита	10
2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОЗ	13
2.1. Метод частицы.....	13
2.2. Метод Н. В. Лебедевой	14
2.3. Метод Бейли.....	17
2.4. Метод Вайтинга	18
2.5. Метод Г. Д. Решетова.....	27
3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДАННЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА.....	29
3.2. Построение матриц сопряженности альтернативных прогнозов	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62

ВВЕДЕНИЕ

Грозовая деятельность является одним из наиболее ярких проявлений атмосферных явлений. Она может сопровождаться сильными ветрами, дождем, градом и даже торнадо. Поэтому важно иметь методы оценки успешности прогнозирования и мониторинга грозовой деятельности.

Один из таких методов, разработанный Лебедевой, позволяет оценить успешность прогнозирования гроз на конкретной метеостанции. Для примера рассмотрим оценку успешности грозовой деятельности на станции Чита.

Станция Чита, расположенная в Восточной Сибири, имеет сложный климат, характеризующийся частыми грозами. Для оценки успешности прогнозирования гроз на этой станции необходимо провести анализ метеоданных за определенный период времени.

Актуальность дипломной работы заключается в необходимости оценки эффективности мероприятий по борьбе с грозовой активностью на определенной станции с целью улучшения предупреждения и защиты от грозовых проявлений.

Цель работы: оценить успешность прогнозов гроз в Чите по Лебедевой Н. В.

Для реализации поставленной работы необходимо выполнить **следующие задачи:**

1. Сформировать архив данных по прогностическим и фактическим данным гроз для станции Чита за период 2018-2022 гг.
2. Построить матрицы сопряженности.
3. Рассчитать критерии успешности прогнозов.
4. Выявить факторы, влияющие на успешность грозовой деятельности и провести их анализ.

5. Сделать выводы о эффективности метода Лебедевой для оценки грозовой активности на станции Чита.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОЗ

1.1. Гроза как опасное явление погоды. Основные условия ее образования и классификации

Гроза — это атмосферное явление, при котором внутри облаков или между облаками и земной поверхностью возникают электрические разряды — молнии, сопровождаемые громом.

Существует несколько основных условий, при которых образуется гроза. Одним из них является наличие нестабильной атмосферы, в которой формируются различные участки с разными температурами и влажностью. Такие различия способствуют образованию тепло- и холодных фронтов, на стыке которых и возникают грозовые явления.

Вторым важным условием является наличие достаточного количества водяного пара в воздухе. Влажность воздуха способствует образованию облаков и усилению процессов конденсации, что создает благоприятные условия для развития грозовой бури.

Третьим фактором является наличие источника тепла, который способен нагреть воздух до определенной температуры и вызвать его подъем. Этим источником может быть солнце, горячая поверхность земли или другие природные факторы. И, четвертым условием образования грозы является наличие механизма движения воздушных масс, способного обеспечить рост и развитие облаков и формирование электрических зарядов. Этот механизм может быть вызван сдвигом фронтов, ветровыми потоками или другими естественными явлениями. Существует несколько основных типов гроз:

Одноячейковая гроза: Самый обычный тип гроз, редко проявляют интенсивную электрическую или градовую активность, обычно наблюдается

небольшой ливень. Одноячейковая гроза происходит из единственной зоны восходящего потока и охватывает площадь в 8 - 12 километров. Живет обычно не более получаса. Подтип такой грозы - пульсирующая гроза(pulse storm), отличается более мощным восходящим потоком, может длиться около часа и создавать опасные погодные явления вроде града, молний и шквального ветра, в зоне восходящего потока возможны небольшие смерчи.

Мультиячейковые грозы: Подтип - Грозовой кластер. Состоит из нескольких кучеводождевых облаков, конкурирующих за мощный восходящий поток в центре кластера. Соответственно основное отличие от одноячейковой грозы - наличие большого кол-во восходящих потоков. Такие грозы могут быть весьма мощными. Град, молнии, мощные ливни - это все может быть вызвано подобной грозой.

Подтип - Многаячейковая линия (Линейная гроза): По сути тот же кластер, но грозовые ячейки образуют не скопление, а ровную линию, движущуюся вперед с высокой скоростью. Обычно характеризуются мощным шквалом на ведущей кромке грозы.

Суперячейки (Сверхячейки, Сверхъячейковые грозы): Наиболее опасный тип гроз. Такие грозы могут доминировать на площади 35 -50 километров, это одна ячейка с одним вращающимся восходящим потоком (вращение - основное отличие), или даже кластероподобная структура (но отдельные ячейки не конкурируют за восходящий поток, а втягиваются, подпитывая его). Град более 4 сантиметров, сильнейшие ливни, грозы и настоящие смерчи связанные с мезоциклоном этого облака порождаются такими грозами(мезоциклонические смерчи гораздо мощнее лэндспаутов, их категория может превышать F3 по шкале силы торнадо), Суперячейки часто подразделяют на три типа классификации: классические (с нормальным уровнем осадков), с низким уровнем осадков (LP) и с высоким уровнем осадков (HP).

Суперячейки LP обычно встречаются в более засушливых климатических зонах, таких как высокогорные равнины Соединенных Штатов, а суперячейки HP чаще

всего встречаются во влажном климате. Суперячейки могут встречаться в любой точке мира при правильных погодных условиях, но чаще всего они встречаются на Великих равнинах Соединенных Штатов в районе, известном как Аллея Торнадо. Большое количество суперячеек наблюдается во многих частях Европы, а также в Коридоре Торнадо (es) в Аргентине, Уругвае и южной Бразилии.

Грозы являются одним из самых опасных явлений природы. Они могут привести к разрушительным последствиям, таким как пожары, наводнения, разрушение зданий и травмы людей. Поэтому важно принимать меры предосторожности и следить за прогнозами погоды в случае нахождения в районе, подверженном грозовым бурям.

Кучевообразные, или конвективные, облака имеют вид изолированных облачных масс. Эти облака сильно развиты по вертикали и, как правило, небольшую горизонтальную протяженность. Основными процессами, приводящими к образованию кучевообразных облаков, являются термическая конвекция и турбулентный обмен.

Конвекция возникает в результате перегрева отдельных масс воздуха при неустойчивой в нижних слоях стратификации. Благоприятные условия для возникновения конвективных движений создаются над поверхностью суши в теплую половину года – днем. Под влиянием притока прямой солнечной радиации вблизи земной поверхности возникает неустойчивая стратификация. Отдельные перегретые массы воздуха при таких условиях начинают ускоренно перемещаться по вертикали вверх. Пока они не достигли состояния насыщения, то есть при относительной влажности воздуха f менее 100%, движение таких масс воздуха происходит по сухой адиабате. На уровне конденсации $z_{\text{конд}}$, то есть при достижении относительной влажности 100%, воздух достигает состояния насыщения.

При наличии активных и достаточно крупных ядер конденсации состояние насыщения достигается несколько ниже уровня конденсации $z_{\text{конд}}$. После прохождения уровня конденсации $z_{\text{конд}}$, продолжая свое движение вверх по

вертикали, отдельные массы воздуха начинают двигаться уже по влажной адиабате. Благодаря понижению температуры воздуха с высотой происходит конденсация водяного пара и, как следствие, образование облачности.

Выделяют три стадии развития грозовых облаков (Рисунок 1.1.1)

1 стадия - начальное развитие, представленное кучевыми и мощно – кучевыми облаками;

2 стадия – максимального развития, представлена кучево–дождевыми облаками с вертикальным развитием 9 – 12 километров и выше, из которых выпадают осадки в виде града и ливней;

3 стадия – разрушения, размывание кучево–дождевых облаков начинается снизу, преобладают нисходящие потоки.

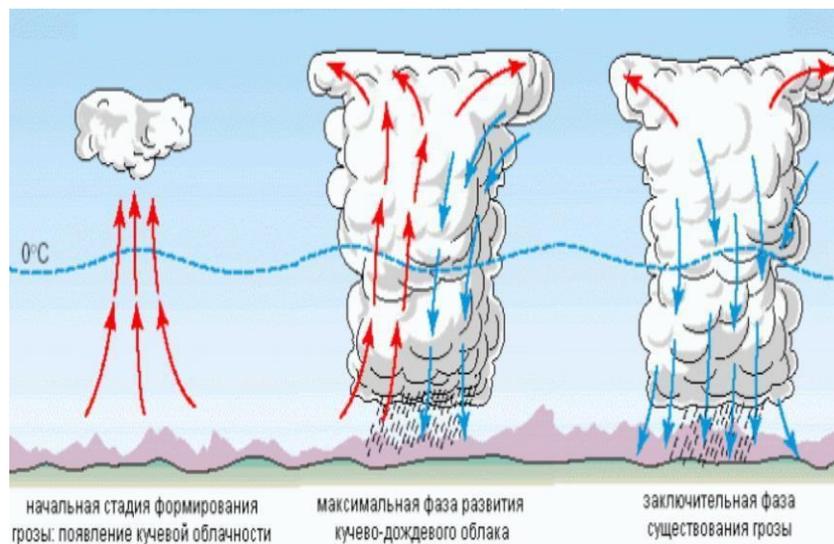


Рисунок 1.1.1 - Стадии развития грозового облака

Длительность каждой стадии сильно варьируется в зависимости от каждого конкретного случая. Но в среднем начальная стадия продолжается около 10-15 минут, стадия зрелости длится около 15-30 минут. Длительность последней стадии распада также составляет около 30 минут.

Грозы подразделяются на внутримассовые и фронтальные.

Внутримассовые грозы – кратковременные, возникают в основном 15-19 часов, имеют очаговый характер. Перемещаются со скоростью 5 – 25 км/час в направлении ведущего потока на высотах 3 – 5 км.

Внутримассовые грозы, в свою очередь, подразделяют на *конвективные, адвективные и орографические*.

Конвективные грозы возникают при сильном прогреве земной поверхности и влажной воздушной массы в нижнем слое атмосферы. Выше располагается относительно холодная воздушная масса. Возникновение конвективных гроз чаще всего отмечается летом в послеполуденные часы в размытом барическом поле, на периферии заполняющихся циклонов и в седловинах.

Адвективные грозы является следствием быстрого перемещения относительно холодной и влажной воздушной массы над теплой подстилающей поверхностью в летние месяцы. Например, в передней части барического гребня в холодной воздушной массе за холодным фронтом. Адвективные грозы наблюдаются и над побережьем в дневное время, и над прибрежными водами морей ночью. [3].

Образованием *орографических гроз* является вынужденный подъем неустойчивой воздушной массы вдоль наветренных склонов горных препятствий [3].

Типичными синоптическими процессами для формирования гроз являются: тыловая часть циклона, седловина, восточная периферия антициклона, размытые барические системы, заполняющиеся циклоны. Предвестниками гроз являются башенкообразные и хлопьевидные высоко – кучевые облака, большая величина абсолютной влажности 12-15 г/м³ и более высокая температура 20 – 25°C в утренние часы [2].

Фронтальные грозы, в отличие от внутримассовых, обычно связаны с атмосферными фронтами. Примером фронтальной грозы является прохождение холодного фронта или фронта окклюзии по типу холодного фронта летом. Хотя фронтальные грозы могут наблюдаться и в любые другие сезоны, но все же большинство подобных гроз формируется именно в теплый сезон. Несмотря на то, что суточного хода фронтальные грозы не имеют, они возникают

преимущественно во второй половине дня и в это же время имеют максимальную интенсивность. А с закатом их интенсивность, наоборот, быстро снижается [3].

Фронтальные грозы могут формироваться не только на холодных фронтах в дневные часы, но и на теплых фронтах в ночные часы. Это объясняется развитием интенсивных вертикальных движений в слоистодождевых облаках за счет ночного понижения температуры верхней части облачности. При этом в облаке увеличивается вертикальный градиент температуры и, как следствие, образуется неустойчивая стратификация. Этот градиент может стать выше влажно – адиабатического, и тогда в атмосфере могут создаться условия для развития ночной конвекции, формирования кучево-дождевой облачности и соответственно гроз [3].

В прогнозы погоды общего назначения включается информация о следующих явлениях погоды: гроза, град, шквал, Читан (мгла), гололед, изморозь, налипание (отложение) мокрого снега на проводах и деревьях, метель (в том числе низовая), пыльная (песчаная) буря, гололедица, снежные заносы, заморозки в воздухе и/или на поверхности почвы, сильная жара, сильный мороз, аномально жаркая (холодная) погода.

Сообщение об окончании грозы подается через 15 мин после последнего удара грома [4].

В штормовых предупреждениях об ОЯ и КМЯ термины «местами», «в отдельных районах» применяются при прогнозе конвективных явлений: сильных (очень сильных) осадков, грозы, шквала, града, смерча, а также сильного Читана и заморозков в воздухе и на поверхности почвы [5].

В сообщении SIGMET включаются грозы если они скрытые (OBSC), между слоями облаков (EMBD), частые (FRQ) или по линии шквала (SQL) с градом или без него; не включаются сведения о турбулентности и обледенении [6].

В информации AIRMET, касающейся гроз или кучево-дождевых облаков включается: ISOL (отдельные), OCNL (редкие), FRQ (частые). В сообщениях,

касающихся гроз и кучево-дождевых облаков, не должны упоминаться связанные с ними турбулентность или обледенение [6].

В прогнозе ТАФ включается одно или несколько, но не более трех из следующих ожидаемых на аэродроме явлений погоды, а также их характеристики и, при необходимости, интенсивность: – замерзающие осадки; – Читан, замерзающий Читан; – слабые, умеренные или сильные осадки (в том числе ливневого типа); – пыльный, песчаный или снежный поземок; – пыльная, песчаная или снежная низовая метель; – пыльная буря; – песчаная буря; – гроза (с осадками или без осадков); – шквал; – воронкообразное облако (торнадо или водяной смерч) [7].

1.2. Географо- климатическая характеристика города Чита

Чита — административный центр Забайкальского края, находится на расстоянии более 6000 километров от Москвы, что приводит к разнице во времени в 6 часов. Город расположен на месте слияния рек Ингоды и Читы (местные жители называют ее Читинка) и окружен лесистыми холмами. Площадь этого населенного пункта составляет примерно 530 квадратных километров. На западе Читы ограничивают склоны хребта Яблоновый, а на востоке – хребта Черского. В черте города находится небольшая гора Титовская сопка, также известная как Титовка или Горка. Эта вулканическая формация, согласно мнению ученых, начала формироваться еще в верхнем палеозое. В пределах города располагается озеро Кенон, а в окрестностях Читы вдоль северо-западных склонов Яблоного хребта протянулась знаменитая цепочка Ивано-Арахлейских озер, соединенных между собой протоками и являющихся излюбленным местом отдыха горожан.

Климат в районе Читы характеризуется резко континентальным климатом с чертами муссонного климата. Осадки распределены неравномерно, причем летом выпадает около 93% от общего количества осадков. Зимний период в

столице Забайкалья очень холодный, с небольшим количеством снега, и продолжается почти на три месяца дольше календарной зимы. Средняя температура воздуха опускается ниже нуля в среднем 16 октября, а последний день зимы приходится на 9 апреля, что означает, что зима длится 177 дней. Зимой наблюдаются температурные инверсии и смог. Средняя температура воздуха в январе составляет $-25,2$ °С, с минимальным показателем в $-49,6$ °С (январь 1892 года). Лето в этом районе теплое, более влажное во второй половине, но короткое — на 15 дней короче, чем календарное лето. Средняя продолжительность климатического лета (с температурой выше 15 градусов в течение суток) в Чите составляет 77 дней. Начало лета в среднем приходится на 7 июня, а последний день лета — на 22 августа. Средняя температура воздуха в июле составляет $18,7$ °С, с максимальным показателем в $43,2$ °С (июнь 1898 года) и $40,6$ °С (август 1936 года). Переходные сезоны (весна и осень) в этом районе короткие и характеризуются нестабильной погодой, включая возвраты холода весной и заморозки осенью. Средняя суточная температура воздуха весной поднимается выше 5 °С в среднем 27 апреля и достигает 10 °С к 18 мая. Осенью средняя температура опускается ниже 10 °С 11 сентября и ниже 5 °С 30 сентября. Годовое количество осадков в среднем составляет 349 мм, из которых примерно 80% выпадает в теплый период года. Летом дневная температура воздуха в Чите в основном довольно высокая, и за последние годы был только один июнь без дней, когда температура поднималась выше 30 °С, а июль не обходился без таких дней, однако после захода солнца воздух быстро остывает, что делает ночи весьма прохладными. Преобладающие ветры дуют с запада и северо-запада. Зимой иногда бывают редкие оттепели. Прогнозирование гроз в городе Чита – это важная задача для обеспечения безопасности населения и имущества.

Для мониторинга атмосферы и выявления потенциальных грозных областей в Чите также используют Метеорологические Радиолокаторы на метеостанции. Радары помогают отслеживать движение облаков и обнаруживать признаки грозной активности, такие как электрические разряды и усиление

ветра. С Метеостанций поступают данные о погоде в реальном времени, что также помогает определить потенциальные опасности.

Кроме того, прогнозирование гроз включает анализ предыдущих погодных данных и статистики, чтобы определить типичные условия, при которых грозы чаще возникают в данном регионе. Специалисты также могут сотрудничать с другими метеорологическими службами для обмена информацией и получения дополнительных прогностических данных.

В целом, прогнозирование гроз в городе Чита является сложным и многоступенчатым процессом, который требует использования разнообразных методов и технологий. Благодаря систематическому мониторингу погодных условий и анализу данных специалисты метеослужб города могут предоставлять достоверные прогнозы и своевременно предупреждать население о возможных грозовых опасностях.

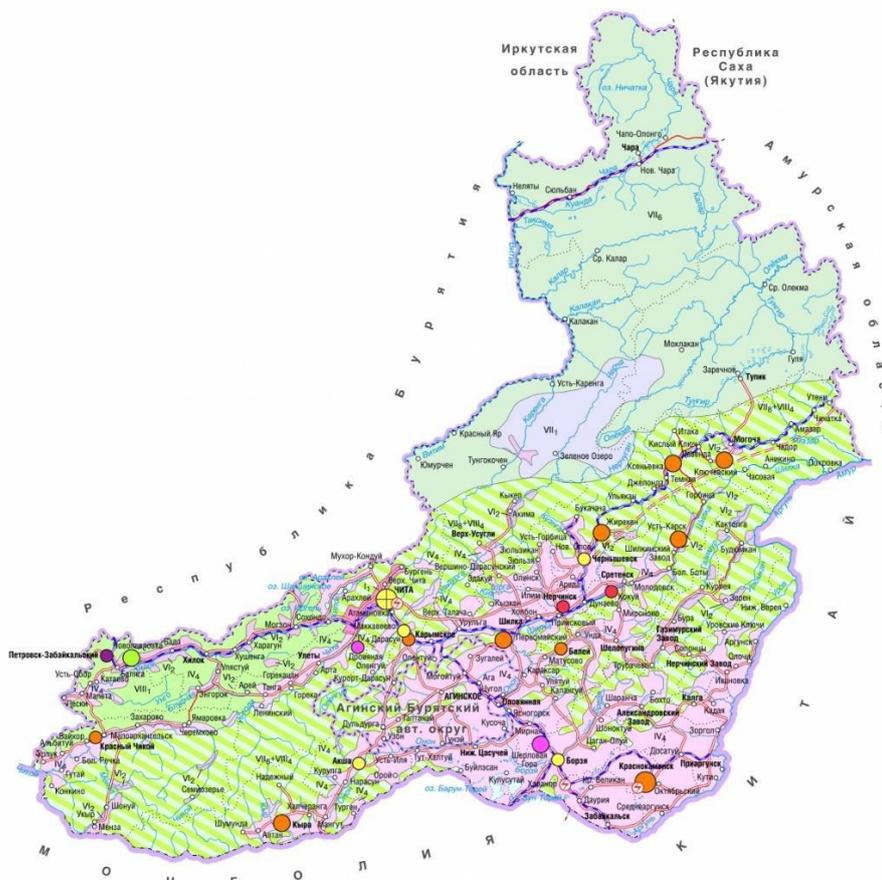


Рисунок 1.2.1 Карта Забайкальского края

2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОЗ

2.1. Метод частицы

Метод частицы — это один из основных методов прогнозирования гроз, который основан на анализе различных параметров атмосферы и их воздействия на образование грозовых явлений. Этот метод позволяет предсказать вероятность возникновения грозы в определенной местности в определенное время.

Принцип работы метода частицы состоит в следующем: сначала определяются основные факторы, которые могут способствовать образованию грозы, такие как температура воздуха, влажность, атмосферное давление, скорость и направление ветра. Затем эти параметры анализируются и используются для создания модели, которая определяет вероятность образования грозы.

В процессе прогнозирования гроз метод частицы учитывает такие факторы, как распределение тепла и влаги в атмосфере, динамику воздушных масс и другие параметры, которые могут влиять на образование грозы. Это позволяет более точно предсказывать места и время возникновения грозовых явлений.

Преимущества метода частицы включают высокую точность прогноза, возможность учета различных параметров атмосферы и их взаимодействия, а также возможность предпринять меры по предотвращению возможных негативных последствий грозы.

Таким образом, метод частицы является эффективным инструментом для прогнозирования гроз и помогает улучшить предсказания погоды, что позволяет защитить людей и имущество от возможных негативных последствий грозовых явлений.

2.2. Метод Н. В. Лебедевой

Метод прогнозирования гроз Н. В. Лебедевой — это один из наиболее эффективных и надежных способов предсказания грозовых явлений, разработанный выдающимся российским метеорологом Ниной Васильевной Лебедевой. Благодаря ее многолетнему опыту и профессионализму, этот метод стал широко признанным как одно из наиболее точных средств предсказания погоды, особенно в отношении гроз.

Исходя из безусловного авторитета и экспертности Н. В. Лебедевой в сфере метеорологии, ее методика прогнозирования гроз стала одним из основных инструментов для специалистов в области метеорологии и гидрометеорологии. Ее метод основан на комплексном анализе разнообразных метеорологических данных, таких как атмосферное давление, температура воздуха, влажность, ветровые условия, направление движения атмосферных фронтов и облачность.

Основными принципами метода Н. В. Лебедевой являются учет всех возможных факторов, которые могут влиять на возникновение грозовых явлений, а также их прогнозирование с определенной степенью вероятности. Важными аспектами в методике Лебедевой являются не только анализ и интерпретация метеорологических данных, но и опытное знание специалиста, позволяющее делать прогнозы с высокой точностью.

Этот метод прогнозирования гроз имеет ряд преимуществ, среди которых можно выделить высокую степень точности и достоверности прогнозов, адекватную оценку рисков и возможность оперативно реагировать на возможные угрозы погодных явлений. Благодаря методу Н. В. Лебедевой, специалисты могут предсказывать возможные грозовые бури, а также предупреждать население о необходимости принятия мер по обеспечению безопасности.

Для прогноза гроз, ливневых осадков и других явлений, связанных с развитием мощной кучевой и кучево-дождевой облачности, Н.В.Лебедева предложила по данным утреннего зондирования атмосферы рассчитывать параметры конвекции, по которым и определяется возможность возникновения тех или иных конвективных явлений. К таким параметрам относятся [3]:

- Суммарный дефицит точки росы (ΣD , °C) на изобарических уровнях АТ850, АТ700, АТ500;
- Дефицит температуры точки росы у земли или на верхней границе приземной инверсии на момент максимального развития конвекции (D_0 , °C);
- Толщина конвективно – неустойчивого слоя (КНС) ($\Delta H_{\text{КНС}}$, гПа);
- Уровень конденсации ($H_{\text{конд.}}$, км);
- Уровень конвекции ($H_{\text{конв.}}$, км);
- Температура воздуха на уровне конвекции ($T_{\text{конв.}}$, °C);
- Средняя величина отклонения температуры на кривые состояния (T_2) от температуры на кривой стратификации (T). Это отклонение обозначается ΔT и определяется по формуле (2.2.1):

$$\Delta T = \sum_{i=1}^n \frac{(T_2 - T)}{T_i} \quad (2.2.1)$$

где: T_2 и T - температуры на кривой состояния и кривой стратификации, соответственно на уровнях, кратных 100 гПа, n - число целых слоев толщиной по 100 гПа, начиная от уровня конденсации и заканчивая уровнем конвекции – Средняя вертикальная мощность конвективных облаков ($\Delta H_{\text{к.о.}}$, км).

По результатам расчета указанных выше параметров конвекции, Н.В. Лебедева предлагает оценивать возможность возникновения конвективных явлений и их интенсивности по следующей таблице 2.2.1:

2.2.1. - Параметры конвекции и соответствующие им конвективные явления (по Н.В. Лебедевой).

ΣD	D_0	$\Delta H_{кнс}$	$H_{конд}$	$H_{конв}$	$T_{конв}$	ΔT	$\Delta H_{к.о}$	Конвективные явл-я
>25	>20	-	-	-	-	-	-	Не ожидается
≤ 25	≤ 16	>10	~ 1,5	>6	≤ 23	>4	~4,5	Слаб. ливн. дождь
≤ 20	≤ 14	>20	~ 1,5	>5	23.-1	0>=3	>3,5	Лив. дождь без гр.
≤ 20	≤ 14	>30	~ 1,5	>8	≤ 23	>=3	>6,5	Лив. дождь, мест. гр.
≤ 16	~ 10	>60-100	1,5-1,0	>8	≤ 23	>=3	>7,5	Сил. лив. дождь с гр.
~ 16	~ 10	-	1,5-1,0	>8	≤ 23	>=3	>7,5	Град

Таким образом, метод Н. В. Лебедевой представляет собой комплексный и эффективный подход к прогнозированию грозových явлений, который благодаря своей точности и надежности помогает сократить риски негативных последствий погодных стихий для населения и снизить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций. Нине Васильевне Лебедевой принадлежит заслуга в развитии метеорологии и совершенствовании прогнозирования погоды, в том числе и в области прогнозирования гроз.

2.3. Метод Бейли

Метод Бейли для прогноза гроз используется обычно в сочетании с другими методами. Бейли (США) установлены признаки отсутствия грозы. Если в каком-либо районе по данным утреннего зондирования выполняется хотя бы один из перечисленных ниже пяти признаков, то в этом районе гроза не ожидается [3]:

- На любом уровне в слое между изобарическими поверхностями АТ850 и АТ700 гПа дефицит температуры точки росы $D > = 13^{\circ}\text{C}$;
- Сумма дефицитов температуры точки росы ΣD на уровнях АТ700 и АТ600 гПа $> = 28^{\circ}\text{C}$;
- Заметная на картах барической топографии адвекция сухого воздуха на уровнях АТ850 и АТ700 гПа;
- Вертикальный градиент температуры в слое АТ850 - АТ500 гПа $\leq 0,5^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$;
- Уровень замерзания ($T = -12^{\circ}\text{C}$) располагается ниже высоты 3600 м, то в этом случае из развивающихся облаков могут выпадать только слабые ливневые осадки.

Если же ни одного условия не выполняется, то в прогнозе следует указывать грозу согласно графику:

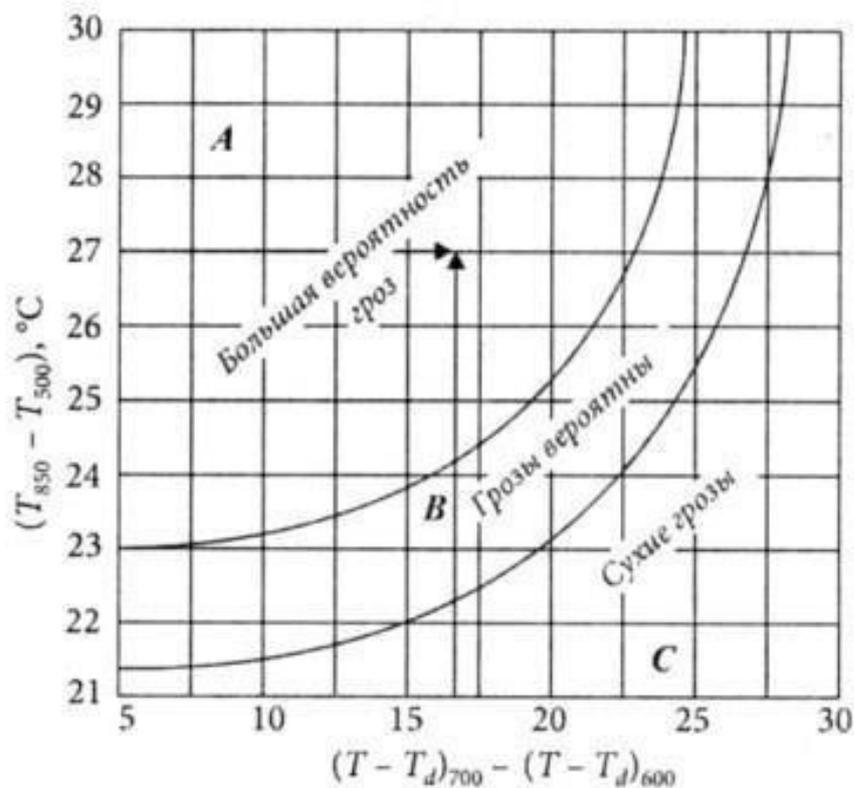


Рисунок 2.3.1 - График для прогноза гроз по методу Бейли

На этом графике по горизонтальной оси откладывается сумма дефицитов точки росы на уровнях АТ700 и АТ600 гПа. По вертикальной оси – разность температур на уровнях АТ850 и АТ500 гПа.

2.4. Метод Вайтинга

Метод Вайтинга — это эффективный способ повышения продуктивности и организации рабочего времени. Этот метод разработал американский психолог и менеджер Фрэнсис Тайлор в начале 20 века и с тех пор стал популярным инструментом для тех, кто хочет достичь больших результатов.

Основная идея метода Вайтинга заключается в том, чтобы разбить свою работу на небольшие задачи и сосредоточиться на выполнении каждой из них по очереди. Это позволяет улучшить концентрацию, избежать отвлечений и довести задание до конца быстрее и эффективнее.

Как работает метод Вайтинга? Сначала нужно составить список всех задач, которые нужно выполнить в течение дня. Затем выбрать одну самую важную задачу и сконцентрироваться на ее выполнении, игнорируя все остальные. Как только задача выполнена, переходите к следующей задаче из списка.

Основные принципы метода Вайтинга:

1. Разбивайте задачи на подзадачи. Это поможет сделать задание более управляемым и улучшит вашу продуктивность.

2. Сосредоточьтесь на одной задаче. Избегайте отвлечений и сосредотачивайтесь только на том, что нужно сделать прямо сейчас.

3. Постепенно увеличивайте время работы над задачей. Начните с небольших отрезков времени и постепенно увеличивайте их, чтобы избежать усталости.

4. Планируйте свое время. Установите конкретные сроки для выполнения задач и придерживайтесь их.

Метод Вайтинга может быть очень полезным инструментом для организации и управления своим временем. Попробуйте использовать его в своей повседневной жизни, и вы увидите, как ваша продуктивность и эффективность улучшатся.

Индексы неустойчивости – физико-статистические параметры, описывающие вероятность и мощность развития конвективных процессов в неустойчиво стратифицированной атмосфере. Они используются в качестве предикторов для прогноза различных явлений погоды, связанных с конвекцией. По результатам радиозондирования на основе данных о скорости и направлении и сдвиге ветра, параметрах влажности и температуры воздуха на определенных высотах производятся расчёты характеристик, по которым оценивается вероятность возникновения того или иного конвективного явления. Большинство индексов разработано для прогноза наличия или отсутствия грозы как комплекса метеорологических явлений, связанных с развитием кучево-дождевых облаков.

К настоящему времени разработано множество индексов конвективной неустойчивости. Все они работают напрямую или косвенно и дают различные результаты. Здесь мы рассмотрим основные индексы:

1) K_i (число Вайтинга) — индекс неустойчивости.

Расчет K_i основан на вертикальном градиенте температуры, влажности воздуха в нижней тропосфере с учётом вертикальной протяжённости влажного слоя воздуха. Данный индекс целесообразнее использовать для внутримассовых гроз [8]. Индекс K_i рассчитывается по следующей формуле:

$$K_i = T_{850} - T_{500} + T_{d850} - \Delta T_{d700} \quad (2.4.1)$$

Где,

K_i — индекс неустойчивости (число Вайтинга);

T_{850} — температура воздуха на изобарической поверхности 850 гПа;

T_{500} — температура воздуха на изобарической поверхности 500 гПа; T_{d850} — температура точки росы на изобарической поверхности 850 гПа;

ΔT_{d700} — дефицит точки росы ($T - T_d$) на изобарической поверхности 700 гПа.

Ниже, в таблице 2.3.1 приводится количественная оценка коэффициента Вайтинга на возможность развития конвективных явлений, с указанием площади, на которой они ожидаются.

Таблица 2.4.1 – Количественная оценка гроз по K_i

K_i	Количественная оценка	Площадь покрытия территории
< 20	Без гроз	—
$20 \leq K_i \leq 25$	Отдельные изолированные грозы	Не более 10% площади территории
$25 < K_i \leq 30$	Несколько гроз	Не более 10-20% площади территории
$30 < K_i \leq 35$	Рассеянные грозы	20-50% площади территории
$35 < K_i \leq 40$	Многочисленные грозы	50-70% площади территории
$K_i > 40$	Грозы повсеместно	Грозовые очаги занимают $>70\%$ территории

2) Vertical Totals index (VT).

Основан исключительно на температурном градиенте между двумя основными изобарическими поверхностями – 850 гПа и 500 гПа.

Рассчитывается по формуле:

$$VT = T_{850} - T_{500} \quad (2.4.2)$$

Если $VT > 28$, следовательно, тропосфера обладает высоким потенциалом конвективной неустойчивости, достаточным для образования гроз [8].

3) Cross Totals index (CT).

Основан на соотношении температуры точки росы на изобарической поверхности 850 гПа и температуры воздуха на изобарической поверхности 500 гПа. Рассчитывается по формуле [8]:

$$CT = Td_{850} - T_{500} \quad (2.4.3)$$

Ниже приводится таблица с количественной оценкой грозовой деятельности по рассматриваемому индексу.

Таблица 2.4.2 – Оценка развития грозовой деятельности по индексу Cross Totals (СТ)

СТ	Потенциал неустойчивости	Грозовая деятельность
СТ < 18	Низкий потенциал конвективной неустойчивости	Отсутствует
СТ 18 - 19	Умеренная неустойчивость	Слабая грозовая деятельность
СТ 20 - 21	Сильная неустойчивость	Умеренные грозы
СТ 22 - 23	Очень сильная неустойчивость	Возможны сильные грозы
СТ 24 – 25	Высокая энергия неустойчивости	Сильные грозы
СТ > 25	Очень высокая энергия неустойчивости	Очень сильные грозы

4) Total Totals index (ТТ).

Представляет собой комплексное сочетание ранее рассмотренных индексов VT и СТ – их суммарный результат. Используется для прогноза грозовых очагов по степени охватываемой ими территории. Рассчитывается по формуле [8]:

$$TT = VT + CT \quad (2.4.4)$$

Таблица 2.4.3 – Оценка интенсификации грозовой деятельности по индексу Total Totals (ТТ)

ТТ	Оценка грозовой деятельности
ТТ < 44	Невозможна
ТТ 44 - 45	Отдельная гроза или несколько гроз
ТТ 46 - 47	Рассеянные грозовые очаги
ТТ 48 - 49	Значительное количество гроз, отдельные - сильные
ТТ 50 - 51	Рассеянные сильные грозовые очаги, отдельные очаги со смерчем
ТТ 52 - 55	Значительное количество очагов сильных гроз, отдельные очаги со смерчем
ТТ > 55	Многочисленные сильные грозы с сильными смерчами

5) SWEAT – индекс неустойчивости, разработанный в ВВС США.

SWEAT – комплексный критерий для диагноза и прогноза опасных и стихийных явлений погоды, связанных с конвективной облачностью. Этот параметр включает в себя индекс неустойчивости воздушной массы, скорость и сдвиг ветра. Рассчитывается по формуле [8]:

$$SWEAT = 12 \cdot Td850 + 20 \cdot (TT - 49) + 3,888 \cdot F850 + 1,944 \cdot F500 + (125 \cdot (\sin(D500 - D850) + 0,2)) \quad (2.4.5)$$

Где,

Td850 – температура точки росы на уровне 850 гПа;

ТТ – Total Totals индекс;

F850 – скорость ветра на уровне 850 гПа;

F500 – скорость ветра на уровне 500 гПа;

D500 и D850 – направление ветра на уровнях 500 гПа и 850 гПа.

При этом, второй член уравнения следует установить в 0, если $TT \leq 49$, а последнее слагаемое в формуле будет равно 0, если не выполняется любое из следующих условий:

- D850 в диапазоне от 130 до 250 градусов;
- D500 в диапазоне от 210 до 310 градусов;
- Разность в направлении ветра (D500 – B850) положительна; - F850 и F500 скорости ветра ≤ 7 м/с [8]:

Ниже, в таблице 2.4.4 приводится количественная характеристика рассматриваемого индекса при прогнозировании конвективных явлений.

Таблица 2.4.4 – Оценка развития грозовой деятельности по индексу SWEAT

SWEAT	Условия для активной грозовой деятельности
SWEAT < 250	Нет условий
SWEAT 250-350	Есть условия для сильных гроз, града и шквалов
SWEAT 350-500	Есть условия для очень сильных гроз, крупного града, сильных шквалов, смерчей
SWEAT \geq 500	Условия для очень сильных гроз, крупного града, сильных шквалов, сильных смерчей

б) Li – Lifted index (индекс поднятия).

Данный индекс основан на методе частицы и работает на изменении температурной стратификации некоторого объёма воздуха, поднявшегося от поверхности земли (или с заданного уровня) до уровня 500 гПа, и рассчитывается с учётом вовлечения в него окружающего воздуха. То есть, Li характеризует термическую стратификацию атмосферы по отношению к вертикальным перемещениям воздуха. Если значения Li положительные, то атмосфера устойчива. Если же значения Li отрицательные, то атмосфера неустойчива [8].

Таблица 2.4.5 – Оценка интенсификации конвективных явлений по индексу

L_i

L_i	Потенциал термической неустойчивости	Конвективные явления
$L_i \geq 6$	Атмосфера очень устойчива	—
$1 \leq L_i \leq 5$	Атмосфера устойчива	Кучевая облачность хорошей погоды
$0 \geq L_i \geq -2$	Небольшая неустойчивость	Конвективная облачность с ливнями, при интенсивном дневном прогреве или в зоне атмосферного фронта – с грозами и градом
$-3 \geq L_i \geq -5$	Умеренная неустойчивость	Сильные грозы
$L_i \leq -6$	Высокая неустойчивость	Очень сильные грозы

7) Индекс CAPE – потенциальная энергия конвективной неустойчивости, которая напрямую связана вертикальной скоростью восходящих потоков. Более высокие значения энергии неустойчивости

указывают на более интенсивную конвекцию в облаке, то есть на более опасные явления погоды [8].

Таблица 2.4.6 – Интенсивность конвективных явлений по CAPE

CAPE	Потенциал неустойчивости	Конвективные явления
400-1000 Дж/кг	Небольшая неустойчивость	Сu, Сb, слабые ливневые осадки
1000-2500 Дж/кг	Умеренная неустойчивость	Сb с ливнями, грозы, местами град и шквалы
2500-3500 Дж/кг	Сильная неустойчивость	Грозы, местами сильные с крупным градом, распространённые шквалы, значительная вероятность смерчей
≥ 3500 Дж/кг	Очень сильная неустойчивость	Сильные и очень сильные грозы, крупный град, сильные шквалы, смерчи

8) CIN – Convective Inhibition (конвективное торможение).

CIN – количество энергии, необходимой частице воздуха для преодоления в нижней тропосфере задерживающего слоя.

Значение CIN больше 200 Дж/кг достаточно для предотвращения конвекции в атмосфере. Энергию CIN принято записывать отрицательными числами [8].

9) Showalter stability index

Индекс стабильности Шоуолтера (SSI) – популярный индекс суровой погоды. Он похож на индекс LI (индекс поднятия), но SSI использует участок, поднятый с 850 гПа до 500 гПа. При 500 ГПа температура посылки вычитается из температуры зондирования. Более отрицательные значения SSI указывают на

большую нестабильность [8]. Значения SSI были эмпирически связаны с конвективными событиями следующим образом и представлены в таблице 2.4.7.

Таблица 2.4.7 – Связь SSI с конвективными явлениями

SSI	Конвективные явления
От +3 до +1	Ливни, возможны отдельные грозы
От +1 до -2	Ливни с грозами
От -3 до -6	Сильные грозы
Ниже -6	Сильные грозы со смерчами

2.5. Метод Г. Д. Решетова

Прежде чем делать расчёты, Решетов предложил первым делом оценить характер ожидаемой синоптической ситуации. Дальнейшие расчеты будут являться целесообразными, если пункт прогноза находится в зоне быстродвижущегося холодного фронта (или по-другому холодного фронта второго рода), малоподвижного фронта с волнами, фронта окклюзии, в зоне неглубокой барической ложбины, в теплом секторе циклона или на периферии антициклона, в передней или центральной части ложбины или замкнутого очага холода на картах ОТ 500/1000 и ОТ 300/1000. Для развития ночных гроз благоприятно прохождение теплых фронтов и фронтов окклюзии [5].

Если одна из этих синоптических ситуаций имеет место быть, то для определения возможности возникновения гроз необходимо рассчитать три параметра:

- высота вершин кучево-дождевой облачности (H_v);
- температура воздуха на их вершине (T_v);
- толщина облачного слоя, в котором наблюдаются отрицательные температуры (ΔH).

Затем прогноз возникновения гроз осуществляется по графику, построенному по результатам дискриминантного анализа. По вертикали откладывается величина ΔH , а по горизонтали величина $T_{вр}$:

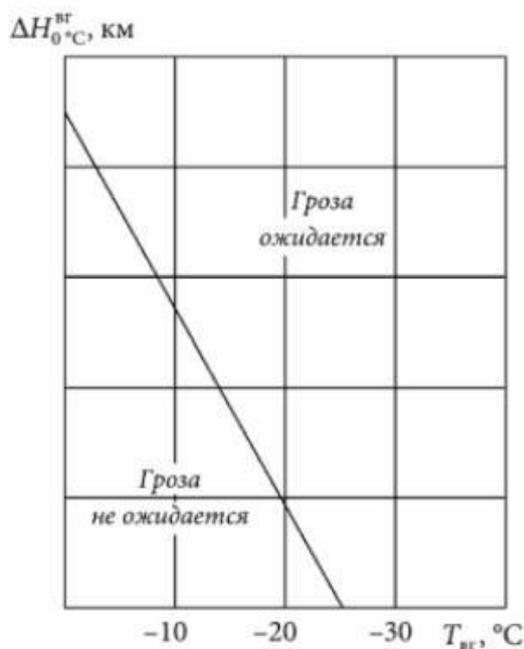


Рис. 2.5.1 - График для прогноза гроз по методу Г.Д. Решетова.

3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДАННЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА И ДИАГНОЗА ГРОЗ

3.1. Анализ данных

Для исследования были выбраны еще 4 станции, это связано с большим разнообразием погодных и климатических условий на территории Забайкальского края.

На севере – МС Бургень, на западе – МС Хилок, на юге – МС Дульдурга, на востоке – МС Нерчинский Завод, и в центральной части – ОГМС Чита.

Был создан и обработан архив данных за период 2018-2022 гг., представляющий собой: данные из метеорологических книжек КМ-1, синоптические карты в дни с грозой, телеграммы в формате WAREP о неблагоприятных и опасных метеорологических явлениях, а также для работы были использованы индексы конвективной неустойчивости, рассчитанные по данным аэрологического зондирования станции Чита.

Из архива были выбраны случаи с грозой на выбранных для исследования станциях с указанием даты, непрерывной продолжительности и сопутствующих явлений.

В Приложении приведены систематизированные исходные данные по станции Чита, остальные данные (ввиду большого объёма, доступны по ссылке <https://cloud.mail.ru/public/xPex/gr2S6x57z>)

Изучив данные за период 2018-2022 гг., был произведен анализ годового хода гроз на выбранных станциях.

В таблице 3.1.1 и на рисунке 3.1.1 приводятся данные о количестве и повторяемости гроз на МС Бургень. За весь рассматриваемый период (2018 – 2022 гг.) на выбранной станции наблюдались 155 случаев грозовой деятельности.

Таблица 3.1.1 – Годовой ход гроз на МС Бургень

Месяц	Количество гроз	Повторяемость, %
Май	6	1
Июнь	38	19
Июль	70	40
Август	34	11
Сентябрь	7	2

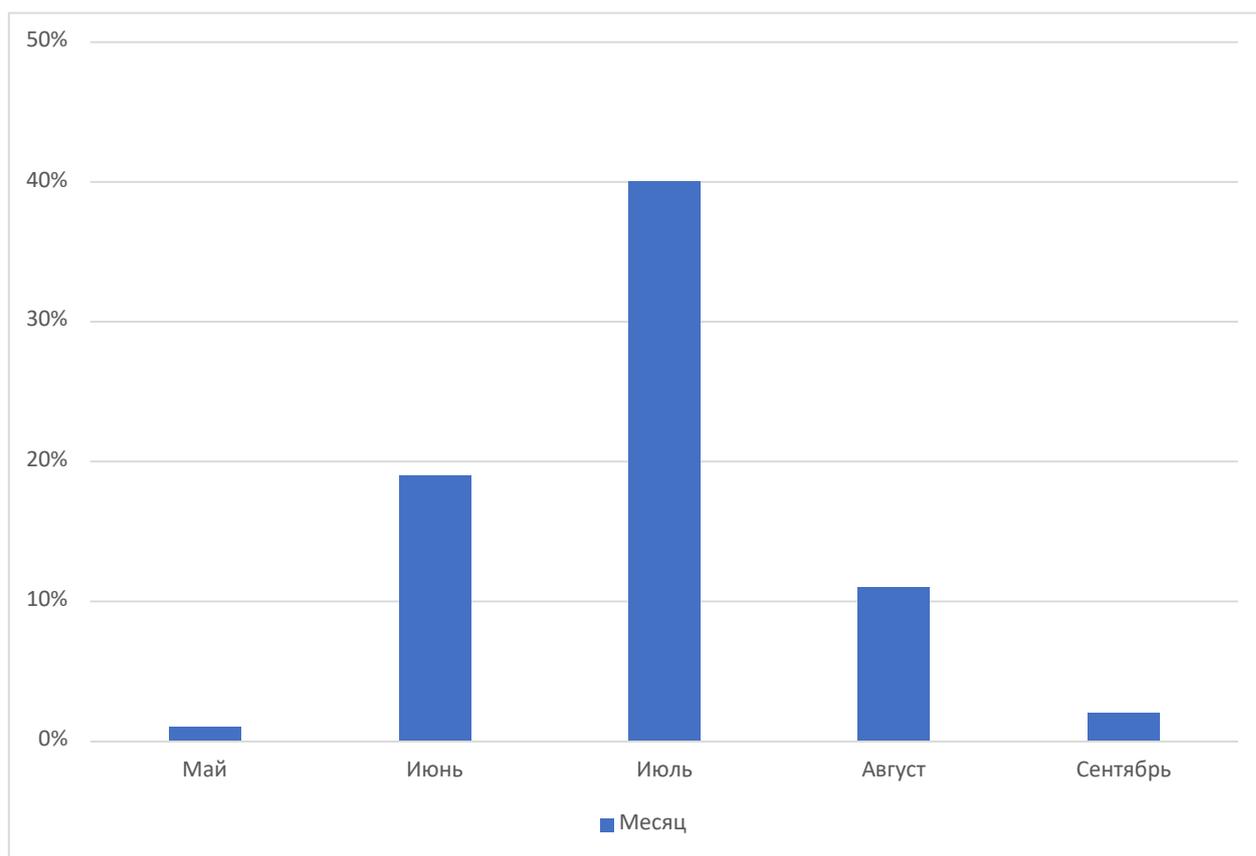


Рисунок 3.1.1 - Годовой ход повторяемости гроз на НП Бургень

В таблице 3.1.2 и на рисунке 3.1.2 приводятся данные о количестве и повторяемости гроз на МС Хилок. За весь рассматриваемый период (2018 – 2022 гг.) на выбранной станции наблюдался 150 случай грозовой деятельности.

Таблица 3.1.2 – Годовой ход гроз на МС Хилок

Месяц	Количество гроз	Повторяемость, %
Май	10	0
Июнь	45	25
Июль	57	31
Август	27	10
Сентябрь	11	1

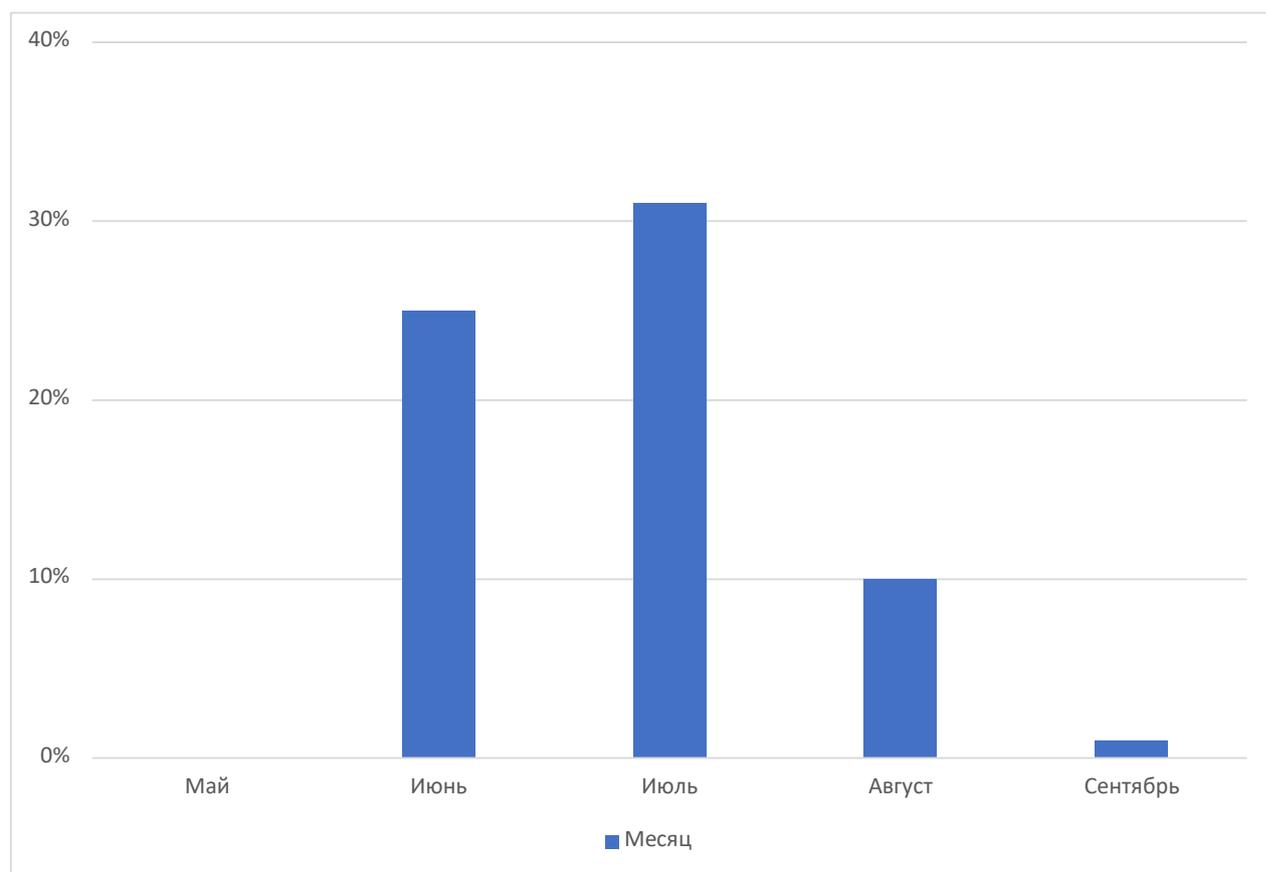


Рисунок 3.1.2 - Годовой ход повторяемости гроз на МС Хилок

В таблице 3.1.3 и на рисунке 3.1.3 приводятся данные о количестве и повторяемости гроз на МС Дульдурга, за весь рассматриваемый период (2018 – 2022 гг.) на выбранной станции наблюдался 96 случая грозовой деятельности.

Таблица 3.1.3 – Годовой ход гроз на МС Дульдурга

Месяц	Количество гроз	Повторяемость, %
Май	2	1
Июнь	29	13
Июль	44	20
Август	18	5
Сентябрь	3	-

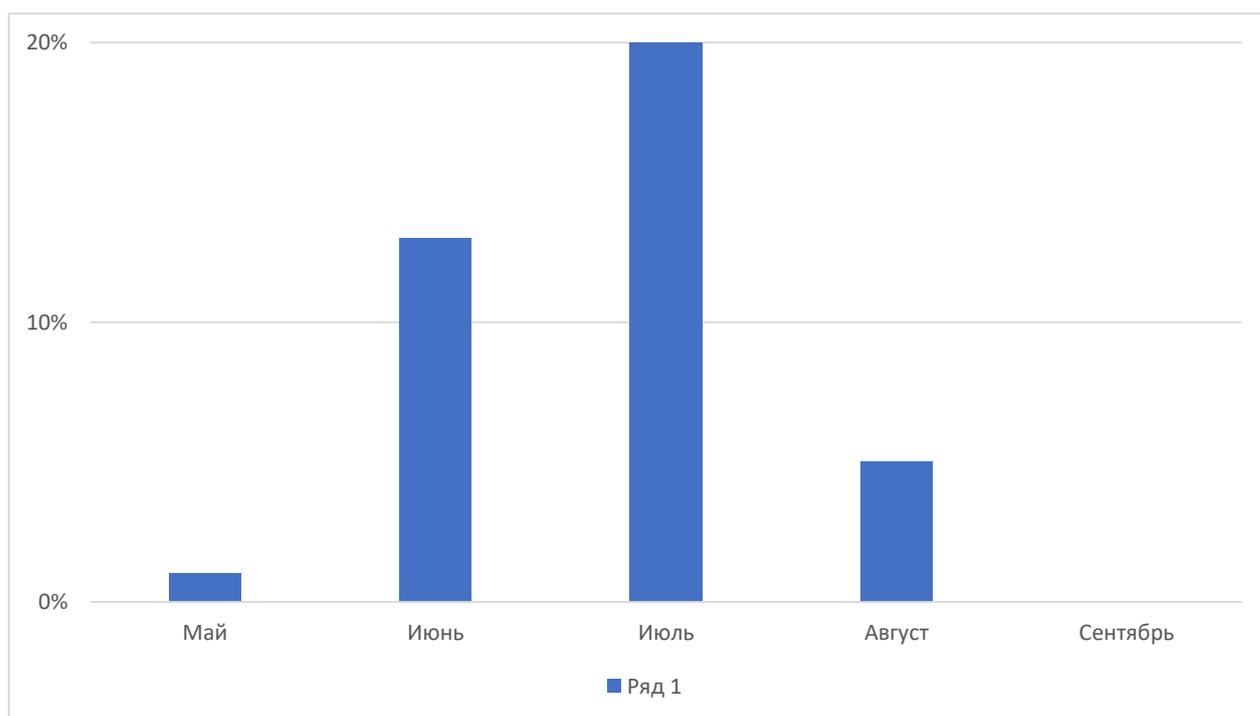


Рисунок 3.1.3 - Годовой ход повторяемости гроз на МС Дульдурга

В таблице 3.1.4 и на рисунке 3.1.4 приводятся данные о количестве и повторяемости гроз на МС Нерчинск, за весь рассматриваемый период (2018 – 2022 гг.) на выбранной станции наблюдался 148 случая грозовой деятельности.

Таблица 3.1.4 – Годовой ход гроз на станции МС Нерчинск

Месяц	Количество гроз	Повторяемость, %
Май	9	4
Июнь	46	24
Июль	61	39
Август	25	10
Сентябрь	7	2

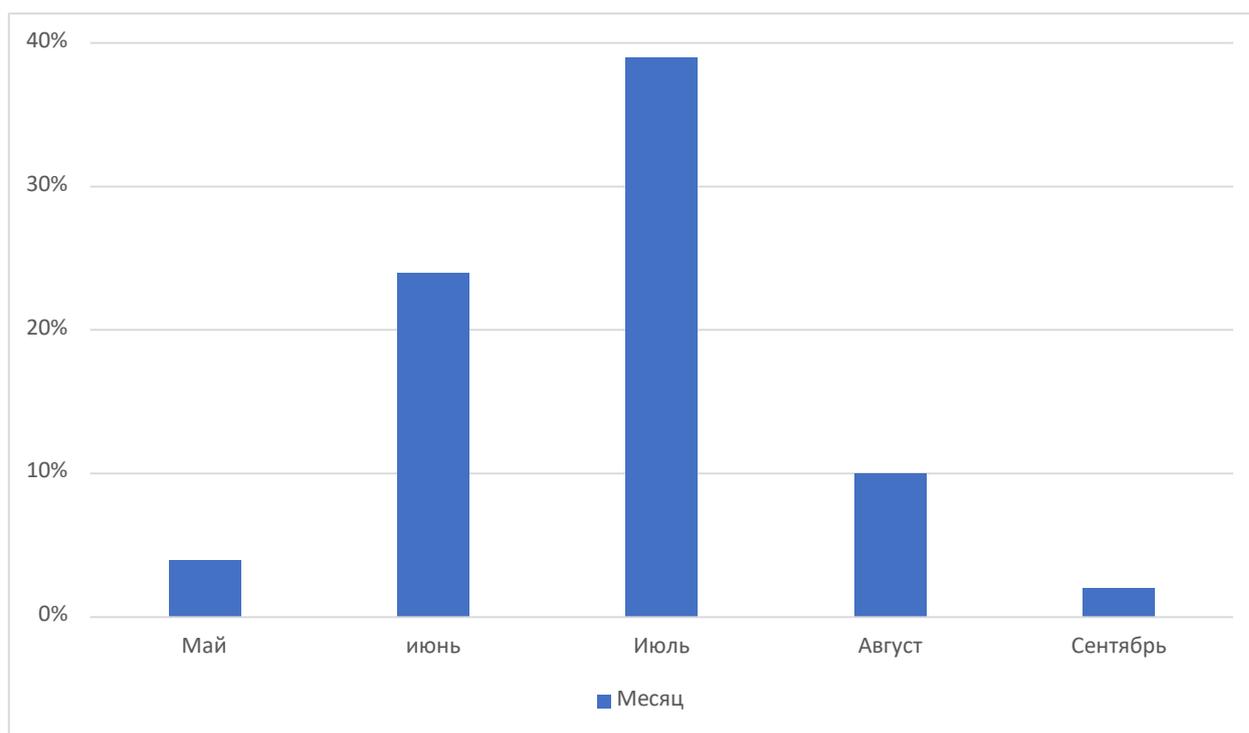


Рисунок 3.1.4 - Годовой ход повторяемости гроз на МС Нерчинск

В таблице 3.1.5 и на рисунке 3.1.5 приводятся данные о количестве и повторяемости гроз на ОГМС Чита, за весь рассматриваемый период (2018 – 2022 гг.) на выбранной станции наблюдался 235 случая грозовой деятельности.

Таблица 3.1.5 – Годовой ход гроз на ОГМС Чита

Месяц	Количество гроз	Повторяемость, %
Май	7	1
Июнь	43	16
Июль	53	24
Август	22	1
Сентябрь	12	1

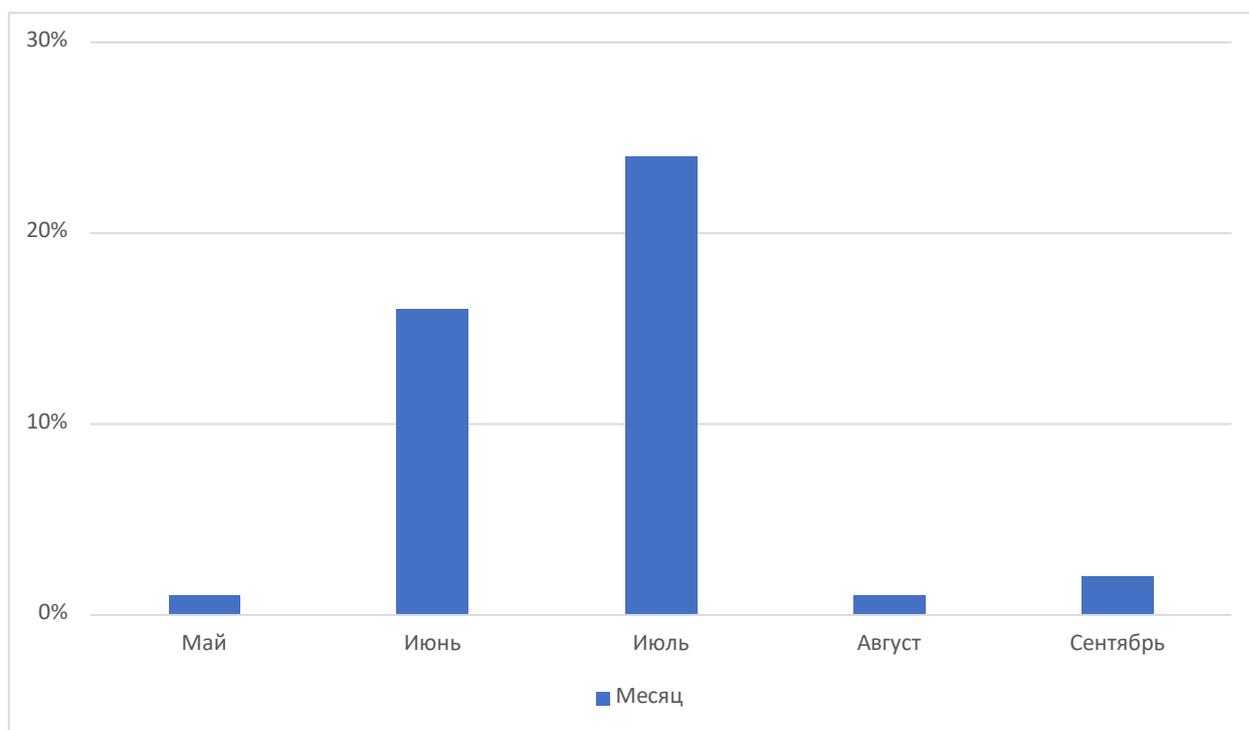


Рисунок 3.1.5 - Годовой ход повторяемости гроз на ОГМС Чита

На рисунках 3.1.1-3.1.5 и в данных таблиц 3.1.1-3.1.5 отчетливо видно, что главная активность гроз приходится на летний период. Это объясняется тем, что летом создаются оптимальные условия для формирования сильных восходящих воздушных потоков. Наибольшее количество случаев гроз наблюдается в июне и июле, в то время как наименьшее количество приходится на май и сентябрь.

Различия в частоте гроз на всех метеостанциях незначительны. За весь период (2018-2022 гг.) чаще всего наблюдались дневные грозы, а именно во второй половине дня, реже всего наблюдались ночные грозы.

Ниже, в таблице 3.1.6 приводятся обобщённые данные по всем станциям в рассматриваемый период.

Таблица 3.1.6 – Годовое распределение гроз на МС за период 2018-2022 гг.

Станция	Год	2018	2019	2020	2021	2022	Всего
Бургень		30	22	30	15	30	127
Хилок		21	23	36	23	23	126
Дульдурга		14	16	19	16	9	74
Нерчинск		22	20	26	14	33	115
Чита		31	29	39	20	18	137

Из таблицы 3.1.6 видно, что больше всего случаев грозовой деятельности за выбранный период (2018 – 2022 гг.) наблюдалось на станции ОГМС Чита– 137 случаев, а меньше всего на станции Дульдурга – 74 случая. В 2020 году наибольшее количество наблюдавшихся случаев грозовой деятельности - 39 случаев на станции ОГНС Чита, а самое наименьшее в 2022 году - 9 случаев на станции Дульдурга.

Всего за весь рассматриваемый период (2018 – 2022 гг.) на выбранных станциях наблюдалось 579 случаев грозовой деятельности.

3.2. Построение матриц сопряженности альтернативных прогнозов

Оценка успешности прогнозов грозовой активности играет ключевую роль в развитии метеорологии. Она позволяет определить эффективность работы прогностического подразделения. Для оценки успешности прогнозов грозовой активности требуется предварительное составление матриц сопряженности, которые являются табличным представлением сравнения прогнозируемых и фактических данных. В случае прогноза грозовой активности, матрица сопряженности строится для двух взаимоисключающих градаций: "гроза" и "отсутствие грозы". Например, матрица сопряженности выглядит следующим образом: Фактическое наличие явления / Фактическое отсутствие явления,

Прогнозировалось явление / Прогнозируемое отсутствие явления n_{11} - количество случаев, когда гроза была прогнозирована и фактически наблюдалась. n_{21} - количество случаев, когда гроза была прогнозирована, но фактически не наблюдалась (ложный положительный прогноз). n_{12} - количество случаев, когда гроза не была прогнозирована, но фактически наблюдалась

(ложный отрицательный прогноз). n_{22} - количество случаев, когда гроза не была прогнозирована и фактически не наблюдалась.

Далее построим матрицу сопряженности методического инерционного и случайного прогноза гроз на станции ОГМС Чита по данным из архива за период времени 2018-2022гг., а также рассмотрим критерии успешности.

1. За выбранный период времени установим общее число прогнозов (*у нас* $N = 320$) и число случаев, когда гроза фактически наблюдалась, то есть n_{10} . *У нас* $n_{10} = 89$).
2. Установим число случаев отсутствия явления, то есть n_{20} . *У нас* $n_{20} = N - n_{10} = 320 - 89 = 231$.
3. Найдем число случаев, когда явление прогнозировалось, то есть n_{01} . *У нас* $n_{01} = 89 + 93 = 182$.

4. Найдем число случаев, когда явление не прогнозировалось, то есть n_{02} . У нас

$$n_{02} = N - n_{01} = 320 - 182 = 138.$$

5. Из таблицы найдем число случаев, когда явление не прогнозировалось, но

наблюдалось, то есть n_{12} . У нас $n_{12} = 46$.

6. Находим остальные элементы матрицы как разностные значения:

$$n_{11} = n_{10} - n_{12} = 89 - 46 = 43;$$

$$n_{21} = n_{01} - n_{11} = 182 - 43 = 139;$$

$$n_{22} = n_{20} - n_{21} = 231 - 139 = 92.$$

Таблица 3.2.1 – Таблица сопряженности методического прогноза гроз

Фактически наблюдалось, Φ_{\diamond}	Прогнозировалось, Π_{\diamond}		$\sum_{\diamond=1}^j$
	Π – наличие явления	$\bar{\Pi}$ – отсутствие явления	
Φ – наличие явления	$n_{11} = 43$	$n_{12} = 46$	$n_{10} = 89$
$\bar{\Phi}$ – отсутствие явления	$n_{21} = 139$	$n_{22} = 92$	$n_{20} = 231$
$\sum_{\diamond=1}^2 n_{\diamond}$	$n_{01} = 182$	$n_{02} = 138$	$N = 320$

В таблице 3.2.1 сопряженность прогноз–факт выражена числом случаев, частотой.

Взяв данные из таблицы методического прогноза, построим матрицу сопряженности инерционных прогнозов, так как инерционные прогнозы обладают свойством *несмещённости*, то есть количество фактически наблюдавшихся фаз погоды (n_{10} и n_{20}) равно количеству текстов прогнозов (n_{01} и n_{02}).

Таблица 3.2.2 – Таблица сопряженности инерционного прогноза гроз

Фактически наблюдалось, Φ_{\diamond}	Прогнозировалось, Π_{\diamond}		$\sum_{\diamond=1}^{\diamond=2} j$
	Π – наличие явления	$\bar{\Pi}$ отсутствие явления	
Φ – наличие явления	$n_{11} = 43$	$n_{12} = 46$	$n_{10} = 89$
$\bar{\Phi}$ отсутствие явления	$n_{21} = 46$	$n_{22} = 185$	$n_{20} = 231$
$\sum_{\diamond=1}^{\diamond=2} n_{\diamond}$	$n_{01} = 89$	$n_{02} = 231$	$N = 320$

Далее, по таблице матрицы сопряженности методического прогноза возьмем исходные значения и построим матрицу сопряженности случайного прогноза:

$$\begin{aligned}
 n_{11} \text{ сл} &= \frac{(\diamond_{11} + \diamond_{21})(\diamond_{11} + \diamond_{12})}{N} = \frac{16 \cdot 198}{320} = 50,7 \sim 51; \\
 n_{12} \text{ сл} &= \frac{(\diamond_{12} + \diamond_{22})(\diamond_{11} + \diamond_{12})}{N} = \frac{12 \cdot 282}{320} = 38,4 \sim 38; \\
 n_{21} \text{ сл} &= \frac{(\diamond_{11} + \diamond_{21})(\diamond_{21} + \diamond_{22})}{N} = \frac{42 \cdot 042}{320} = 131,4 \sim 131; \\
 n_{22} \text{ сл} &= \frac{(\diamond_{12} + \diamond_{22})(\diamond_{21} + \diamond_{22})}{N} = \frac{31 \cdot 878}{320} = 99,6 \sim 100.
 \end{aligned}$$

3.2.3 Таблица сопряженности случайного прогноза гроз

Фактически наблюдалось, Φ_{\diamond}	Прогнозировалось, Π_{\diamond}		$\sum_{\diamond=1}^{\diamond=2}$
	Π наличие явления	$\bar{\Pi}$ отсутствие явления	
Φ – наличие явления	$n_{11} = 51$	$n_{12} = 38$	$n_{10} = 89$
$\bar{\Phi}$ – отсутствие явления	$n_{21} = 131$	$n_{22} = 100$	$n_{20} = 231$
$\sum_{\diamond=1}^{\diamond=2} n_{\diamond}$	$n_{01} = 182$	$n_{02} = 138$	$N = 320$

Анализируя значения в матрице сопряженности, можно определить следующие критерии успешности прогнозов:

1. Общая оправдываемость прогнозов, p :

$$p = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} \cdot 100\%$$

Где n_{11} и n_{22} – число случаев оправдавшихся прогнозов, соответственно при сочетании $\Pi \sim \Phi$ и $\bar{\Pi} \sim \bar{\Phi}$
 Рассчитаем для нашей матрицы

$$p = \frac{43 + 92}{320} \cdot 100\% = 42,18\%$$

2. Критерий надежности прогнозов по Н. А. Багрову (H):

$$H = \frac{p - p_{сл}}{p_{идеал} - p_{сл}}$$

Где $p_{идеал} = 1$ или 100, если p и $p_{сл}$ вычисляются в процентах,

где $p_{сл}$ – общая оправдываемость случайных прогнозов, рассчитываемая по формуле:

$$\frac{n_{10}n_{01} + n_{20}n_{02}}{N^2}$$

$$p_{сл} =$$

$$N^2$$

Значения H меняются в пределах от 0 до 1. Чем ближе параметр H к единице, тем лучше прогноз.

Рассчитаем критерий для нашей матрицы

$$p_{сл} = \frac{89 \cdot 182 + 231 \cdot 138}{320^2} \cdot 100\% = 46,95,$$

$$H = \frac{0,42 - 0,47}{1 - 0,47} = \frac{-0,048}{0,53} = -0,091.$$

3. Критерий точности прогнозов по М. А. Обухову (Q):

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

Где выражение в скобках: $\frac{n_{12}}{n_{10}}$ – частота ошибки первого рода при большом N есть вероятность ошибки; выражение $\frac{n_{21}}{n_{20}}$ – тоже самое, но для ошибки второго рода. Очевидно, если из 1 вычитаем вероятности ошибок, то получаем вероятность успешных прогнозов. Показатель Q выражает долю успешных прогнозов при известной повторяемости фаз явлений. Он меняется в пределах от 1 до -1.

$Q = 1$ – прогнозы на уровне идеальных;

$Q = 0$ – прогнозы на уровне случайных;

$Q = -1$ – все прогнозы ошибочны.

Рассчитаем для матрицы

$$\frac{46}{89} \quad \frac{139}{231}$$

4. И последнее, рассчитаем оправдываемость опасной градации:
 $U = \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{12}} = \frac{89}{89 + 46} = 48\%$ (условная вероятность 2-го типа).

$$\frac{n_{11}}{n_{10} + n_{12}} = 89$$

Таблица 3.2.4 Параметры конвекции и соответствующие им явления [2, с.221]

ΣD	D_0	$\Delta H_{\text{кнс}}$	$H_{\text{конд}}$	$H_{\text{конв}}$	$T_{\text{конв}}$	ΔT	$\Delta H_{\text{к.о}}$	Конвективные явления
> 25	> 20	-	-	-	-	-	-	Не ожидаются
≤ 25	≤ 16	>10	$\sim 1,5$	>6	<-23	>4	$\sim 4,5$	Слабый ливневый дождь
≤ 20	≤ 14	>20	$\sim 1,5$	>5	от 23 до -10	≥ 3	$>3,5$	Ливневый дождь без грозы
≤ 20	≤ 14	>30	$\sim 1,5$	>8	<-23	≥ 3	$>6,5$	Ливневый дождь, местами гроза
≤ 16	~ 10	$>60-100$	от 1,5 до 1,0	>8	<-23	≥ 3	$>7,5$	Сильный ливневый дождь с грозой
	~ 10	-	от 1,5 до 1,0	>8	<-23	>3	$>7,5$	Град

Точность прогнозирования гроз по методу Н.В. Лебедевой составляет 80%, в то время как точность предсказания их отсутствия – 89%. Метод Н.В. Лебедевой, а также некоторые другие методы, основан на принципах метода частицы.

3.3. Прогнозирование гроз в г. Чита на основе метода Н. В. Лебедевой

Согласно методу Лебедевой, прогнозирование гроз, ливней и других атмосферных явлений, связанных с развитием мощной кучевой и кучево-дождевой облачности, основывается на параметрах конвекции, полученных из утреннего зондирования атмосферы. Эти параметры позволяют определить вероятность возникновения грозовой активности. В случае, если дефицит точки росы на поверхности земли превышает 20 градусов Цельсия во время максимального развития конвекции, и уровень конденсации находится выше 2,5 км, осадки не достигнут земной поверхности, и дальнейшие прогнозы не выполняются.

Изучив данные за период 2018-2022 гг., был произведен анализ повторяемости продолжительности гроз на вышеперечисленных станциях. Результаты систематизации и анализа приведены в Таблице 3.3.1 и, в графическом виде на Рисунке 3.3.1.

Таблица 3.3.1 – Повторяемость непрерывной продолжительности гроз

Продолжительность	Метеостанция				
	Бургень	Хилок	Дульдурга	Нерчинск	Чита
	Повторяемость, %				
До 1 часа	13	12	14	8	15
1-3 часа	65	98	56	83	105
3 и более	48	13	5	26	38

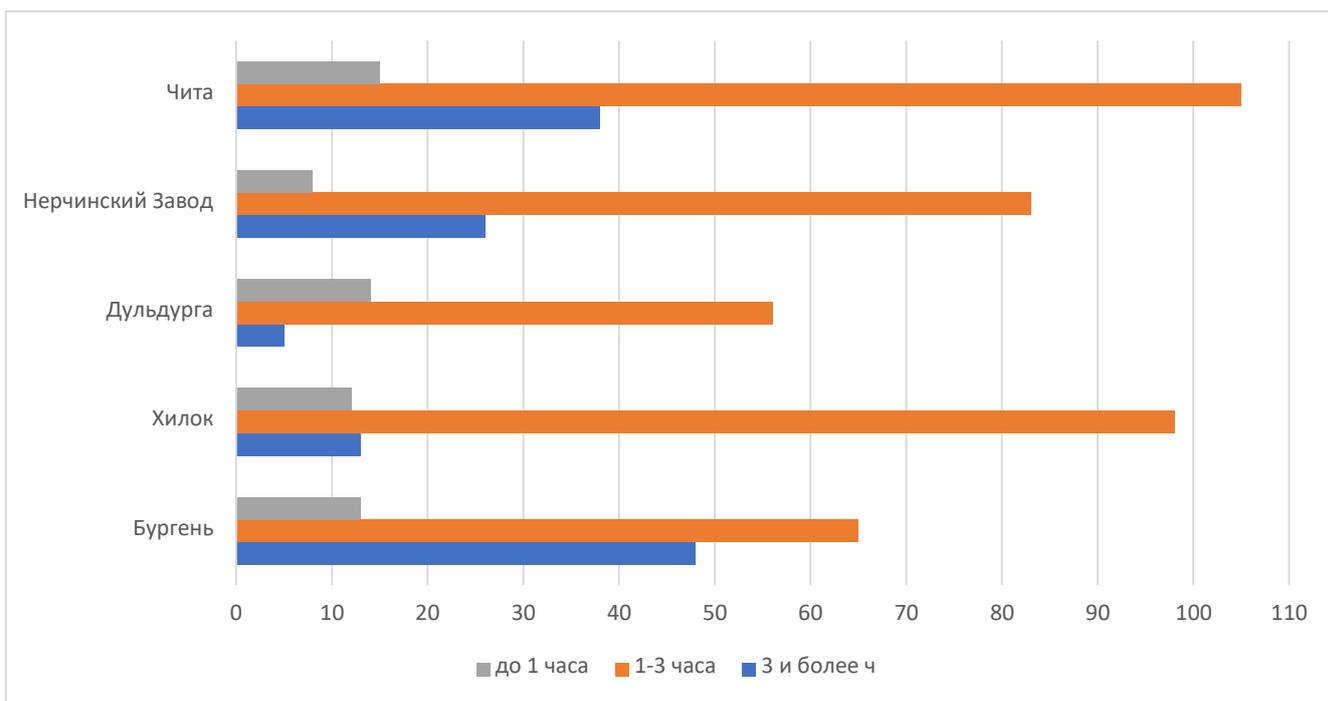


Рисунок 3.3.1 - Повторяемость непрерывной продолжительности гроз за период 2018-2022 гг.

На Рисунке 3.3.1 можно наблюдать процентное соотношение повторяемости непрерывной продолжительности. Видно, что наибольшую повторяемость имеет продолжительность от 1 часа до 3 часов, а самым наименьшим является интервал «до 1 часа».

Самые продолжительные грозы отмечены на: МС Бургень за период с 03.07.2022 г. по 4.07.2022 г. Продолжительность грозы составила 11 часов 10 минут, ОГМС Чита за период с 29.06.2021 г. по 30.06.2021 г. продолжительность грозы составила 9 часов 46 минут, МС Дульдурга за период с 25.07.2022 г. по 26.07.2022 г. продолжительность грозы составила 9 часов 30 минут, МС Нерчинский Завод за период с 21.05.2018 г. по 22.05.2018 г. продолжительность грозы составила 6 часов 35 минут, Хилок АМСГ Чита с 10.07.2020 г. по 11.07.2020 г. продолжительность грозы составила 5 часов 18 минут.

Таблица 3.3.2 – Продолжительность (ч) гроз за период 2018-2022 гг.

Станция	Год	2018	2019	2020	2021	2022	Всего
Бургень		66	52	80	31	78	307
Хилок		34	32	39	30	34	169
Дульдурга		10	18	26	16	18	88
Нерчинский Завод		40	34	50	26	51	201
Чита		48	53	70	58	60	289

В таблице 3.3.2 можно наблюдать продолжительность в часах непрерывной продолжительности гроз. Видно, что наибольшая продолжительность в часах наблюдалась в 2020 году на НП Бургень – 80 часов, а самой наименьшая в 2018 году на НП Дульдурга – 10 часов.

Также из таблицы 3.3.2 за весь выбранный период (2018 – 2022 гг.) больше всего часов непрерывной продолжительности гроз приходится на НП Бургень – 307 часа, а меньше всего приходится на НП Дульдурга – 88 часа.

3.3.1 Сопутствующие явления

Для анализа сопутствующих грозам явлений, был отобран архив явлений при грозе за период 2018-2022 гг. на вышеперечисленных станциях. Рассматривались такие сопутствующие явления как: град, шквал и ливневой дождь.

Результаты систематизации приведены ниже, в таблицах 3.3.1-3.3.5 и на рисунках 3.3.1.1-3.3.1.5.

Рассмотрим сопутствующие явления при грозе на МС Бургень, за весь период.

В таблице 3.3.1.1 и в графическом виде на рисунке 3.3.1.1 отражены сопутствующие явления при грозе на МС Бургень:

Таблица 3.3.1 – Сопутствующие явления при грозе на МС Бургень

Явление	Количество	Повторяемость, %
Ливень, шквал	10	5
Ливень	64	23
Ливень, град	3	1
Нет явлений	42	19

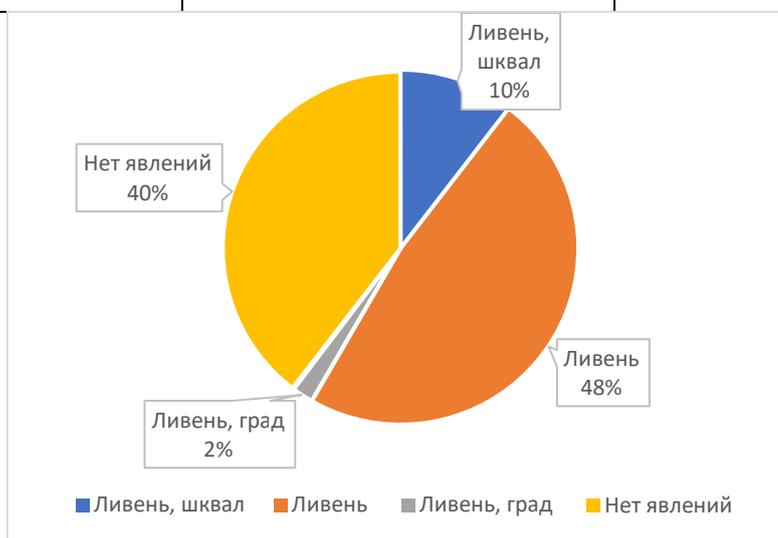


Рисунок 3.3.1.1 – Повторяемость сопутствующих явлений при грозе на МС Бургень

Чаще всего (23%) вместе с грозой наблюдался ливневой дождь, в 19% случаев дополнительно не было отмечено явлений, в 5% - это ливень со шквалом и в 1% случаев наблюдался ливень с градом.

Сопутствующие явления, которые достигли критерия НГЯ и ОЯ во время грозы отмечены на МС Бургень:

23.06.2028 г. Отмечался шквал, ливень, усиление ветра до 21 м/с с порывами до 33 м/с.

30.07.2018 г. Наблюдался также ливень и шквал, усиление ветра достигло до 29 м/с.

13.05.2020 г. наблюдался шквал и ливень, максимальная скорость ветра составила 25 м/с.

Далее рассмотрим сопутствующие явления при грозе на МС Хилка, за весь период.

В таблице 3.3.1.2 и в графическом виде на рисунке 3.3.1.2 отражены сопутствующие явления при грозе на МС Хилок:

Таблица 3.3.1.2 – Сопутствующие явления при грозе на МС Хилок

Явление	Количество	Повторяемость, %
Ливень, шквал	1	1
Ливень	93	65
Шквал	1	1
Нет явлений	60	34

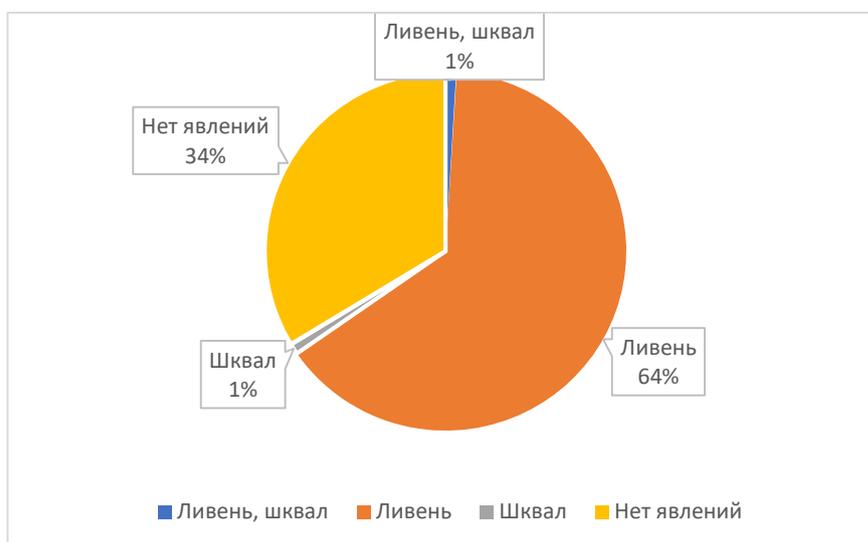


Рисунок 3.3.1.2 – Повторяемость сопутствующих явлений при грозе на МС Хилок.

Чаще всего при грозе наблюдался ливень (64%), грозы без дополнительных явлений наблюдались в 34% случаев, комплекс из ливня и шквала в 1% случаев

и по 1% случаев приходится на грозу со шквалом и грозу с комплексом, состоящим из ливня, шквала и града.

Сопутствующие явления, которые достигли критерия НГЯ и ОЯ во время грозы отмечены на МС Чита: 30.06.2021 г. наблюдался сильный ливень, количеством 36 мм за 1 час (начало 1009 ВСВ-окончание 1109 ВСВ).

Далее рассмотрим сопутствующие явления при грозе на МС Дульдурга, за весь период.

Таблица 3.3.1.3 – Сопутствующие явления при грозе на МС Дульдурга:

Явление	Количество	Повторяемость, %
Ливень	65	27
Нет явлений	32	15

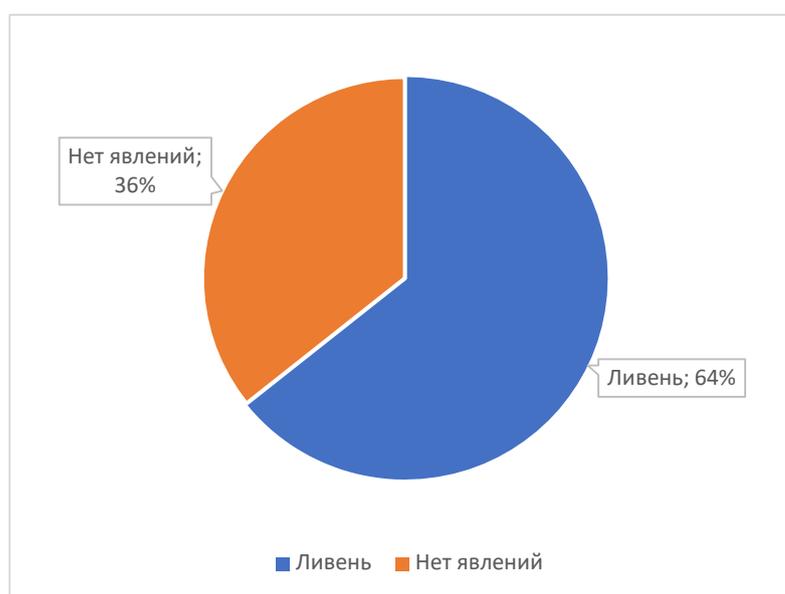


Рисунок 3.3.1.3 – Повторяемость сопутствующих явлений при грозе на МС Дульдурга

Наиболее часто при грозе наблюдался ливень (64%), в 36% случаев не было отмечено дополнительных явлений.

Сопутствующие явления, которые достигли критерия НГЯ и ОЯ во время грозы отмечены на АМСГ Чита: 24.07.2022 г. и 25.07.2022 г. наблюдался сильный ливень за 4 часа 10 минут осадков выпало 75.8 мм, и за 8 часов 25 минут осадков выпало 114.0 мм, максимальная скорость ветра составила 15 м/с.

Далее рассмотрим сопутствующие явления при грозе на МС Нерчинский Завод, за весь период.

Таблица 3.3.1.4 – Сопутствующие явление при грозе на МС Нерчинский Завод

Явление	Количество	Повторяемость, %
Ливень	95	42
Нет явлений	37	17

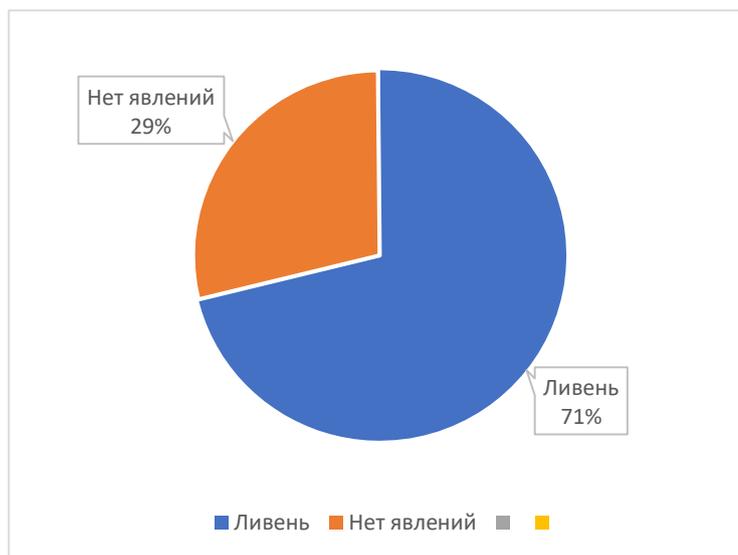


Рисунок 3.3.1.4 – Повторяемость сопутствующих явлений при грозе на МС Нерчинский Завод

На АЭ Чита чаще всего с грозой наблюдался ливень (75% случаев), в 17% случаев гроза отмечена без дополнительных явлений.

Сопутствующие явления, которые достигли критерия НГЯ и ОЯ во время грозы отмечены на МС Нерчинский Завод: 19.06.2020 г. наблюдалось шквалистое усиление ветра до 15-18 м/с, дожди от небольших до умеренных. За день 19 июня метеостанция отметила 13 мм осадков, а за период с 12 до 18 ВСВ выпало 50 мм (за 6 часов).

Далее рассмотрим сопутствующие явления при грозе на ОГМС Чита, за весь период.

Таблица 3.3.1.5 – Сопутствующие явления при грозе на ОГМС Чита

Явление	Количество	Повторяемость, %
Ливень, шквал	3	1
Ливень	138	64
Нет явлений	29	22
Ливень, град	4	2

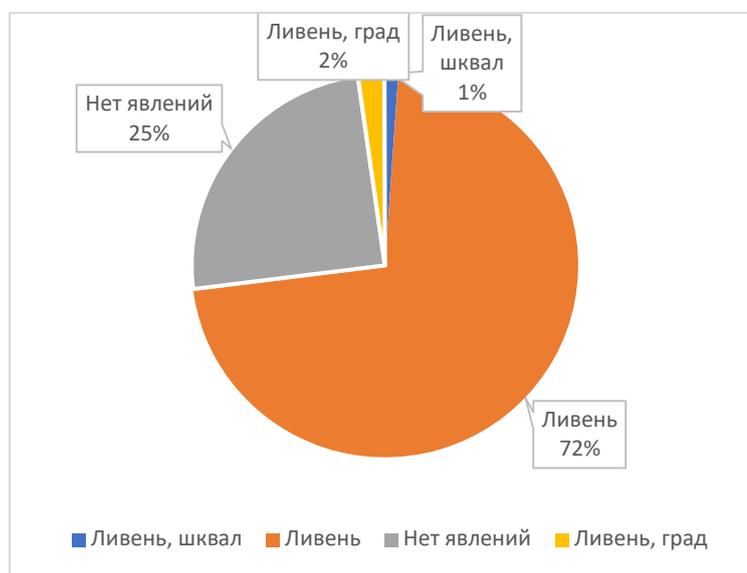


Рисунок 3.3.1.5 – Повторяемость сопутствующих явлений при грозе на ОГМС Чита

Здесь также чаще всего регистрировался ливень (72%), в 25% случаев гроза отмечена без дополнительных явлений, в 1% случаев наблюдался ливень со шквалом.

Сопутствующие явления, которые достигли критерия НГЯ и ОЯ во время грозы отмечены на ОГМС Чита 06.07.2018г. наблюдался продолжительный сильный ливень за сутки выпало 126, 2 мм осадков, 28.06.2019г. наблюдался шквал и ливень, максимальная скорость ветра составила 18 м/с. 12.07.2020 г. Наблюдался шквал и ливень, максимальная скорость ветра составила 23 м/с.

Из вышеприведённых таблиц и рисунков, видно, что наиболее частым явлением во время грозы является ливень, меньшая повторяемость у ливня с градом, но реже всего наблюдался шквал.

Далее, для анализа наиболее характерных для гроз условий, был отобран архив синоптических ситуаций на метеостанции Чита за период 2018-2022гг. Рассмотрев все случаи, были выбраны типовые синоптические ситуации при возникновении гроз и рассчитана их повторяемость. Результаты систематизированы и представлены ниже в Таблице 3.3.1.6 и на Рисунке 3.3.1.6.

Таблица 3.3.1.6 – Типовые синоптические ситуации при возникновении гроз

Синоптические ситуации	Количество случаев	Повторяемость, %
Теплый фронт	14	4
Холодный фронт	25	7
Холодный фронт с волнами	17	4
Фронт окклюзии	25	8
Теплый сектор	21	4
Малоградиентное поле давления	17	6
Тыл циклона	7	1
Центр циклона	10	2

Из таблицы 3.3.1.6 видно, что из 137 случаев грозовой активности фронтальные грозы наблюдались на теплых (14 случаев) и холодных (25 случаев) фронтах, а также на фронте окклюзии (25 случаев). Внутримассовые грозы возникали в различных синоптических ситуациях, таких как теплый сектор (21 случай), центр циклона (10 случаев), тыл циклона (7 случаев) и малоградиентное поле давления (17 случаев). На Рисунке 3.3.1.6 показана их частота.

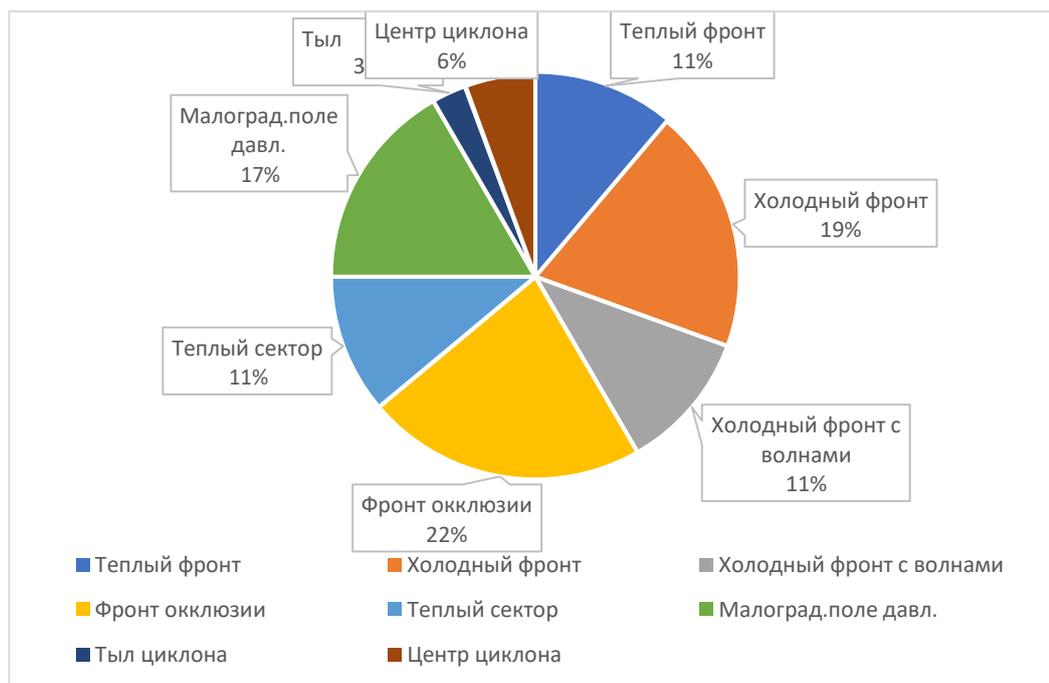


Рисунок 3.3.1.6 - Повторяемость типовых синоптические ситуации при возникновении гроз

По Рисунку 3.3.1.6 можно наблюдать процентное соотношение случаев в различных синоптических ситуациях. Видно, что наибольшую часть диаграммы, а, следовательно, и большую повторяемость случаев имеет синоптическая ситуация – фронт окклюзии (22%). Второе место по повторяемости занимает холодный фронт (19%). Наименьшую часть диаграммы, а, следовательно, и меньшую повторяемость случаев имеет синоптическая ситуация – тыл циклона (3%).

Рассмотрим соотношение фронтальных и внутримассовых гроз за период 2018 – 2022 гг. Для этого, вычислив суммарное количество обоих типов гроз, была составлена диаграмма, представленная на Рисунке 3.3.1.7

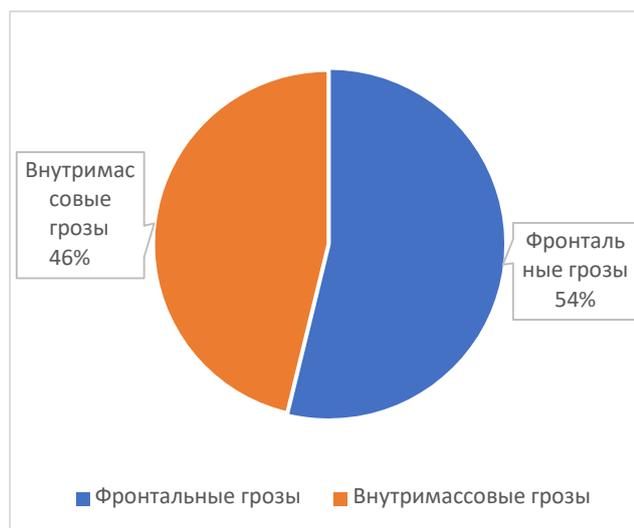


Рисунок 3.3.1.7 – Соотношение фронтальных и внутримассовых гроз

Из графика ясно, что доля фронтальных гроз составляет 54%, что является самым распространенным случаем. Это объясняется тем, что внутримассовые грозы ограничены по площади, в то время как фронтальные грозы имеют более широкое горизонтальное распространение, что позволяет одной и той же грозе быть зарегистрированной на нескольких метеостанциях.

Рассмотрим синоптические карты погоды с повторяющимися синоптическими ситуациями, при которых образовывались фронтальные грозы, а конкретней холодный фронт с волнами (Рисунок 3.3.1.8), теплый фронт (Рисунок 3.3.1.9), холодный фронт (Рисунок 3.3.1.10) и фронт окклюзии (Рисунок 3.3.1.11).

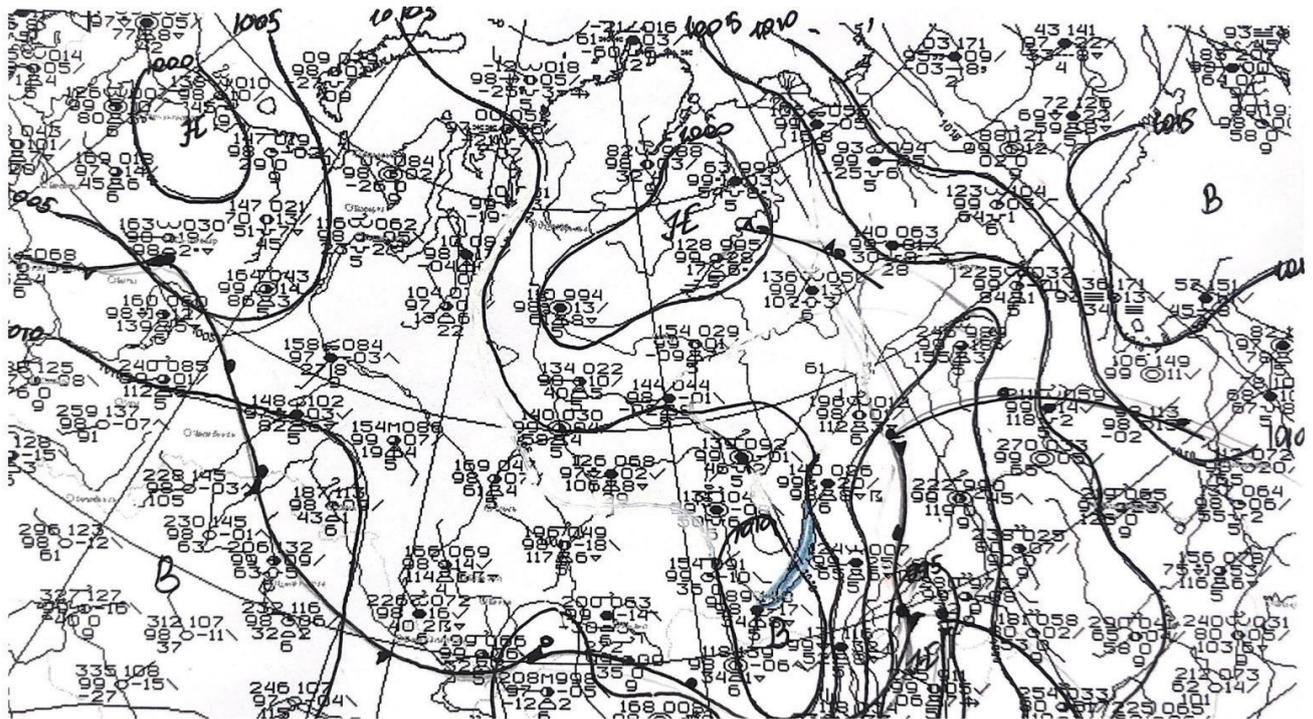


Рисунок 3.3.1.8 – Приземная карта за 02.06.2018 г. 00 UTC

(Холодный фронт с волнами)

Представленная синоптическая ситуация показывает, что 10 мая 2021 года над территорией Станции Чита прошел холодный фронт с волнами. Следовательно, можно сделать вывод, что в этой области наблюдались фронтальные грозы, которые усилились в ночное время на теплом участке.

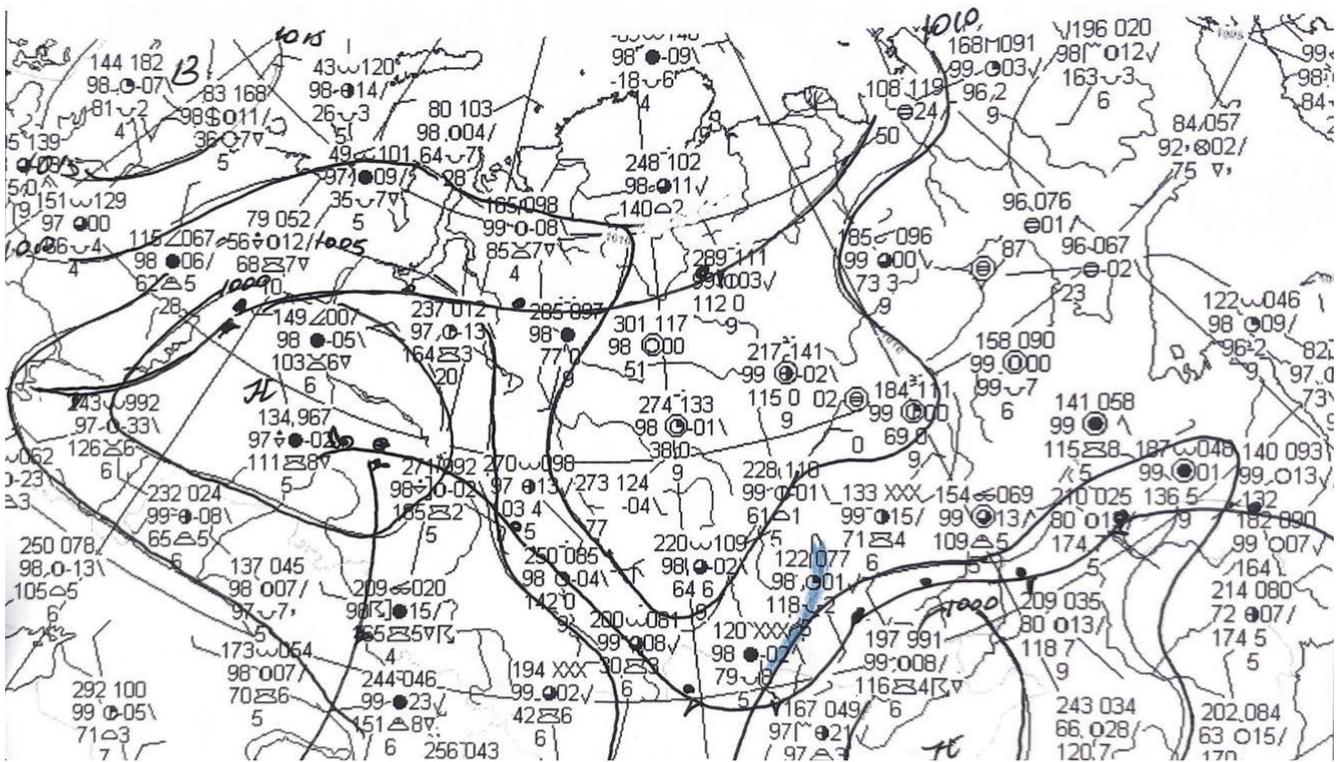


Рисунок 3.3.1.9 – Приземная карта за 01.08.2020 г. 00 UTC
(Теплый фронт)

Представленная синоптическая ситуация показывает, что 17 августа 2021 года над территорией Станции Чита прослеживалось прохождение теплого фронта, явно выраженное картинке. Следовательно, можно сделать вывод, что в этом районе происходили фронтальные грозы, включая ночные грозы на теплом фронте.

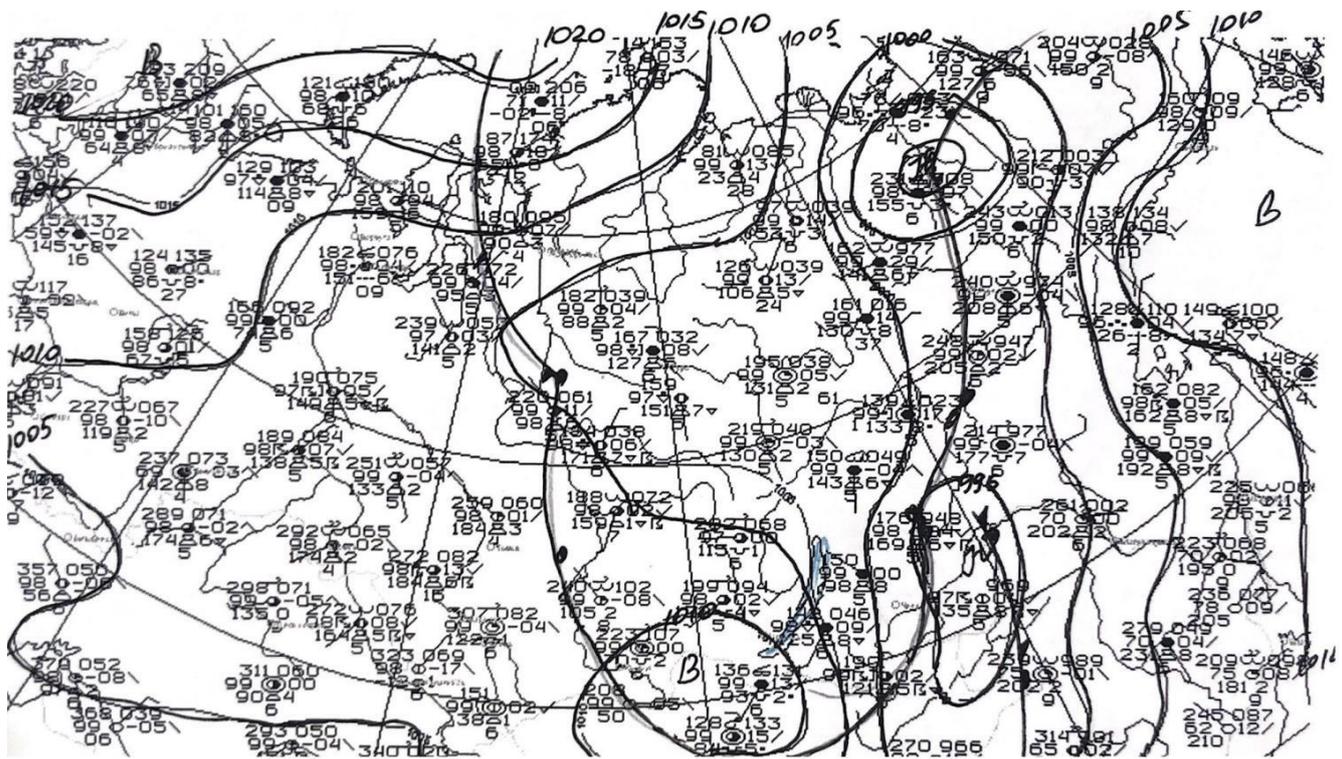


Рисунок 3.3.1.10 – Приземная карта за 22.08.2020 г. 00 UTC

(Холодный фронт)

Представленная синоптическая ситуация показывает, что 24 августа 2019 года над территорией Станции Чита прошел холодный фронт. Этот метеорологический феномен был четко выраженным, что указывает на присутствие фронтальных гроз в данной области. Грозы начались ночью в теплом секторе циклона, после чего переместились на фронт окклюзии и, затем, на холодный фронт.

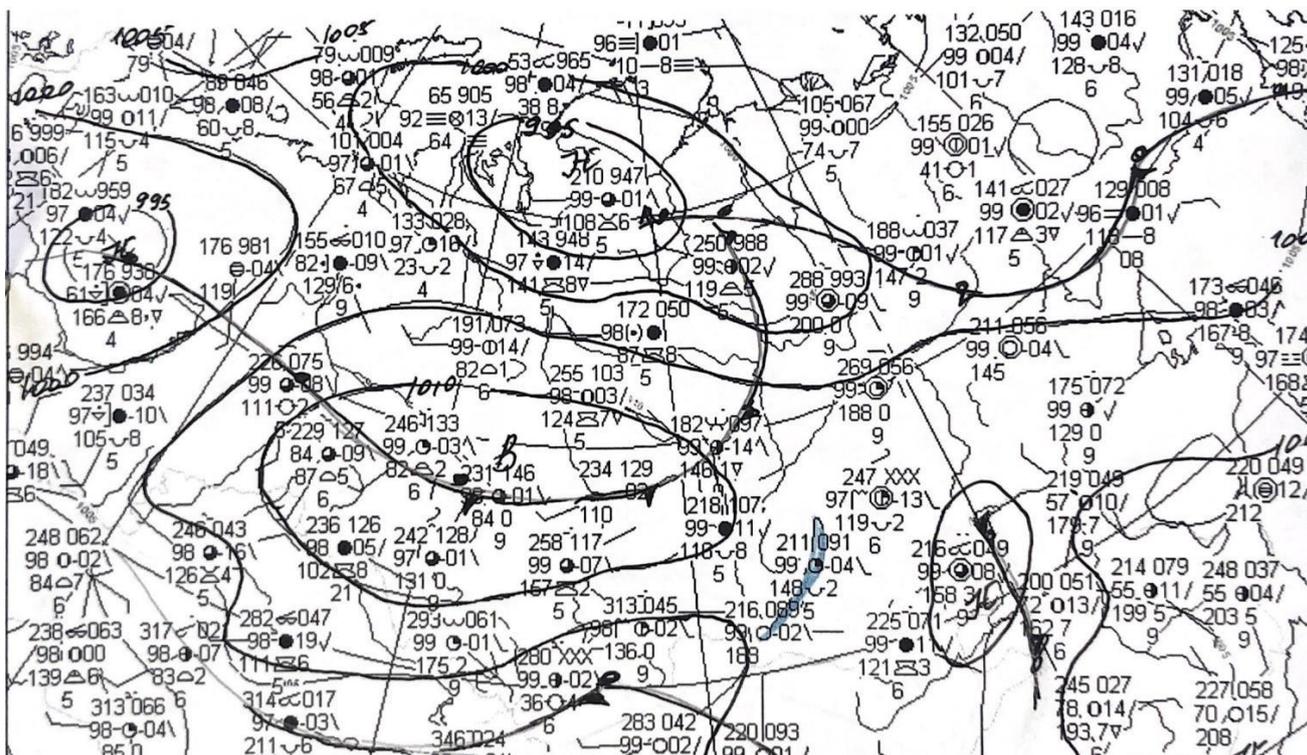


Рисунок 3.3.1.11 – Приземная карта за 01.07.2019 г. 00 UTC
(Фронт окклюзии)

Представленная синоптическая ситуация показывает, что 01 июля 2019 г. над территорией Станции Чита наблюдалось прохождение фронта окклюзии (внутри тёплого сектора циклона). Исходя из этого, можно сделать вывод, что над областью наблюдались фронтальные грозы.

Далее рассмотрим синоптические карты, на которых наиболее часто встречаются синоптические ситуации, приводящие к образованию внутримассовых гроз. Эти ситуации включают в себя теплый сектор (см. Рисунок 3.3.1.12) и малоградиентное поле давления (см. Рисунок 3.3.1.13).

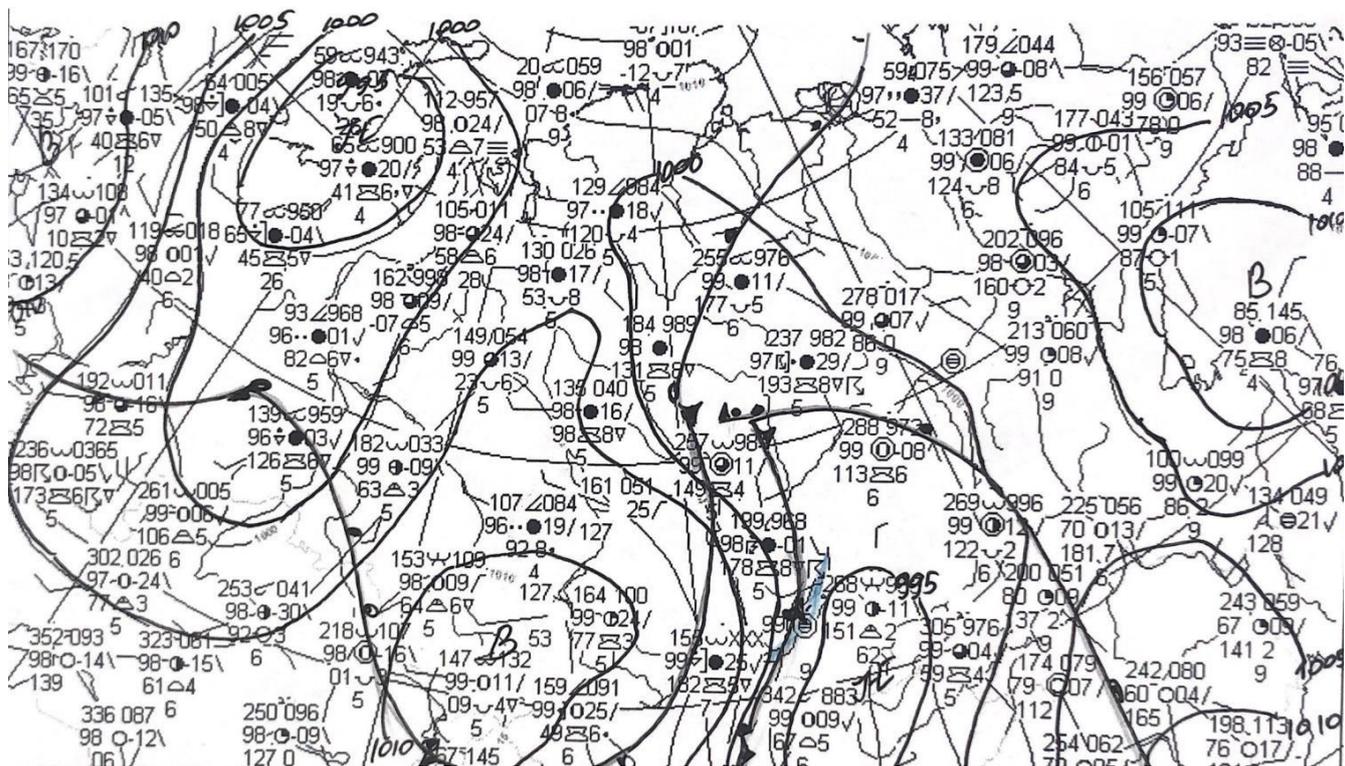


Рисунок 3.3.1.12 – Приземная карта за 11.07.2019 г. 00 UTC

(Теплый сектор)

Представленная синоптическая ситуация свидетельствует о том, что 27 июля 2019 года территория Станции Чита находилась в теплом секторе. В течение дня над этой местностью наблюдались внутримассовые грозы.

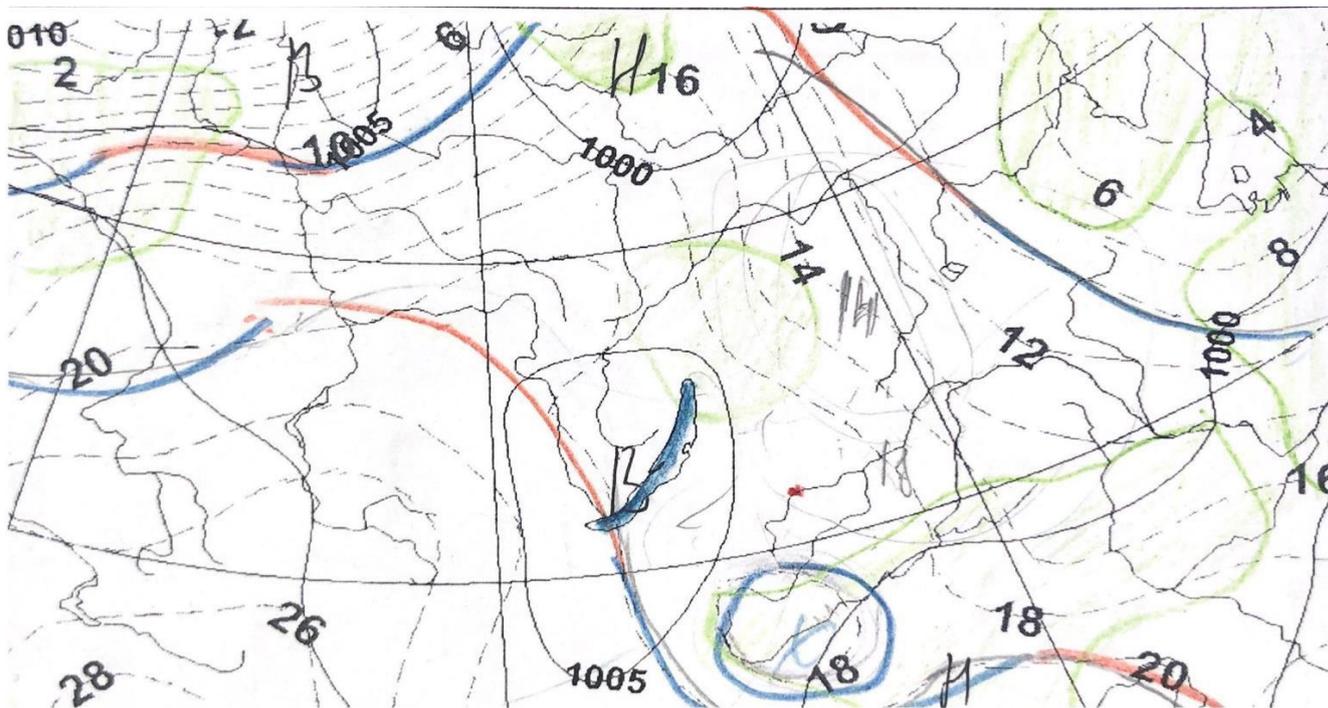


Рисунок 3.3.1.13 – Приземная карта за 20.07.2022 г. 00 UTC

(Малоградиентное поле давления)

Согласно представленной синоптической информации, 20 июля 2022 года район Станции Чита находился в области слабого давления. В этот день над территорией происходили локальные грозы.

3.3.2 Прогнозирование гроз по индексам конвективной неустойчивости

На данном этапе работы было принято решение рассмотреть оправдываемость различных методов прогнозирования на каждой вышеперечисленных станций, а именно, оценить успешность таких как: Showalter, Lifted, SWEAT, Ki, Cross Totals, Vertical Totals, Totals totals, CAPE и CINS. Были использованы данные радиозондирования для каждого случая. Для всех станций индексы неустойчивости рассчитаны по одной станции ОГМС Чита, так как зонд выпускается именно на этой станции.

Были подсчитаны случаи успешных прогнозов по каждому индексу и рассчитана общая оправдываемость каждого отдельно по сезону и в целом за период. Далее,

в таблицах 3.3.2.1 и в графическом виде на рисунках 3.3.2.1 представлены результаты систематизации и анализа. Наиболее успешные индексы (с оправдываемостью более 75%) выделены синим цветом.

3.3.3 Оправдываемость прогноза грозы по индексам конвективной неустойчивости на ОГМС Чита

Рассмотрим оправдываемость вышеперечисленных индексов неустойчивости на ОГМС Чита за период 2018-2022 гг.

Таблица 3.3.3 Оправдываемость прогноза грозы по индексам конвективной неустойчивости на ОГМС Чита

Индекс	Showalter	Lifted	SWEAT	Ki	Cross Totals	Vertical Totals	Totals totals	CAPE	CINS
Весна	66,7	33,3	12,5	79,2	83,3	41,7	83,3	4,0	100
Лето	51,0	45,0	2,0	89,0	82,0	22,0	77,0	3,8	94,3
Осень	50,0	25,0	50,0	100	75,0	50,0	50,0	25,0	100
Всего	53,9	42,3	5,5	87,5	82,0	26,6	77,3	4,5	96,2

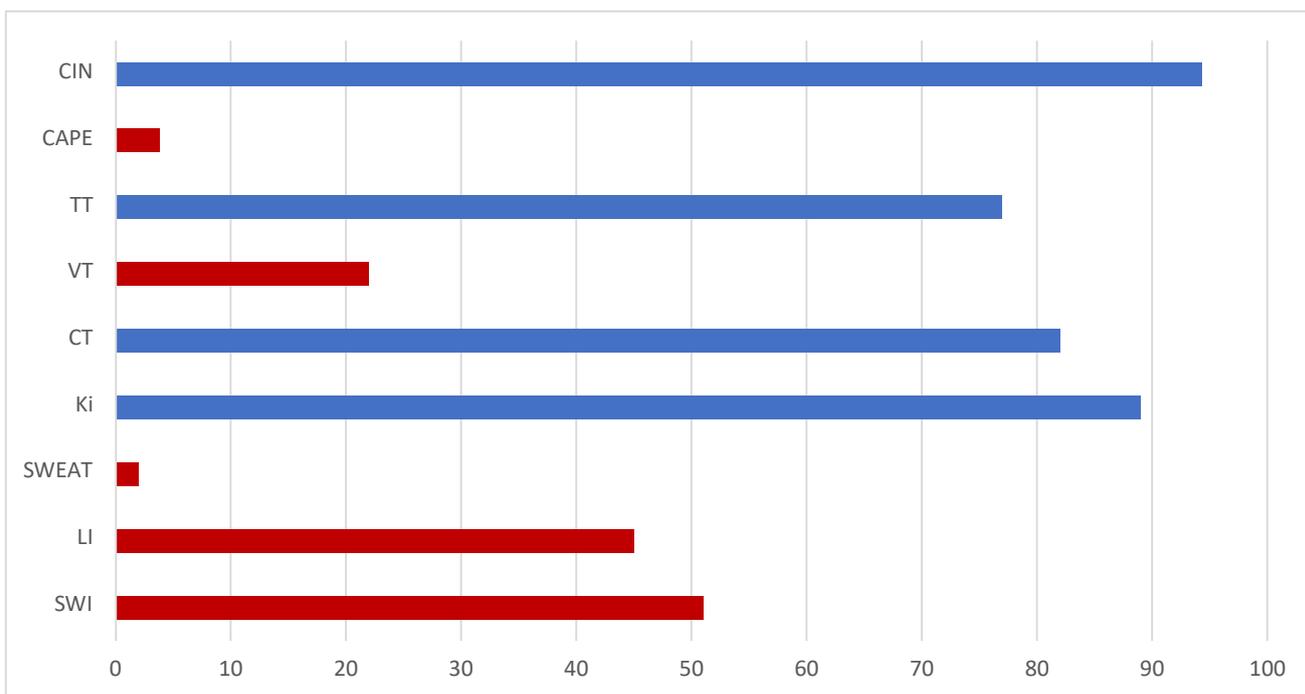


Рисунок 3.3.3 – Оправдываемость прогноза грозы по индексам конвективной неустойчивости на ОГМС Чита

Из данных в таблице 3.3.3 и на гистограмме рисунка 3.3.3 следует, что индексы Showalter, Lifted, SWEAT, Vertical Totals и CAPE выделены красным цветом, что указывает на их очень низкую оправдываемость, менее 75%. С другой стороны, индексы Ki, Cross Totals, Totals totals и CINS отмечены синим цветом, что свидетельствует об их более высокой оправдываемости, превышающей 75%. Однако стоит отметить, что индекс Totals totals осенью также показывает оправдываемость менее 75%. Итак, исходя из проведенных исследований, можно заключить, что индексы Ki, Cross Totals и CINS демонстрируют более высокую точность (от 78,3% до 93,4%), в то время как индексы Showalter, Lifted, SWEAT, Vertical Totals, Totals totals и CAPE характеризуются наименьшей оправдываемостью прогнозов (от 6% до 73,4%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной дипломной работы была проведена оценка эффективности прогнозирования и предотвращения грозовой активности на станции Чита с применением метода Лебедевой. Основной целью исследования было определение эффективности мер, направленных на предупреждение и защиту от грозовых явлений на данной станции. Для достижения этой цели были сформулированы и решены следующие задачи: проанализированы данные о предыдущих грозовых событиях, построены матрицы сопряженности, вычислены критерии и проанализирована успешность прогнозов.

В результате исследования было установлено, что метод Лебедевой действительно применяется для оценки эффективности предотвращения грозовой активности на станции Чита. Также были выявлены основные причины и факторы, влияющие на успешность предупреждения и защиты от грозовой активности. Полученные результаты позволили усовершенствовать систему мониторинга и предупреждения гроз на соответствующих станциях, связанных с грозовой деятельностью.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии методов оценки эффективности грозовой деятельности и углублении понимания

метеорологических процессов, связанных с грозами. Практическая значимость работы проявляется в возможности улучшить систему предупреждения и защиты от грозовой активности, что в конечном итоге повысит безопасность и защиту населения и объектов инфраструктуры.

Итак, данное научное исследование сосредоточено на разработке конкретных критериев оценки эффективности грозовой деятельности на станции Чита, а также на выявлении взаимосвязей между успешностью грозовой деятельности и метеорологическими условиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика Атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 1965. – 876 с.;
2. Позднякова В.А. «Практическая авиационная метеорология. Учебное пособие для летного и диспетчерского состава ГА» учебник - Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2010. — 113 с.;
3. Богаткин О. Г. Авиационные прогнозы погоды. – СПб.: изд. «БХВПетербург». – 2010. – 206-207 с.;
4. РД 52.27.724 - 2021 «Наставление, по краткосрочным прогнозам, погоды общего назначения» - Москва ФГБУ «Гидрометцентр России»
5. РД 52.04.563 - 2013 «Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями» - Санкт – Петербург;
6. Инструкционный материал по SIGMET и AIRMET – Москва, 2015 год;
7. Инструкционный материал по METAR, SPECI и TAF – Москва, 2015 год
8. Flymeteo [Электронный ресурс]; Режим доступа: <https://flymeteo.org/star/indexneust.php>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз.рус.
9. https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Чите;
10. [https://akaisenshi.livejournal.com/18798.html;](https://akaisenshi.livejournal.com/18798.html)

11. <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=30758&bday=Первый+день&fday=Последний+день&amonth=7&ayear=2022&bot=2>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Архив данных за 2018г. ОГМС Чита

Дата, на которую составляется прогноз	2018г.														
	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	П	Ф	О.%	П	Ф	О.%	П	Ф	О.%	П	Ф	О.%	П	Ф	О.%
1	-		100	-	+	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
2	-	-	100	+	+	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
3	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100
4	-	-	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
5	-	-	100	-	+	0	-	-	100	+	-	0	-	-	100
6	-	-	100	+	+	100	+	+	100	+	+	100	+	-	0
7	-	-	100	+	+	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
8	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
9	-	-	100	+	+	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100
10	-	-	100	+	+	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
11	-	-	100	-	+	0	+	-	0	-	-	100	-	-	100
12	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100	+	-	0
13	-	-	100	-	+	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
14	-	-	100	-	+	0	+	-	0	-	-	100	-	-	100
15	+	-	0	+	+	100	-	-	100	-	-	100	+	-	0
16	-	-	100	+	+	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
17	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
18	-	-	100	+	+	100	-	+	0	-	-	100	+	+	100
19	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	+	100
20	-	+	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
21	+	+	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
22	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
23	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
24	-	-	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
25	-	-	100	+	+	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
26	-	-	100	-	-	100	-	-	0	-	-	100	-	-	100
27	+	-	0	+	-	0	-	-	100	-	-	100	+	-	0
28	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
29	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
30	-	-	100	-	-	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
31	-	-	100				-	-	100	+	-	0			

Таблица 2. Архив данных за 2019г. ОГМС Чита

Дата, на которую составлялся прогноз	2019г.											
	Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %
1	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
2	-	-	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
3	-	-	100	-	-	100	+	+	100	+	+	100
4	+	-	0	-	+	0	-	-	100	-	+	0
5	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
6	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	+	0
7	+	-	0	+	-	0	-	-	100	+	-	0
8	+	+	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
9	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100
10	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100
11	-	+	0	+	+	100	-	-	100	-	-	100
12	-	-	100	+	-	0	+	-	0	+	-	0
13	-	-	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
14	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
15	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100
16	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
17	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
18	-	-	100	+	-	0	-	+	0	-	-	100
19	-	-	100	+	+	100	+	+	100	-	-	100
20	-	-	100	+	+	100	+	-	0	-	-	100
21	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
22	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
23	-	+	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
24	-	-	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
25	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
26	+	-	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
27	+	+	100	+	-	0	-	-	100	+	+	100
28	+	+	100	+	+	100	-	-	100	+	-	0
29	+	+	100	+	-	0	+	-	0	-	-	100
30	+	+	100	+	+	100	-	+	0	-	-	100
31				+	+	100	-	-	100			

Таблица 3. Архив данных за 2020г. ОГМС Чита

Дата, на которую составлялся прогноз	2020г.														
	Май			Июнь			Июль			Авг. ст			Сентябрь		
	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %
1	-	-	100	-	-	100	+	+	100	+	+	100	+	-	0
2	-	-	100	+	-	0	+	+	100	-	+	0	-	-	100
3	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100
4	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
5	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
6	--	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
7	-	-	100	+	-	0	-	-	100	+	-	0	-	-	100
8	-	-	100	-	-	100	-	+	0	+	+	100	-	-	100
9	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
10	-	-	100	+	-	0	+	+	100	-	-	100	+	+	100
11	-	+	0	-	-	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100
12	-	-	100	-	-	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
13	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100	+	-	0
14	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
15	-	-	100	-	-	100	+	+	100	+	-	0	-	-	100
16	+	-	0	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100
17	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100
18	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
19	-	-	100	-	-	100	+	-	0	+	-	0	-	-	100
20	+	-	0	-	-	100	-	-	100	+	+	100	+	-	0
21	+	+	100	-	-	100	-	-	100	+	+	100	-	-	100
22	-	-	100	+	+	100	+	-	0	+	+	100	-	-	100
23	-	-	100	+	+	100	+	+	100	+	+	100	-	-	100
24	-	-	100	-	-	100	+	+	100	+	+	100	-	-	100
25	-	+	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
26	+	+	100	-	+	0	+	+	100	-	-	100	+	+	100
27	-	-	100	+	-	0	+	+	100	+	-	0	+	-	0
28	-	-	100	+	+	100	+	+	100	+	-	0	-	-	100
29	-	-	100	+	+	100	+	-	0	-	-	100	-	-	100
30	+	+	0	+	+	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
31	-	-	100				+	+	100	+	-	0			

Таблица 4. Архив данных за 2021г. ОГМС Чита

Дата, на которую составлялся прогноз	2021г.											
	Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %
1	+	-	0	-	+	0	-	-	100	-	-	100
2	-	+	0	+	+	100	-	-	100	+	-	0
3	-	+	0	+	-	0	-	-	100	-	-	100
4	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	+	0
5	-	-	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
6	-	-	100	-	+	0	-	-	100	-	-	100
7	-	-	100	+	-	0	+	+	100	-	-	0
8	+	-	0	+	-	0	+	-	0	-	-	0
9	-	+	0	-	+	0	-	-	100	+	+	100
10	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
11	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
12	+	-	0	-	+	0	-	-	0	+	+	100
13	+	-	0	-	-	100	-	-	100	-	-	100
14	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
15	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
16	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
17	-	-	100	+	+	100	-	-	100	-	+	0
18	-	-	100	+	-	0	+	-	0	+	-	0
19	-	-	100	-	-	100	+	-	0	-	-	100
20	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	-	0
21	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	-	0
22	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
23	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
24	+	-	0	+	-	0	-	-	100	+	-	0
25	-	-	100	-	-	100	-	-	100	+	-	0
26	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100
27	+	+	100	+	+	100	-	-	100	-	-	100
28	-	+	0	-	+	0	-	-	100	-	-	100
29	+	-	0	+	-	0	-	-	100	+	-	0
30	+	-	0	+	-	0	-	-	100	-	-	100
31				-	-	100	-	+	0	-	-	100

Таблица 5. Архив данных за 2022г. ОГМС Чита

Дата, на которую составляется прогноз	2022г.								
	Июнь			Июль			Август		
	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %	П	Ф	Опр. %
1	-	-	100	-	+	0	-	-	100
2	-	-	100	-	-	100	-	-	100
3	-	+	100	+	+	100	+	-	0
4	+	-	0	+	-	0	+	+	100
5	-	-	100	-	-	100	-	-	100
6	+	-	0	+	+	100	-	-	100
7	+	-	0	+	-	0	-	-	100
8	-	-	100	-	-	100	-	-	100
9	+	+	100	-	+	0	-	-	100
10	+	-	100	-	-	100	-	-	100
11	-	-	100	-	-	100	-	-	100
12	+	+	100	+	-	0	-	-	100
13	-	-	100	-	-	100	-	-	100
14	-	-	100	-	-	100	-	-	100
15	-	-	100	+	+	100	-	+	0
16	-	-	100	-	-	100	+	-	0
17	-	+	0	-	-	100	-	-	100
18	+	-	0	-	-	100	-	-	100
19	-	-	100	+	-	0	-	-	100
20	+	-	0	-	+	0	-	-	100
21	+	-	0	-	-	100	-	-	100
22	-	-	100	-	-	100	-	-	100
23	-	-	100	-	+	0	-	-	100
24	+	+	100	+	+	100	-	-	100
25	+	-	0	-	+	0	-	-	100
26	-	-	100	+	-	0	-	-	100
27	-	-	100	-	-	100	-	-	100
28	-	-	100	-	-	100	-	-	100
29	-	+	0	-	-	100	-	-	100
30	-	-	100	-	+	0	-	-	100
31				+	-	0	-	-	100