



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

Кафедра МКОА

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Индексы неустойчивости атмосферы при грозовой активности в
городе Саратове»

Исполнитель Коняева Анастасия Романовна

Руководитель Кандидат физико-математических наук, доцент

Канухина Анна Юрьевна

«К защите допускаю»

и.о. заведующий кафедрой Дробжева Я. В.

Доктор физико-математических наук, доцент

Дробжева Яна Викторовна

« 13 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Оглавление	
Введение.....	3
Глава I.....	5
1. Общие сведения о грозах.....	5
1.1. Строение грозового облака и его стадии развития.....	6
1.2. Классификация гроз.....	11
1.3. Основные методы прогнозирования гроз.....	17
1.4. Международные индексы для оценки конвективной неустойчивости атмосферы.....	27
1.4.1. Lifted Index.....	27
1.4.2. К индекс.....	29
1.4.3. Total Totals.....	30
1.4.4. Convective available potential energy.....	30
1.4.5. Convective inhibition.....	33
2. Климатические и геофизические особенности города Саратова.....	35
2.1. Географическое положение и характеристика климата.....	35
2.2. Физико-географическое положение аэропорта «Гагарин».....	37
Глава II.....	39
Глава III.....	41
Заключение.....	56
Список используемой литературы.....	58
Приложения.....	59

Введение

Сейчас используется множество подходов к прогнозированию гроз, среди которых методы с применением индексов конвекции. Они предоставляют возможность быстро сориентироваться в вероятности возникновения грозовых активностей, что существенно упрощает принятие решения прогнозистом. Для вычислений конвективных характеристик применяются достаточно лёгкие формулы и данные атмосферного зондирования. Но несмотря на удобство получения и использования данных, мы не можем с полной точностью оценивать индексы по всей территории России. Пороговые значения индексов неустойчивости для прогноза конвективных явлений определены лишь для зарубежных территорий и некоторых российских регионов. Они могут существенно отличаться от фактических значений в том или ином рассматриваемом городе, поэтому необходима корректировка региональных пороговых значений индексов для упрощения последующего прогнозирования гроз в конкретной локации.

Цели данной работы можно сформулировать следующим образом:

- провести анализ параметров конвективной неустойчивости атмосферы в дни с грозами и без гроз для района аэропорта «Гагарин» в городе Саратове за период с начала работы аэропорта с августа 2019 г. по сентябрь 2023 г.;
- определить их пороговые значения для дальнейшего возможного использования при составлении прогноза внутримассовых и фронтальных гроз.

Для достижения поставленных целей необходимо выполнить следующие задачи:

- создать базу данных с грозовыми явлениями в аэропорту «Гагарин» за период 08.2019-09.2023;
- систематизировать и провести анализ гроз по синоптическим картам;

- выбрать и проанализировать индексы конвективной неустойчивости атмосферы в указанные дни;
- выявить пороговые значения индексов неустойчивости, при которых наблюдаются грозы над территорией Саратова;
- сравнить полученные пороговые значения для Саратова с общепринятыми международными данными.

ГЛАВА I.

1. Общие сведения о грозах

Грозой называют сильное кратковременное погодное возмущение, вместе с которым чаще всего сопровождаются другие опасные явления – сильные ливни, очень сильные ветра или град. Грозы возникают при подъёме слоёв тёплого влажного воздуха большим стремительным восходящим потоком в более прохладные части атмосферы. Влага, находящаяся в восходящем потоке, конденсируется и образует высокие кучево-дождевые облака, а после выпадение осадков. Частицы облака образуют электрические заряды, которые при большом их накоплении провоцируют разряд молнии. А молния, в свою очередь, обильно нагревая воздух, проходящий через неё, способствует возникновению ударных волн, то есть раскатов грома. Количество молний, генерируемое облаком, связано со скоростью воспроизводимых зарядов, их размером и распределением в объёме облака. При сильном закручивании вихрей воздушных масс могут образовываться смерчи.

Грозовые явления происходят почти в каждом регионе мира, за исключением полярных районов. Тропические и в летнее время умеренные регионы Земли более всего склонны к возникновению гроз. Восходящие движения в атмосфере могут осуществляться различными способами. Частым механизмом атмосферного движения является нагрев поверхности суши солнечным светом. Вместе с этим неустойчивость может возникнуть при нагреве нижних слоёв холодного воздуха после перемещения над тёплой поверхностью океана или слоями тёплого воздуха. А также горы действуют как топографические барьеры, вызывающие усиление ветра.

1.1. Строение грозового облака и его стадии развития

Формирование огромного грозового облака происходит за счёт неустойчивости атмосферы, то есть её неустойчивости к вертикальным движениям воздуха. Вертикальные движения воздушных масс представляют собой восходящие и нисходящие потоки тёплого лёгкого и более холодного тяжёлого воздуха соответственно. Механизм заключается в том, что воздух с меньшей температурой перемещается по периферии и стремится опуститься вниз, поднимая большой объём тёплой воздушной массы в центре. Если восходящий поток влажный, то конденсация высвобождает скрытую тепловую энергию, что ещё больше усиливает восходящее движение воздуха и увеличивает неустойчивость. На рисунке 1.1 наглядно представлены направления вертикальных потоков.

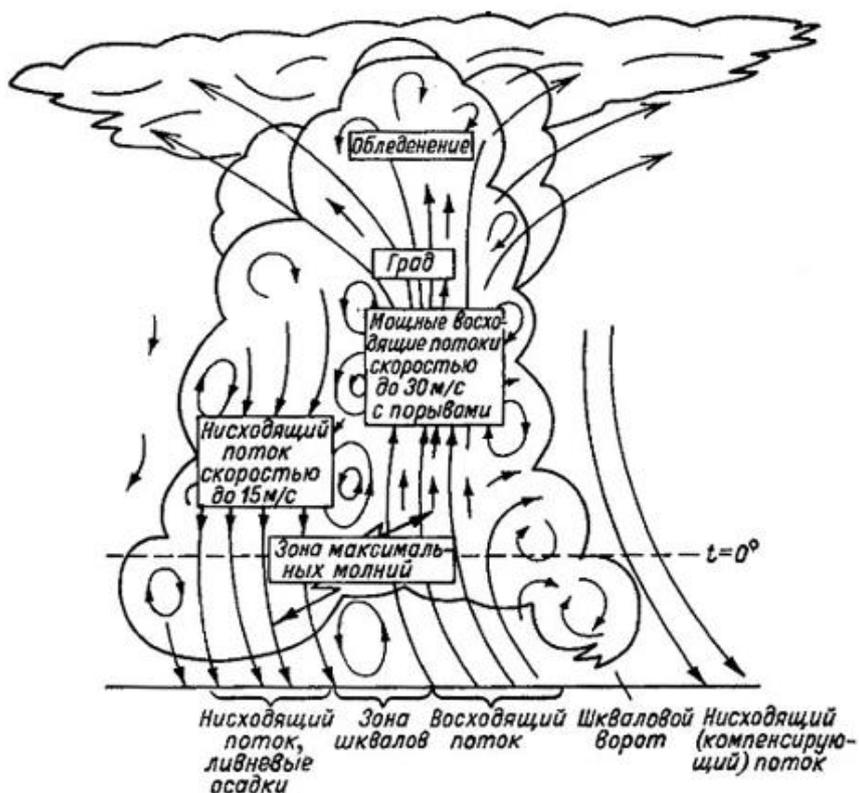


Рисунок 1.1 – Схема воздушных движений в грозовом облаке: \uparrow - восходящие потоки, \downarrow - нисходящие потоки.

Грозовые тучи создают избыточные положительные заряды, накапливающиеся на разных высотах облака, но преимущественно

располагающиеся в его верхней части, и отрицательные в противоположном положении. Отрицательный заряд в своём большинстве находится на высотах, температура окружающего воздуха которых составляет от -5 до -15 °С. В результате происходит распределение заряда по пространству, что создаёт высокое электрическое поле и значительную электрическую активность. Расположение объясняется тем, что более крупные и тяжёлые частицы облаков заряжены отрицательной полярностью и падают быстрее, а более мелкие и лёгкие частицы заряжены положительно и имеют меньшую скорость падения. На рисунке 1.2 представлена схема строения грозового облака.

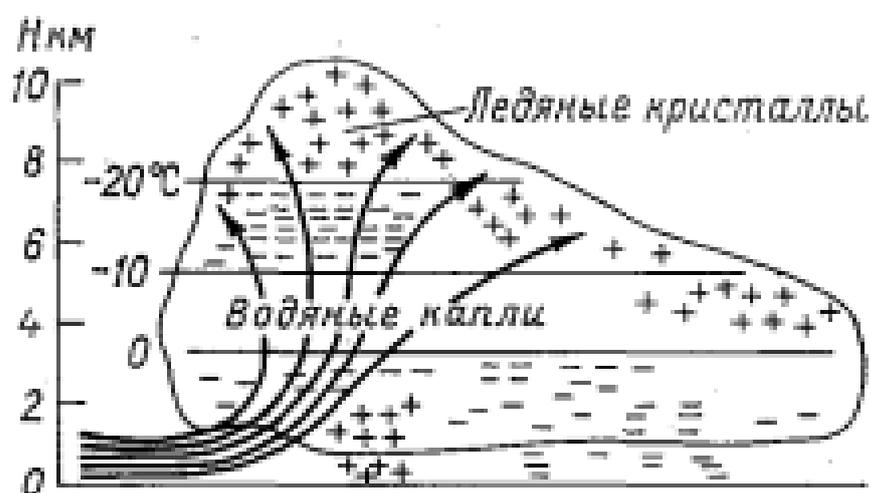


Рисунок 1.2 - Схема электрической структуры грозового облака.

В результате разделения зарядов образуются сильные электрические поля, при которых возникают молнии – электрические разряды, образующиеся между областями с противоположными зарядами, заряженными областями и землёй или из заряженной области в нейтральную атмосферу. Приблизительно $\frac{2}{3}$ всех разрядов происходят внутри облака, от облака к облаку или из облака в воздух, а оставшиеся между облаком и землёй. Средняя длина видимой части составляет 2 - 3 км с общей длительностью разряда 0,5 - 1,5 с [1].

Развитие молнии начинается со стадии пробоя серией разрядов промежутка между отрицательно и положительно заряженными частями облака. Начальная стадия обладает небольшими изменениями электростатического поля и длится 2 - 10 мс. Затем идёт промежуточная стадия с относительно малой активностью электромагнитного излучения и длительностью до 400 мс. После наступает лидирующая стадия, у которой в отрицательно заряженной области развивается слабо светящийся разряд, направленный вниз с сильным разветвлением и отдельными светящимися ступенями длиной 50 - 60 м. Лидирующая стадия сопровождается электромагнитным излучением в виде цуга двух полярных импульсов длительностью от 4 до 30 мс, отдельные импульсы длятся 50 - 100 мкс. Фаза имеет продолжительность 50 - 100 мс. Когда разряд лидирующей стадии достигает земли, по подготовленному им каналу развивается ярко светящийся главный разряд и образует обратный удар. Большой отрицательный заряд, который распределён вдоль лидирующего канала, начинает быстро стекать на землю. На этом этапе эволюции молнии электрическое поле распадается на две части, которые соответствуют быстрому нарастанию в пределах 50 - 250 мкс и последующему за ним более медленному нарастанию. Длительность главного разряда может составлять от 70 до 900 мкс. После по тому же каналу следуют повторные обратные удары, интервалы между которыми перекрываются серией малых и быстрых изменений электромагнитного излучения – к-импульсами, которые следуют через 2 - 20 мс и распространяются на большие расстояния. Финальная стадия разряда определяется медленными и длительными изменениями поля, которые сопровождаются несколькими небольшими импульсами по аналогии схожими с к-импульсами. Ток разряда в среднем равен нескольким десяткам ампер, но может превышать сотни тысяч ампер. На рисунке 1.3 представлены стадии молний при отношении разряда облако - земля.

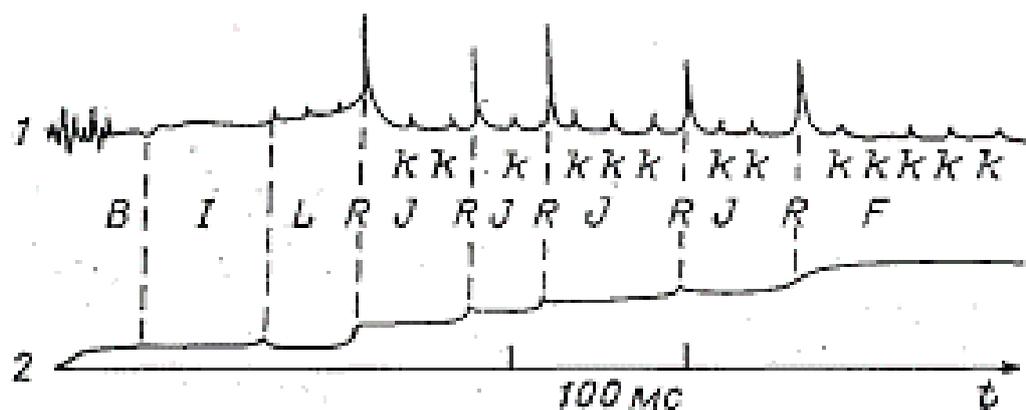


Рисунок 1.3 - Стадии молний, сопровождающие разряд облако - земля: 1 - электромагнитное излучение в волновой зоне, 2 – электростатическая составляющая; В – стадия состояния пробоя, I – промежуточная стадия, L – лидирующая стадия, R – главный разряд, J – стадия повторных обратных ударов, F – финальная стадия, k - импульс.

Также существуют разряды, происходящие между и внутри облаков. Они имеют всего три жизненные стадии (рисунок 1.4). В начальной стадии (I) электромагнитное излучение представляется в виде импульсов с малой амплитудой. Её длительность может достигать до 300 мс, а промежутки между импульсами могут длиться от нескольких десятков микросекунд до 10 мс. Далее эта стадия постепенно переходит в активную стадию (A) облачного разряда. Её электромагнитное излучение иллюстрирует хаотическую последовательность импульсов, которые характеризуются большой нерегулярностью форм и интервалов между ними. Финальная стадия (J) в межоблачном разряде подобна финальной стадии разряда облако - земля.

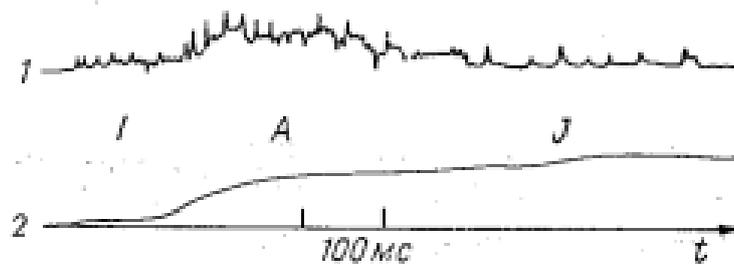


Рисунок 1.4 - Стадии молний, сопровождающие разряд облако-облако: I – начальная стадия, A – активная стадия, J – финальная стадия.

Связь числа облачных разрядов и разрядов на землю может изменяться в очень широких диапазонах, обусловленных образованием гроз и географической широты точки. По наблюдениям было выявлено 60 - 70 % общего числа внутриоблачных разрядов в средних широтах и 90 % в нижних широтах. Интенсивность грозы, географическая широта точки и рельеф местности определяют длительность разрядов и их частоту [1].

Конвективные ячейки в атмосфере - это области с сильным вертикальным движением. Количественно в некоторых грозовых облаках их может быть до 10, но чаще всего численность ячеек составляет одну и несколько. Их горизонтальные размеры могут достигать 2 - 8 км. Между ячейками расположены безвихревые зоны. Каждая из ячеек проходит свой жизненный цикл, состоящий из стадий зарождения, зрелости и затухания.

1. На ранней стадии развития клетки движение воздуха в основном направлено вверх в виде серии восходящих токов, которые могут двигаться со скоростью 15 - 20 м/с. Частицы облаков и осадков образуются и растут по мере роста ячейки. При огромном накоплении влаги начинается нисходящий поток, движение которого усиливается с испарением частиц облака и охлаждением воздуха. Напряженность электрического поля недостаточно велика для перехода облака в грозовое. Стадия по времени длится около 10 – 15 минут.

2. В зрелом возрасте ячейка содержит как восходящие, так и нисходящие потоки с наибольшей электрической активностью. Первые могут распространяться со скоростью 50 м/с, вторые – 30 м/с. Температура воздуха у вершины облаков становится ниже $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$. На этом этапе характерно интенсивное выпадение осадков. Стадия действует от 15 до 30 минут.
3. На стадии затухания скорость вертикальных потоков не превышает 5 м/с. Преобладает нисходящий поток, который распространяется по всей ячейке. Его интенсивность снижается по мере выпадения осадков из облака, после чего начинается распад облака [1].

На рисунке 1.5 схематично показаны все три стадии жизни грозовой ячейки.

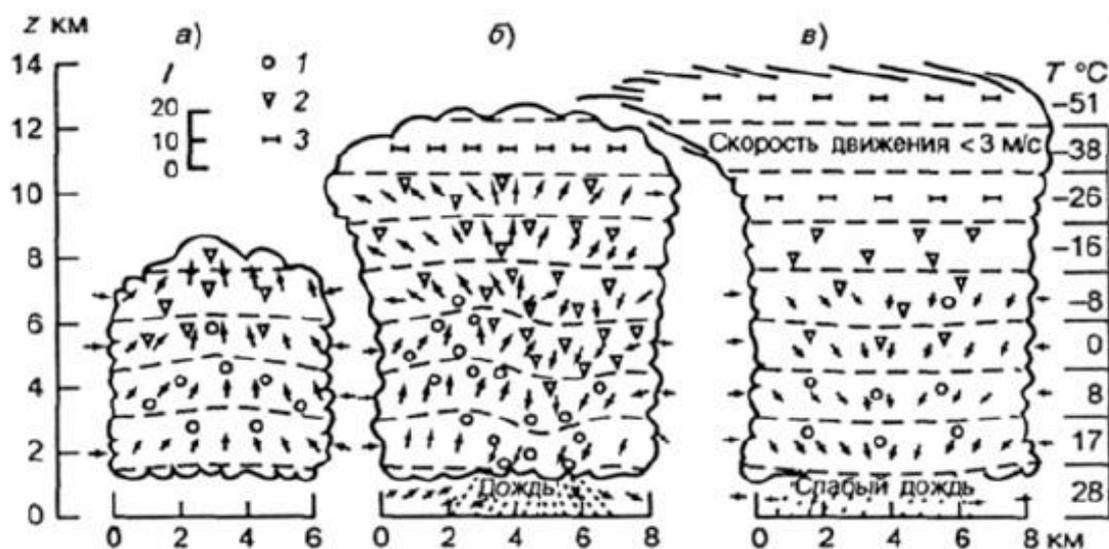


Рисунок 1.5 - Схема строения грозовой ячейки: а - начальная стадия, б - стадия зрелости, в - стадия распада; 1 – капли, 2 – частицы крупы и града, 3 – кристаллы; / – масштаб скорости (м/с) [2].

1.2. Классификация гроз

На формирование гроз благоприятное влияние оказывают такие характерные синоптические процессы, как размытые барические поля, слабо выраженные и заполняющиеся циклоны, тыловая часть циклона, седловина, восточная периферия антициклонов и иногда тёплый сектор циклона. Одним из главных условий для появления гроз является развитие мощной вертикальной конвекции влажного воздуха, которое происходит при сильном нагревании воздуха у земной поверхности или в результате вымещения вверх тёплого приземного воздуха холодным. В первом случае образуются внутримассовые грозы, во втором – фронтальные.

Внутримассовые грозы делятся на конвективные (тепловые) и адвективные. На рисунке 1.6 показаны барические поля при внутримассовом виде гроз. Орографические грозы относят и к внутримассовым, и фронтальным.

1. Конвективные грозы чаще всего возникают в размытом барическом поле во второй половине дня. Их размеры невелики, а скорость смещения составляет около 10 - 15 км/ч. При этом внутримассовые кучево-дождевые облака приносят с собой много молний, града и сильные ливни. Ветер при тепловых грозах слабый и кратковременное усиление происходит только перед самой грозой. Температуры воздуха у поверхности земли обычно выше 22 - 25 °С.
2. Адвективные грозы возникают после прохождения холодных фронтов в массах морского умеренного воздуха. Они начинают развиваться при низких температурах, а также имеют большую скорость смещения. Обычно имеют изолированные очаги.

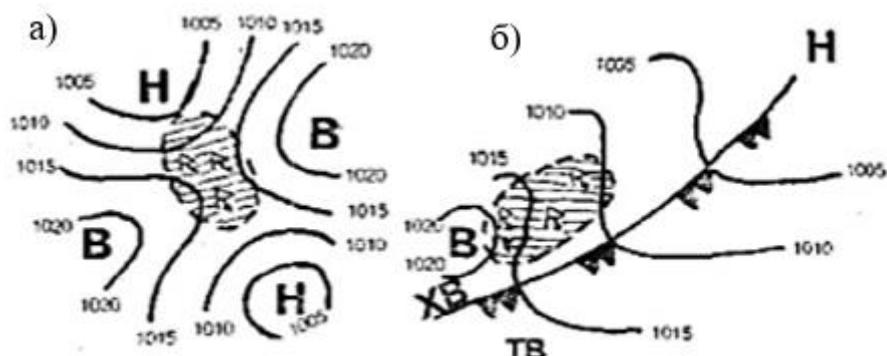


Рисунок 1.6 – Схема барических полей: а) – конвективные грозы, б) - адвективные грозы [3].

Орографические грозы формируются в горной и холмистой местности на наветренных склонах. Они происходят из-за возникновения конвекции или усиления воздушных конвективных движений под действием горных барьеров. Рельеф и направление движения воздушных масс способствует увеличению вертикальных токов. Осадки характеризуются интенсивными и непродолжительными ливнями.

Фронтальные грозы продолжительнее внутримассовых. Они охватывают большую территорию и подразделяются на грозы холодного фронта, теплого фронта и фронтов окклюзии.

1. Грозы холодного фронта возникают над поверхностью холодного фронта, усиливаются во второй половине дня и ослабевают ночью. Они обычно растянуты вдоль линии фронта и имеют ширину 50 - 70 км. Грозовые зоны в среднем смещаются со скоростью 30 - 40 км/ч, но крайне редко скорость смещения может быть равной и 100 км/ч. Разрывы между отдельными кучево-дождевыми облаками достигают 10 - 20 км. Данный вид гроз делится на холодные фронты первого и второго родов (рис. 1.7 и 1.8):

а) холодный фронт I рода представляется как медленно движущийся фронт. Восходящие движения тёплого воздуха идут вдоль всей поверхности фронта и приводят к формированию слоисто-дождевых

и высоко-слоистых облаков, примыкающих к фронтальной поверхности;

- b) холодный фронт II рода – это быстро движущийся фронт. Верхняя часть фронтальной поверхности полностью оснащена нисходящими потоками воздуха – происходит интенсивное вытеснение тёплого воздуха надвигающимся холодным.
- 2. На тёплом фронте грозы возникают при подъёме тёплого и влажного воздуха. Они усиливаются ночью и ослабевают в дневное время. Объясняется это прекращением нагрева верхней части после захода солнца и излучением тепла. В результате чего температура верхней границы облачности понижается - это приводит к увеличению вертикального градиента температуры в облаке, появлению неустойчивой стратификации и возникновению кучево-дождевой облачности вместо слоисто-дождевой. Облачная система тёплого фронта показана на рисунке 1.9.
- 3. Грозы на фронтах окклюзии наблюдаются в любое время суток, но чаще во второй половине дня. Связанно это с тем, что в основном они появляются на холодных фронтах окклюзии.

Пример холодного и тёплого фронтов окклюзии изображён на рисунке 1.10.

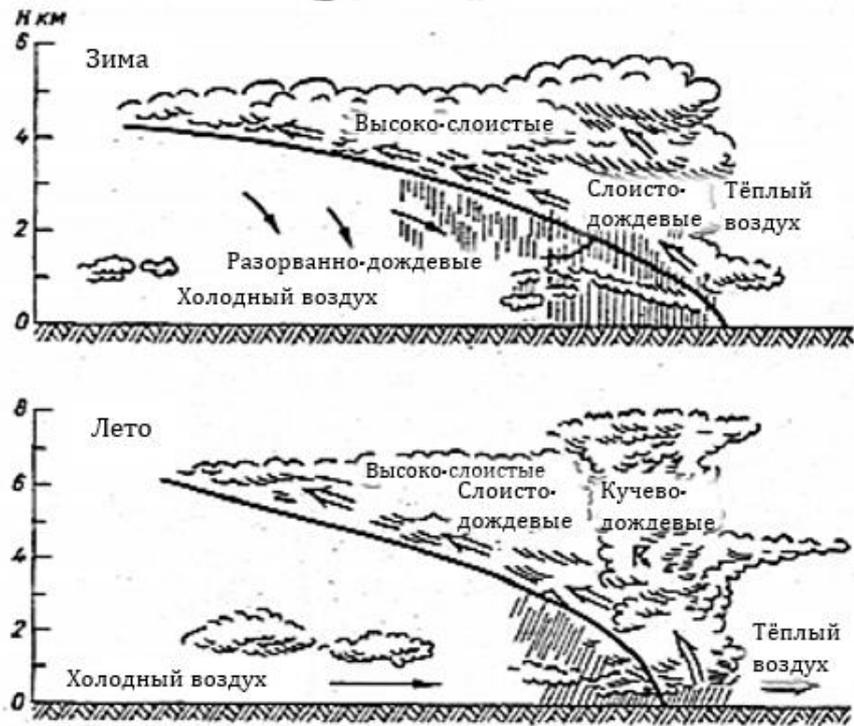


Рисунок 1.7 – Схема облачной системы холодного фронта I рода [3].

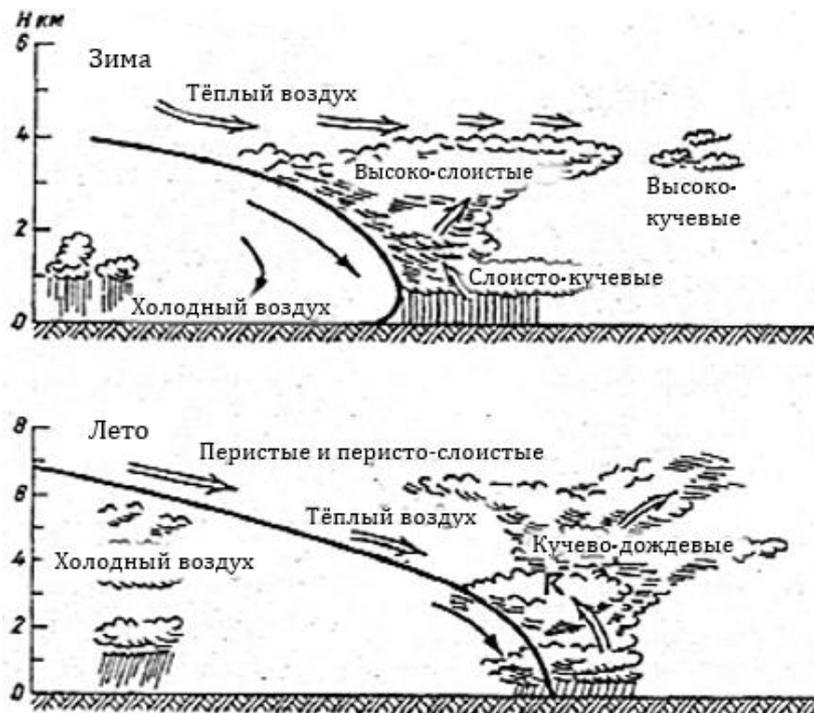


Рисунок 1.8 – Схема облачной системы холодного фронта II рода [3].



Рисунок 1.9 – Схема облачной системы теплого фронта [3].

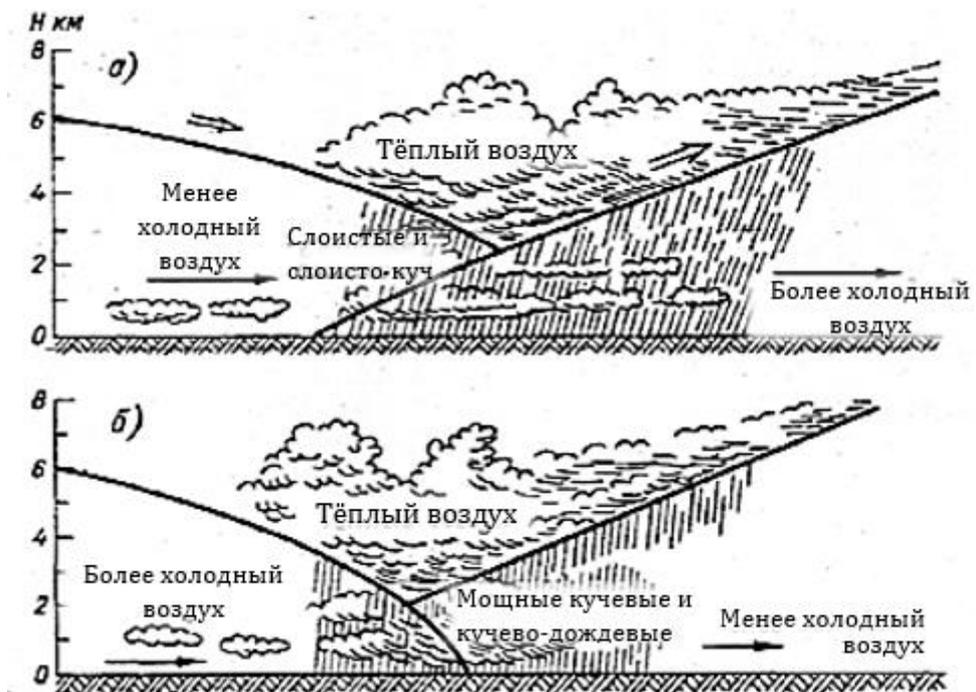


Рисунок 1.10 – Схема облачной системы фронтов окклюзии по типу теплого (а) и типу холодного (б) [3].

Фронтальные грозы часто связаны с медленно перемещающимися холодными фронтами и с размытыми фронтами окклюзии. Грозы, а именно, ночные в летнее время часто связаны с прохождением тёплых фронтов при неустойчивой тёплой воздушной массе.

1.3. Основные методы прогнозирования гроз

Различают большое количество способов прогнозирования грозовых явлений. В методику определения гроз входят как адиабатические, так и неадиабатические модели конвекции. Но в большинстве случаев используются первые. Ниже рассмотрены некоторые базовые методы прогноза гроз.

1. Метод частицы является самым простым и удобным для прогнозирования. Он подразумевает определение параметров поднимающейся изолированной частицы воздуха, изолированного объёма. Техника распознавания состоит в обработке аэрологической диаграммы по данным температурно-ветрового зондирования за утренний срок. На аэрологической диаграмме строится кривая состояния, по которой определяют изменение температуры изолированного объёма воздуха (отдельной частицы) на разных высотах. Если уровень конвекции находится выше уровня конденсации более чем на 4,5 км, то по району будут ожидать грозы, а для пункта прогноз должен производиться другим способом [4]. Метод частицы взят за основу разработки прогнозов ОЯ в некоторых других методах.

2. Метод Н. В. Лебедевой заключается в расчётах восьми параметров конвекции для определения конвективных явлений по данным утреннего зондирования атмосферы. Нужно рассчитать:

1) суммарный дефицит температуры точки росы на уровнях 850, 700 и 500 гПа, учитывает влияние участия и характеризует возможность образования облачности (если $\Sigma D > 25$ °С - дальнейшие расчёты не производятся, так как конвекция не образует кучево-дождевые облака при большой сухости воздуха в нижней половине тропосферы, если $\Sigma D \leq 25$ °С - рассчитывается второй параметр);

2) дефицит температуры точки росы у земли или на верхней границе приземной инверсии на момент максимального развития конвекции (если $D_0 > 20$ °С – расчёты не производятся, так как уровень конденсации находится на высоте более 2,5 км и следовательно осадки не будут доходить до земной поверхности, если уровень конденсации ниже 2 км и есть благоприятные условия для возникновения конвекции - высчитываются остальные параметры);

3) толщину конвективно-неустойчивого слоя (чем больше толщина каждой частицы слоя, тем больше вероятность образования кучево-дождевой облачности и развития грозовой деятельности);

4) уровень конденсации (характеризует среднее положение высоты нижней границы кучево-дождевой облачности);

5) уровень конвекции (даёт возможность определить среднее положение вершин кучево-дождевых облаков - чем выше уровень, тем мощнее грозовые облака);

6) температуру воздуха на уровне конвекции (чем ниже температура, тем вероятнее наличие ливней и гроз);

7) среднюю величину отклонения температуры на кривой состояния (T') от температуры на кривой стратификации (T) (чем больше эта величина, тем больше степень неустойчивости воздуха и интенсивность развития конвекции);

8) среднюю вертикальную мощность конвективных облаков (определяется по разности высот уровня конвекции и уровня конденсации - чем больше эта величина, тем вероятнее возникновение конвективных явлений).

Н. В. Лебедева предоставила оценочное суждение конвективных явлений по результатам расчётов параметров конвекции и представила его в виде таблицы 1.1:

Таблица 1.1 - Параметры конвекции и соответствующие им конвективные явления [4].

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
~ 16	~ 10	—	От $1,5$ до $1,0$	> 8	< -23	> 3	$> 7,5$	Град

Оправдываемость прогноза наличия гроз составляет 80%, а их отсутствия – 89% [4].

3. Метод Бейли показывает, в каких случаях гроза точно ожидать не будет. К признакам отсутствия грозы относятся: 1) дефицит температуры точки росы ≥ 13 °С на любом из уровней в слое 850 - 700 гПа; 2) сумма дефицитов температуры точки росы на уровнях 700 и 600 гПа ≥ 28 °С; 3) адвекция сухого воздуха на уровнях 850 и 700 гПа; 4) вертикальный градиент температуры в слое 850 - 500 гПа $\leq 0,5$ °С/100 м; 5) уровень замерзания (-12 °С) ниже высоты 3600 м. При наличии одного из перечисленных признаков из развивающихся облаков будут выпадать только слабые ливневые осадки.

Также вероятность возникновения гроз по Бейли можно определить с помощью графика, изображённого на рисунке 1.11, где сумма дефицитов точки росы на уровнях 700 и 600 гПа откладывается по горизонтальной

оси, а разность температур на уровнях 850 и 500 гПа – по оси вертикали. Все области показывают разную вероятность грозы [4].

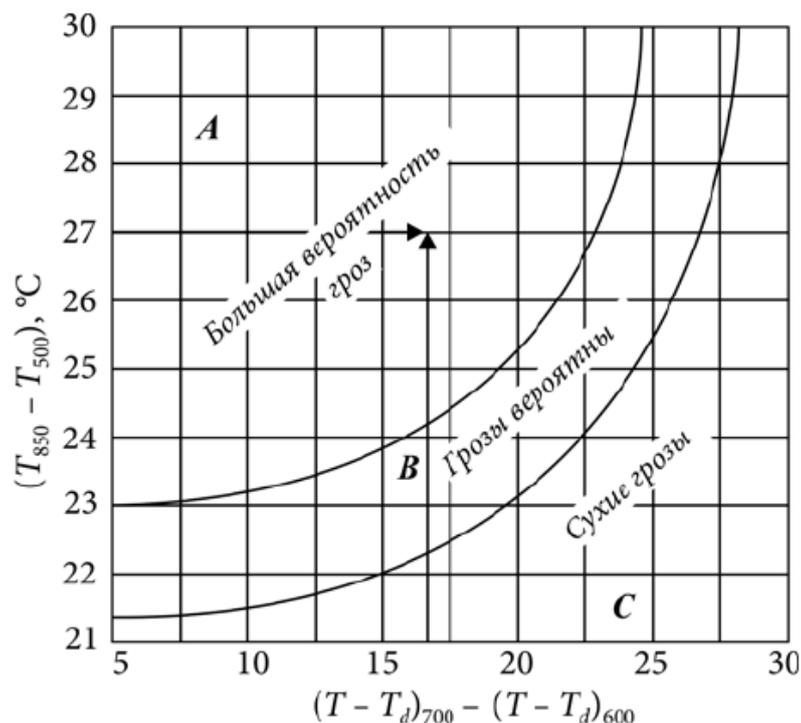


Рисунок 1.11 - График возникновения гроз по Бейли [4].

4. Метод Вайтинга основан на расчёте параметра К (индекса), который определяется по формуле:

$K = 2T_{850} - T_{500} - D_{850} - D_{700}$, где Т - температура; D - дефицит температуры точки росы.

Из произведённых расчётов делают вывод о прогнозируемых грозах, оценочная часть которых представлена в таблице 1.2 [4]:

Таблица 1.2 - Определение вероятности гроз по методу Вайтинга.

Значение параметра К	Прогноз гроз
$K < 20$	Не ожидаются
$20 < K < 25$	Изолированные грозы
$25 < K < 30$	Отдельные грозы
$K > 30$	Грозы повсеместно

По данному методу лучше всего определяется прогноз погоды по площади, для чего строят карту изолиний коэффициента К по данным зондирования атмосферы.

Также может вводиться поправка на кривизну приземных изобар, в рассчитанные значения параметра К (таблица 1.3):

Таблица 1.3 - Величина поправки на кривизну приземных изобар [4].

R, км	< 250	250 - 500	500 – 1000	> 1000
Zn	2	1,4	1	0
Azn	-2	-1,4	-1	0

Н. П. Фатеев выдвинул предложение по улучшению метода Вайтинга с помощью использования дополнительного параметра А, который лучше учитывает распределение влажности по высотам и рассчитывается следующим образом:

$$A = T_{850} - T_{500} - (D_{850} + D_{700} + D_{600} + D_{500})$$

Гроза указывается, если $A \geq 0$ [4].

5. Метод Фауста основан на определении разности между температурой нулевого испарения и температурой на уровне 500 гПа:

$$\Delta T = T_v - T_{500}.$$

В полученное значение ΔT вводят поправки на кривизну изобар и на их сходимость (+1°C) или расходимость (-1°C). Величина T_v определяется по графику (рис. 1.12), в котором оси являются температурой воздуха на уровне 850 гПа и средним дефицитом температуры точки росы на уровнях 850, 700 и 500 гПа:

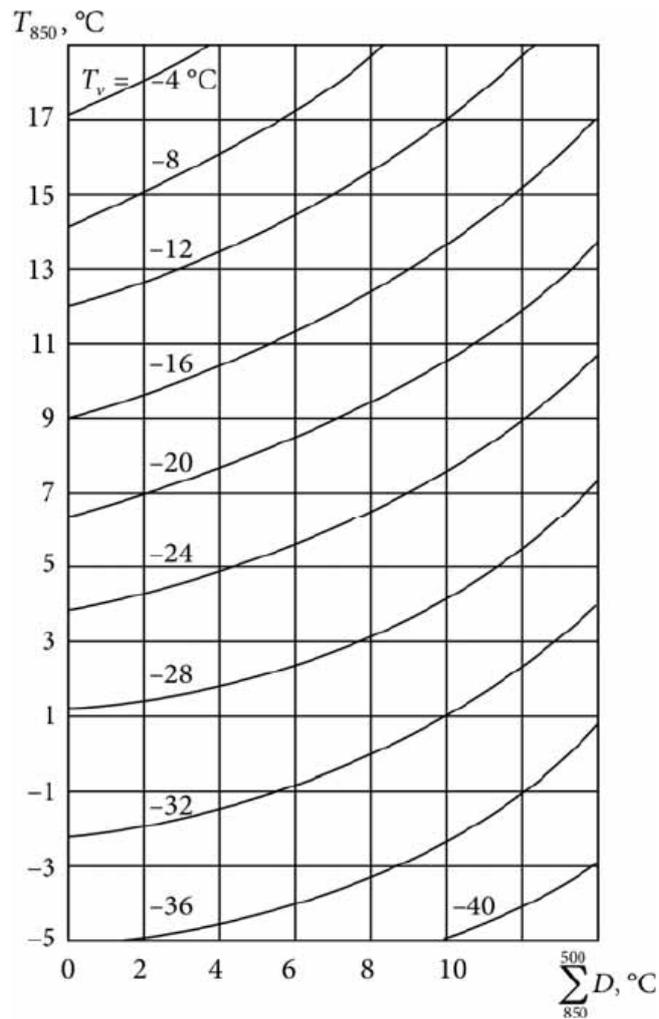


Рисунок 1.12 - График для определения температуры нулевого испарения[4].

Если $T_v > 0$, то грозы указываются. Оправдываемость наличия гроз в европейской части России по методу Фауста составляет 82 %, а их отсутствия – 91 % [4].

6. Метод Г. Д. Решетова содержит принцип выявления возможного возникновения гроз по трём параметрам на аэрологической диаграмме – это: высота вершин кучево-дождевой облачности, значение температуры воздуха на этой высоте и толщина слоя верхней части облака, в которой наблюдаются отрицательные температуры.

Если наблюдаются следующие благоприятные синоптические условия, то наличие грозы указывается: фронтальные разделы (в особенности холодные), области вблизи вершины волны, центральная часть молодого или развитого циклона, окрестность точки окклюзии, ложбина в тёплом секторе циклона, малоградиентное поле давления на приземной карте и ложбина или очаг холода на высотах. Возможное возникновение гроз определяется по графику (рис. 1.13) [4]:

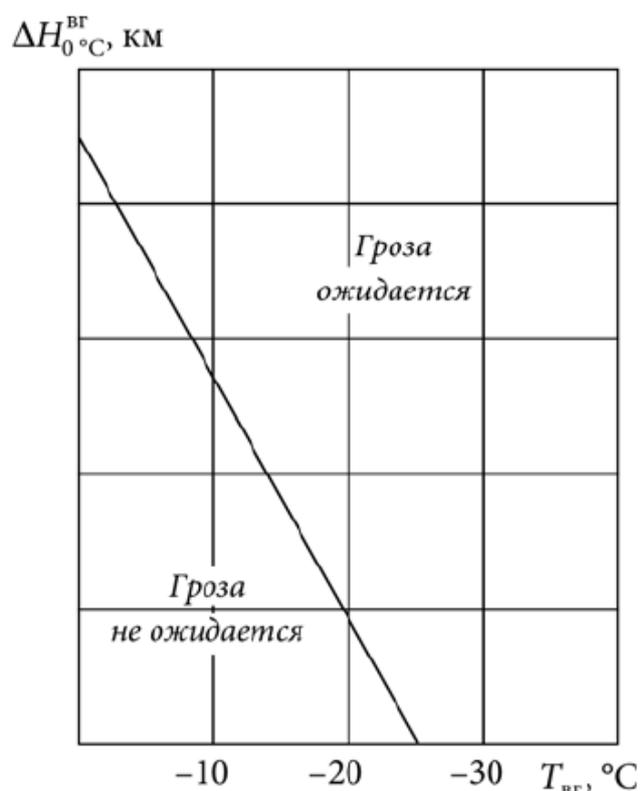


Рисунок 1.13 - График для прогноза гроз (по методу Г. Д. Решетова).

Оправдываемость прогноза составляет около 90%[4].

7. Метод Б. Е. Пескова представляет собой определение параметров по прогностическим кривым стратификации температуры, температуры точки росы, и прогностическому полю приземного давления. Формула имеет вид:

$$U = 0.4 * (T_2 - T)_{600} - 0.05 * (T - T_d)_{500} + 0.4 * \nabla^2 p_0 - 0.07 * |\Delta V|_{700}^{300}, \text{ где } (T_2 - T)_{600} - \text{отклонение кривой состояния от кривой}$$

стратификации на уровне АТ600 гПа; $(T-T_d)_{500}$ – дефицит точки росы на уровне АТ500 гПа; $\nabla^2 p_0$ – лапласиан приземного давления, который характеризует приземную конвергенцию потоков; $|\Delta V|_{700}^{300}$ – модуль векторной разности скорости ветра на поверхностях АТ700 и АТ300 гПа.

Для прогнозирования грозы значение функции должно быть > 0 .

8. Метод Р. А. Ягудина используют в основном в Западной Сибири для прогноза ночных гроз. В методе рассчитываются следующие прогностические параметры:

- суммарная массовая доля водяного пара на уровнях АТ850 АТ700 ($(\sum q(700-850))$);

- перепад температуры на границах слоя между изобарическими поверхностями АТ850 и АТ700 ($\Delta T(850-700)$);

- суммарный дефицит температуры точки росы между изобарическими поверхностями АТ850-АТ700-АТ500 ($\sum T-T_d(850-500)$);

- индекс неустойчивости на уровне АТ700 – разность температур между поднимающейся с изобарической поверхности АТ850 частицей до уровня АТ700 и окружающим воздухом ($\Delta T'700$);

- индекс неустойчивости на уровне АТ500 ($\Delta T'500$);

- дефицит температуры точки росы на уровне АТ700 ($(T-T_d)700$).

На рисунке 1.14 представлены схемы, на которых данные предикторы были использованы попарно – $\sum q(700-850)$ с $\Delta T(850-700)$, $\sum T-T_d(850-500)$ с $\Delta T'700$ и $\Delta T'500$ с $(T-T_d)700$ – на схеме данные случаи отмечены буквами а, б и в соответственно.

Гроза будет возможна только, если во всех трех графиках точка будет находиться в зоне с вероятностью грозы от 30%, остальные случаи рассматриваться не будут.

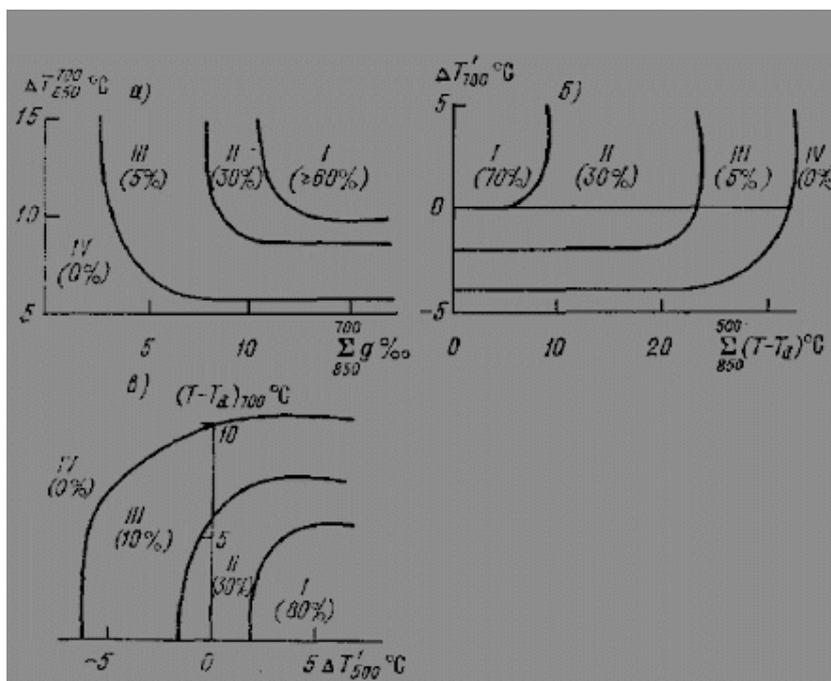


Рисунок 1.14 - Диаграммы вероятности ночных гроз по методу Р. А. Ягудина [4].

9. Метод И. А. Славина является начальной точкой расчётов неадиабатических методов прогноза гроз, доведённых до практического применения. В процессе образования конвективных облаков поднимающийся насыщенный воздух перемешивается с окружающим более холодным и менее влажным воздухом. Таким образом неадиабатическая кривая состояния облачного воздуха будет находиться левее влажной адиабаты, ближе к кривой стратификации, что хорошо показано на рисунке 1.15 [4].

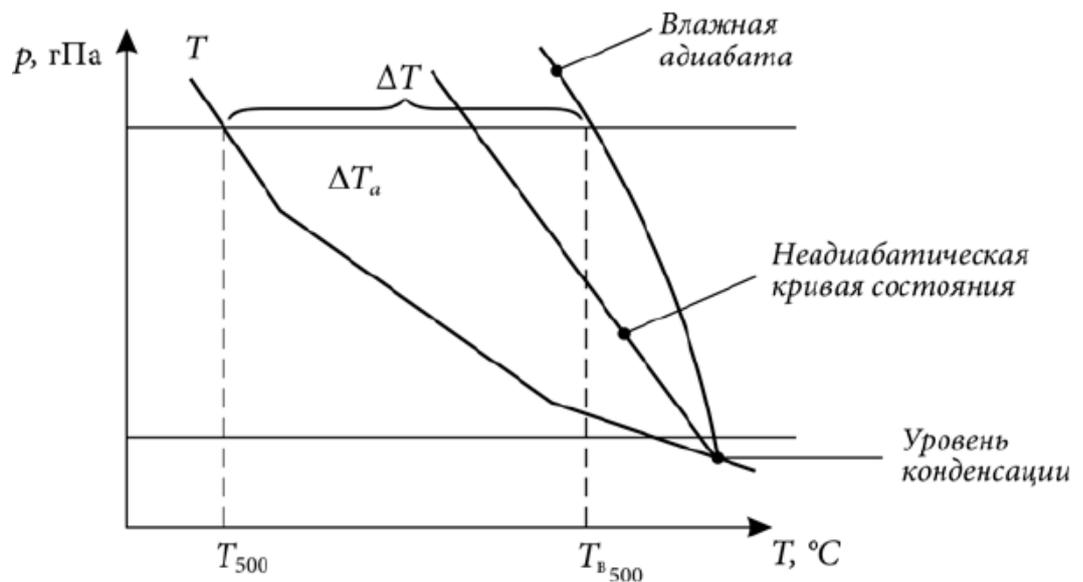


Рисунок 1.15 – График прогноза по методу И. А. Славина [4].

Если разность температур между окружающим воздухом и облачным воздухом (ΔT_a) на уровне 500 гПа превышает 0, то вероятность появления грозы велика [4].

10. Метод Кокса основан на расчёте таких параметров как: индекс устойчивости ΔT_k , дефицит температуры точки росы на уровне 700 гПа, индекс устойчивости S и давление на уровне конденсации при подъёме частицы с земной поверхности. Прогнозирование по методу Кокса определяется по графикам, изображённым на рисунке 1.16.

Гроза прогнозируется, если на обоих графиках точка с исходными данными параметров будет находиться в области с грозой [4].

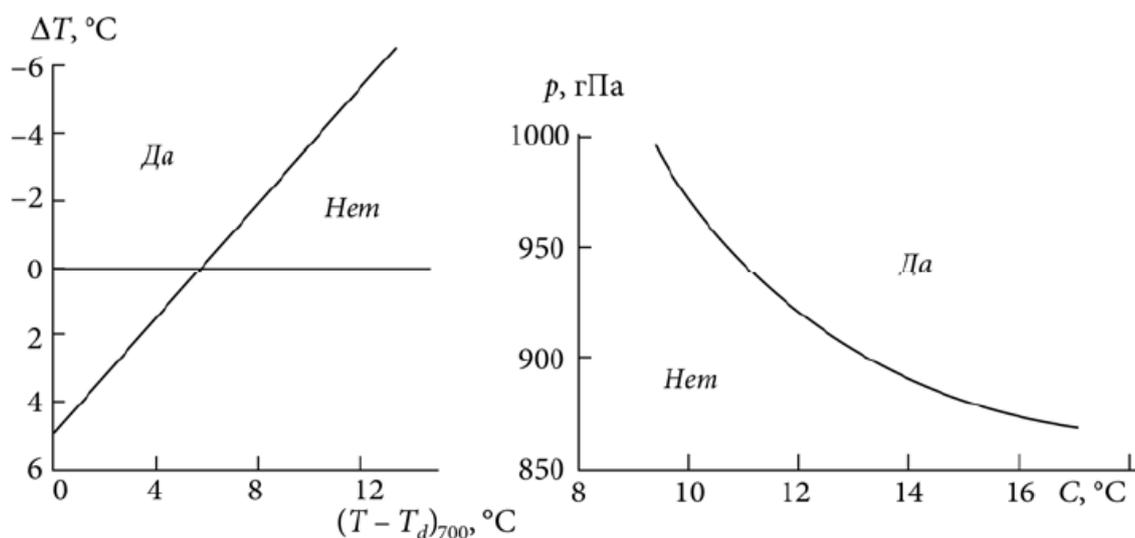


Рисунок 1.16 - Графики для прогноза гроз по методу Кокса [4].

1.4. Международные индексы для оценки конвективной неустойчивости атмосферы

Существует большое количество различных индексов неустойчивости, по которым оценивают состояние атмосферы для полной картины прогнозирования и анализа данных. По индексам синоптики быстро и достаточно точно определяют наличие или отсутствие того или иного метеорологического явления. Рассмотрим некоторые из них.

1.4.1. Lifted Index

LI – это показатель устойчивости атмосферы, характеризующийся разностью температуры окружающего воздуха и температуры частицы, поднятой адиабатически до уровня 500 гПа. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$LI = T_c(500\text{mb}) - T_p(500\text{mb}),$$

где T_c – температура воздуха на уровне 500 гПа; T_p – температура по влажной адиабате на уровне 500 гПа;

$$T_p = -1 * \frac{\ln(6,1078 * E) * 219,522 + 307,004}{\ln(6,1078 * E) * 0,556 - 9,5939},$$

$$E = E_w - 0,35 * (T_d - T_w),$$

$$E_w = \frac{6,1078 * \exp(9,5939 * T_w - 307,004)}{(0,556 * T_w) + 219,522},$$

$$T_d = \frac{237,7 * \ln\left(\frac{e_s * Rh}{611}\right)}{7,5 - \ln\left(\frac{e_s * Rh}{611}\right)} - \text{точка росы},$$

T_w – температура по влажной адиабате, e_s – парциальное давление водяного пара (Па), Rh – относительная влажность(%).

По результатам вычислений были сопоставлены значения показателей с атмосферным состоянием, где $LI > 4$ – атмосферные условия устойчивые, глубокая конвекция не ожидается, $2 \leq LI \leq 4$ – возможны изолированные кучево-дождевые облака, $0 \leq LI \leq 2$ – наличие гроз маловероятно или будут наблюдаться редкие грозы (20 - 40% площади территории, по которой составлен прогноз), $0 \leq LI \leq -2$ – возможны грозы при наличии триггера, $-2 \leq LI \leq -4$ – большая вероятность гроз (80 - 100% площади), $-4 \leq LI \leq -7$ – сильные грозы, ливни, град, торнадо.

Ниже представлена наглядная таблица общих порогов значения LI:

Таблица 1.4 – Результаты исследования LI.

Значение LI	Интерпретация
≥ 6	Атмосфера устойчива, конвекция невозможна
0	Атмосфера слабонеустойчива, возможна конвекция
≤ -6	Атмосфера крайне неустойчива, возможно развитие интенсивной конвекции и опасных явлений погоды

Lifted Index не гарантирует наличие гроз по одному отрицательному значению. Он показывает нестабильность в окружающей атмосфере, и чем больше нестабильность, тем интенсивнее будет происходить развитие грозовой облачности. Однако для самого формирования грозы необходимы тёплый и влажный воздух и триггер. Если нет наличия данных факторов, то при любом значении LI гроз возникать не будет.

1.4.2. К индекс

К индекс или индекс Вайтинга - показатель возможности возникновения гроз, основанный на температурно-влажностных характеристиках атмосферы. Индекс учитывает вертикальный градиент температуры (разность температур окружающей среды на уровнях 850 и 500 гПа), влагосодержание в нижней тропосфере (влажность на уровне конденсации, т.е. значение температуры точки росы на уровне 850 гПа) и толщину влагосодержащего слоя (разность между температурой воздуха и температурой точки росы на уровне 700 гПа). Даёт оценку потенциала к развитию конвекции и гроз.

Его пороговые значения меняются в зависимости от времени года, географического положения и синоптической ситуации. Расчёт производится по формуле:

$$K = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700}),$$

где T_{850} - температура воздуха на изобарической поверхности 850 гПа, ($^{\circ}\text{C}$); T_{500} - температура воздуха на 500 гПа, ($^{\circ}\text{C}$); T_{d850} - температура точки росы на 850 гПа, ($^{\circ}\text{C}$); ΔT_{d700} - дефицит точки росы на поверхности 700 гПа, ($^{\circ}\text{C}$).

Если значения $K < 20$ - конвективные явления отсутствуют, $20 \leq K \leq 25$ - изолированные грозы, $26 \leq K \leq 30$ - территориально удаленные грозы, $31 \leq K \leq 35$ - рассредоточенные явления глубокой конвекции, $K > 35$ - развитие многочисленных гроз.

Ниже представлена наглядная таблица общих порогов значения К:

Таблица 1.5 - Результаты исследования К индекса.

Значение К	Интерпретация
<20	Вероятность гроз стремится к нулю
20-30	Вероятность формирования изолированных грозовых очагов
>35	Высокая вероятность формирования многочисленных грозовых очагов

1.4.3. Total Totals

ТТ используется для оценки мощности развития конвективной неустойчивости и представляет собой комбинацию индексов VT (Vertical Totals), - или разницу температуры воздуха на уровнях 850 гПа и 500 гПа, и СТ (Cross Totals), - или разницу температур точки росы на уровне 850 гПа и температуры воздуха на 500 гПа. Рассчитывается по формуле:

$$TT = VT + CT = (T_{850} - T_{500}) + (Td_{850} - T_{500}).$$

Следующие значения ТТ индекса идут в соответствии с применениями в атмосферном состоянии: менее 44 – маловероятное развитие конвекции, от 44 до 50 – возможно наличие гроз, от 51 до до 52 – изолированные грозы, от 53 до 56 – рассредоточенные явления глубокой конвекции, более 56 – изолированные редкие грозы.

Ниже представлена наглядная таблица общих порогов значения ТТ:

Таблица 1.6 - Результаты исследования ТТ индекса.

Значение ТТ	Интерпретация
<45	Атмосфера устойчива, развитие конвекции маловероятно
45-50	Вероятно развитие грозových очагов
50-55	Вероятно развитие опасных конвективных явлений
55-60	Высокая вероятность опасных конвективных явлений

Индекс не учитывает сдвиг ветра и наличие инверсии, задерживающей развитие конвекции. При наличии влагосодержащего слоя ниже уровня 850 гПа будет наблюдаться сверхустойчивость. Индекс хорош в использовании для территорий с равнинным рельефом, но имеет сильную сезонную и географическую зависимость. [48]

1.4.4. Convective available potential energy

CAPE - доступная потенциальная энергия конвекции, которая показывает интенсивность вертикальной скорости восходящих потоков. Показатель неустойчивости атмосферы численно равен количеству

энергии частицы воздуха (Дж/кг), при её вертикальном перемещении в атмосфере от уровня свободной конвекции до уровня нейтральной плавучести. Используется для качественной оценки конвекции и неблагоприятных явлений, связанных с ней. Рассчитывается по формуле:

$$CAPE = \int_{LFC}^{EL} g \left(\frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}} \right) dz$$

EL – уровень нейтральной плавучести;

LFC – уровень свободной конвекции; g – ускорение свободного падения;

$T_{v,p}$ – виртуальная температура частицы; $T_{v,e}$ – виртуальная температура окружающей массы воздуха.

При оценивании значений параметра CAPE выявлены характеристики атмосферы, в которых атмосфера слабо неустойчивая при CAPE равным от 0 до 1000 Дж/кг, неустойчива при значениях в пределах от 1000 до 2000 Дж/кг, сильно неустойчивая при 2000-2500 Дж/кг, при значениях CAPE > 2500 Дж/кг атмосфера считается крайне неустойчивой и способной генерировать опасные явления, которые сопровождаются шквалами.

Ниже представлена наглядная таблица общих порогов значения CAPE:

Таблица 1.7 - Результаты исследования CAPE индекса.

CAPE	Интенсивность конвективных явлений
400-1000 Дж/кг	небольшая неустойчивость (Cu, Cb, слабые ливневые осадки);
1000-2500 Дж/кг	умеренная неустойчивость (Cb с ливнями, грозы);
2500-3500 Дж/кг	сильная неустойчивость (грозы, местами сильные);
≥ 3500 Дж/кг	очень сильная неустойчивость (сильные и очень сильные грозы, смерчи)

На аэрологической диаграмме (рис. 1.17) представлены области запасов энергии неустойчивости, заключенные между кривыми стратификации (распределением температуры воздуха с высотой) и

состояния (изменением температуры в адиабатически поднимающейся частице воздуха).

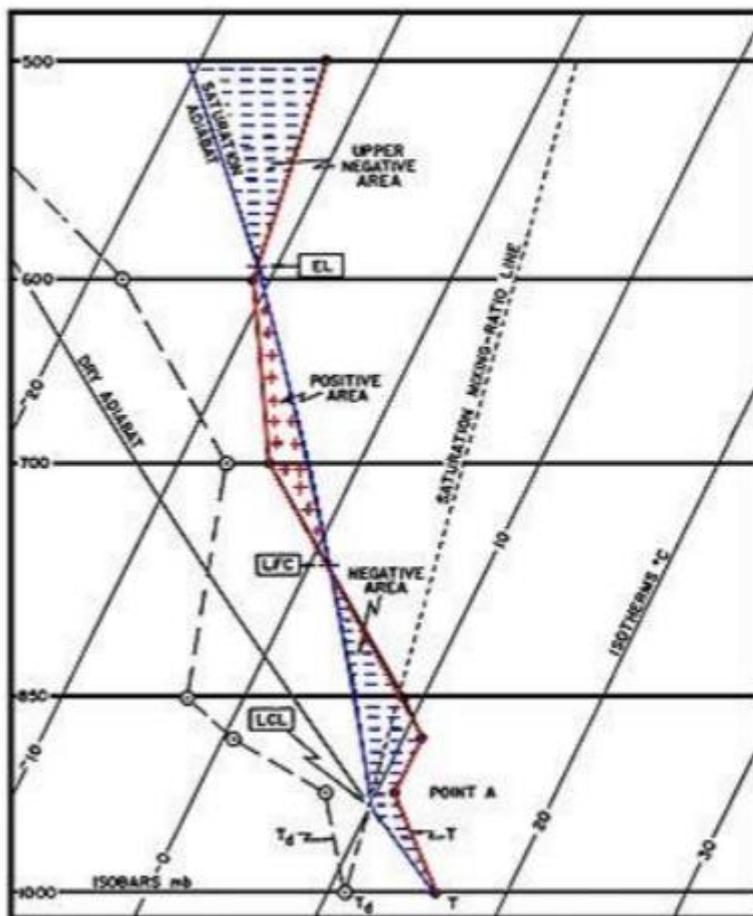


Рисунок 1.17 - Аэрологическая диаграмма: красная линия – кривая стратификации, синяя – кривая состояния.

Общее положение кривых стратификации и состояния предоставляет возможность оценивания энергии неустойчивости. Конвективно-неустойчивый слой является областью с положительной энергией неустойчивости и отмечается красными «+» на аэрологической диаграмме. Общий запас энергии неустойчивости в атмосфере находится как алгебраическая сумма энергий неустойчивости отдельных слоев:

$$E_i = g \cdot \int_{z_0}^{z_1} (T_i - T_e) dz / p^{0.286}$$

где E_i – работа совершаемая силой плавучести при адиабатическом подъёме единичной массы воздуха от нижней границы слоя z_0 до верхней z_1 , T_i – температура частицы воздуха, T_e – температура окружающего воздуха, g – ускорение свободного падения.

Несмотря на представленную оценку всех пороговых значений индекса CAPE, нет точного определения грозовых явлений. Поэтому CAPE может быть использован как один из компонентов для диагностики отдельных типов опасных конвективных явлений, например:

1) Surface-based CAPE (SBCAPE) – оценивается энергия частицы, поднимающейся с поверхности Земли;

2) Mixed Layer CAPE (MLCAPE) – оценивается энергия нижнего (100мб) перемешанного слоя атмосферы;

3) Most Unstable CAPE (MUCAPE) – оценивается энергия самой неустойчивой частицы (объема).

1.4.5. Convective inhibition

Конвективное торможение (CIN) - это энергия, которую необходимо преодолеть в нижней тропосфере задерживающего слоя для возникновения конвекции. Слои инверсии температуры воздуха имеют наиболее устойчивую стратификацию и препятствуют развитию восходящих движений воздуха. Конвективное торможение может быть ослаблено интенсивным дневным нагревом, фронтальным подъёмом, сближением низких уровней, расхождением верхних уровней и другими механизмами подъёма. При преодолении торможения в работу вступает индекс CAPE, который будет контролировать интенсивность восходящего потока.

Индекс CIN записывают отрицательными значениями и рассчитывают по формуле:

$$CIN = \int_{z_H}^{z_B} g \left(\frac{T_{v_{parcel}} - T_{v_{env}}}{T_{v_{env}}} \right) dz$$

При значениях $CIN \leq -10$ - конвекция возможна, CIN от -10 до -40 - конвекция возможна при наличии триггера и условия прохождения дневного прогрева и/или ликвидации задерживающего слоя, при $CIN \leq -40$ – глубокая конвекция возможна редко и при наличии мощных

конвективных движений, $CIN < -200$ Дж/кг – конвекция в атмосфере прекращается.

На аэрологической диаграмме (рис.1.17) CIN — область от поверхности земли до нижней границы конвективно-неустойчивого слоя.

2. Климатические и геофизические особенности города Саратова

2.1. Географическое положение и характеристика климата

Саратовская область расположена на юго-востоке Европейской части России, в северном районе Нижнего Поволжья. Граничит с Волгоградской, Воронежской, Тамбовской, Пензенской, Самарской, Ульяновской и Оренбургской областями и с Казахстаном. Саратовская область по площади достигает 101,2 тысячи км², по плотности населения составляет 2572,9 тысяч человек. Область состоит из 38 районов и 18 городов, крупными из которых являются - Саратов, Балашов, Вольск, Балаково, Энгельс. Город Саратов представляется административным центром Саратовской области и городом областного значения.

Саратов – это крупный культурный, экономический и образовательный центр Поволжья, площадь которого составляет около 390 км². Он расположен на юго-востоке европейской части России, на правом берегу реки Волги. Саратов граничит с Волгоградской областью на юге, с Самарской областью на западе и с Тамбовской – на севере и имеет географические координаты 51°32' с.ш. и 45°58' в.д. [5].

Рельеф Саратова представляет собой равнину, которая плавно переходит в Приволжскую возвышенность на востоке. За весь геологический период территория испытывала неоднократное поднятие и погружение, что привело к ярко выраженному ступенчатому рельефу. Высота над уровнем моря колеблется от 50 до 250 метров.

Волга является главной рекой Саратовской области и делит область на две части: восточную (левобережную) – Заволжье более низкую, куда входит Сыртовая равнина, северная часть Прикаспийской низменности, и западную (правобережную) более возвышенную, занятую Приволжской возвышенностью и Окско-Донской равниной. Саратов Волга делит на 2 части – правый и левый берег. На правом берегу расположены основные жилые районы, промышленные предприятия и административные здания.

Левый берег более низкий и менее заселённый. На нём находятся лесопарковые зоны и дачные посёлки. Река Волга является основным природным объектом в этом регионе и играет важную роль в экономике и транспортной инфраструктуре города.

Климат Саратова можно охарактеризовать как умеренно континентальный, но с некоторыми отклонениями от нормы. На его формирование влияют географическое положение города на юго-востоке Восточно-Европейской равнины, близость Волгоградского и Саратовского водохранилищ, наличие лесостепной, степной и пустынной природных зон, солнечная радиация и атмосферная циркуляция. Воздушные массы умеренных широт перемещаются с Атлантического океана и несут с собой частые дожди в тёплое время года и снегопады зимой. Тёплые воздушные массы из Казахстана, Средней Азии и Средиземного моря приносят ясную и засушливую погоду летом и ясную морозную погоду зимой. Наличие Волгоградского водохранилища и особенности рельефа местности смягчают климат Саратова.

С севера на юго-восток идет повышение степени континентальности умеренного климата Саратовской области и города Саратова – в летнее время погода становится жарче, в зимнее - холоднее, при этом выпадает меньшее количество осадков. Так на севере области осадков выпадает около 550 - 580 мм в год, а на южной стороне всего 250 мм, что приводит к большим засухам.

По данным многолетних наблюдений, средняя температура воздуха в Саратове составляет $+7,1$ °С. Самым холодным месяцем является февраль со средней температурой $-7,9$ °С, а самым тёплым - июль со среднесуточной температурой $+22,7$ °С.

Среднегодовое количество осадков в Саратове примерно равно 460 мм. Больше всего осадков выпадает летом и осенью, пик приходится на июль. Меньше всего осадков наблюдается в апреле. Влажность воздуха в

среднем за год составляет около 70 %. Летом она снижается до 59 %, а зимой повышается до 81 - 84 %.

Зима в Саратове суровая, холодная и снежная. Она наступает в самом конце ноября, когда среднесуточная температура воздуха устойчиво держится ниже нуля и образуется устойчивый снежный покров, и длится до конца марта. Средняя температура воздуха в январе составляет -10°C и может опускаться ниже -20°C . Во время оттепели воздух прогревается до 0°C . Осадки выпадают в виде обильного снега, который может достигать высоты 30 – 40 см, мокрого снега или редко дождя. Зимой в Саратове часто стоят арктические антициклоны, что приносит холодные ветры из Сибири.

Весна начинается в апреле и продолжается до середины мая. Температура воздуха постепенно повышается, и к концу весны достигает $15 - 20^{\circ}\text{C}$. Осадки в этот период выпадают в виде дождя, иногда со снегом.

В Саратове лето начинается в июне и продолжается до начала сентября. Для него характерна жаркая и засушливая погода, при этом иногда бывают сильные грозы. В июле средняя температура составляет от 22 до 24°C . Особенно жарко с начала второй декады июля и до середины августа, когда температура днём поднимается до $+35^{\circ}\text{C}$, а ночью не опускается ниже $+20^{\circ}\text{C}$. Прохлада приходит только в середине августа.

Осень начинается в начале сентября и длится до конца ноября. Температура воздуха постепенно снижается до первых заморозков в ноябре. В это время года выпадает много осадков, которые долго не прекращаются. Первая половина осени в Саратове обычно характеризуется умеренно тёплой, солнечной и сухой погодой. Днём температура может подниматься до $15 - 20^{\circ}\text{C}$, а ночью не опускается ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Во второй половине осени количество осадков увеличивается, чаще всего они выпадают в виде дождя и мороси. Преобладает пасмурная погода с ветрами и плотной облачностью [6].

2.2. Физико-географическое положение аэропорта Гагарина

Аэропорт «Гагарин» — международный аэропорт федерального значения в Саратовской области. Ввод в эксплуатацию аэропорта осуществлен 20 августа 2019 года. В 2020 году аэропорт сертифицирован как аэропорт II категории ИКАО, что позволило воздушным судам совершать посадку в условиях ограниченной видимости, сняв тем самым существенные ограничения, присутствовавшие в старом аэропорту.

Аэропортовый комплекс «Гагарин» возведен в 20 км севернее Саратова на территории села Сабуровка Саратовского района Саратовской области и имеет географические координаты 51°58'47" с.ш., 46°03'28" в.д. Он расположен в степной зоне, на равнинной местности, которая плавно переходит в Приволжскую возвышенность на востоке. Высота над уровнем моря колеблется от 50 до 250 метров. Аэропорт использует искусственную взлетно-посадочную полосу 3000 x 45 м – она позволяет принимать воздушные суда различных типов, пассажирский терминал площадью 23 000 м² - его пропускная способность составляет 1 млн пассажиров в год.

ГЛАВА II. Используемые данные.

В ходе исследовательской работы использовались данные из архива погоды gr5 для аэропорта «Гагарин» в городе Саратове. Данные были преобразованы в отдельную базу синоптических и аэрологических данных, по которым проводились все вычисления и анализы.

По синоптическим картам Гидрометцентра России были определены внутримассовые и фронтальные типы наблюдаемых гроз. Пример внутримассовой и фронтальной гроз по этим картам приведён на рисунке 2.1. Суммарное количество дней с грозовой активностью составило 133 дня за период с 27 апреля 2020 года по 25 августа 2023 года. На данном этапе работы возникла сложность, которая состояла в неполном наличии синоптических карт за дни с выявленной грозовой активностью. Поэтому недостающие дни дополнительно просматривались по картам с сайта «Wetterzentrale».

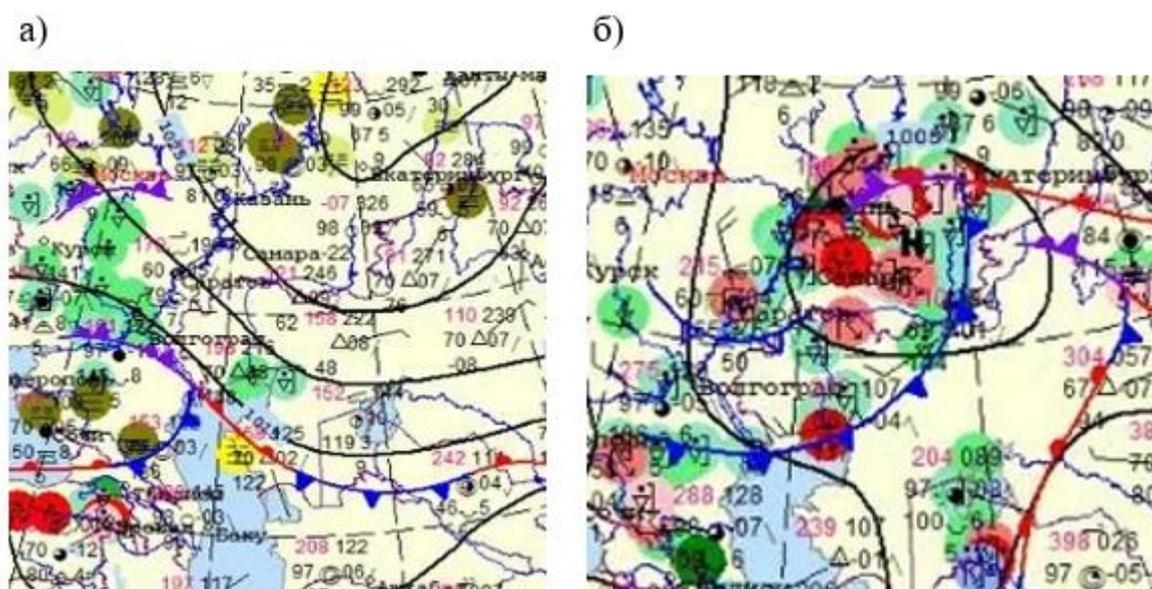


Рисунок 2.1 - Фрагмент синоптических карт: (а) - внутримассовая гроза за 23.05.23, (б) - фронтальная гроза (холодный фронт) за 17.07.23.

По данным зондирования, найденным в архиве на сайте Университета Вайоминга (рис. 2.2 – 2.3), составлены таблицы для всех нужных индексов неустойчивости за каждый день с грозами и произведены расчёты статистических характеристик по внутримассовым и

фронтальным (холодного фронта, тёплого фронта и фронта окклюзии) грозам.

34172 Saratov Observations at 00Z 21 Aug 2023

```

-----
PRES HGHT TEMP DWPT RELH MIXR DRCT SKNT THTA THTE THTV
hPa m C C % g/kg deg knot K K K
-----
1000.0 116
994.0 166 19.8 14.8 73 10.76 0 2 293.4 324.4 295.4
977.0 317 25.2 15.2 54 11.24 338 3 300.3 333.6 302.4
946.0 602 23.8 11.8 47 9.27 298 4 301.7 329.4 303.4
936.0 695 22.9 11.4 48 9.13 285 4 301.8 329.1 303.4
925.0 799 22.0 11.0 50 8.98 270 6 301.8 328.7 303.4
-----

```

Рисунок 2.2 - Пример зондирования данных в Саратове за 03 часа 21 августа 2023 год.

Station information and sounding indices

```

Station number: 34172
Observation time: 230821/0000
Station latitude: 51.56
Station longitude: 46.03
Station elevation: 166.0
Showalter index: 0.05
Lifted index: -1.32
LIFT computed using virtual temperature: -1.64
SWEAT index: 147.99
K index: 30.70
Cross totals index: 21.10
Vertical totals index: 28.10
Totals totals index: 49.20
Convective Available Potential Energy: 267.58
CAPE using virtual temperature: 328.47
Convective Inhibition: -123.59
CINS using virtual temperature: -100.35
Equilibrium Level: 300.54
Equilibrium Level using virtual temperature: 298.83
Level of Free Convection: 719.29
LFCT using virtual temperature: 743.36
Bulk Richardson Number: 14.38
Bulk Richardson Number using CAPV: 17.65
Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 284.62
Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 833.67
Equivalent potential temp [K] of the LCL: 330.24
Mean mixed layer potential temperature: 299.83
Mean mixed layer mixing ratio: 10.35
1000 hPa to 500 hPa thickness: 5664.00
Precipitable water [mm] for entire sounding: 32.22

```

34172 Saratov Observations at 12Z 21 Aug 2023

```

-----
PRES HGHT TEMP DWPT RELH MIXR DRCT SKNT THTA THTE THTV
hPa m C C % g/kg deg knot K K K
-----
1000.0 96
992.0 166 21.4 15.4 69 11.21 300 25 295.2 327.7 297.2
-----

```

Рисунок 2.3 - Пример результатов данных зондирования за 21 августа 2023 год. Красной линией подчёркнуты индексы неустойчивости, используемые в работе.

ГЛАВА III. Анализ данных.

На сайте gr5 из архива погоды саратовского аэропорта «Гагарин» были выбраны данные за срок с начала работы действующего Центрального аэропорта 20 августа 2019 года по 1 сентября 2023 года. Эти сведения из аэропорта я использовала в своей базе данных в качестве обнаружения грозовых явлений в рассматриваемый срок. В приложении 1 представлена часть базы данных на начальном этапе работы.

На рисунке 3.1 показаны данные из архива погоды в Саратове, где в верхнем ряду перечисляются различные метеорологические параметры, которые определяются работниками аэропорта. В колонках WW и WW' помещены особые явления погоды, которые были замечены на аэродроме или рядом с ним и явления погоды, которые наблюдались не так давно и имели действенное значение соответственно. По этим показателям я определяла в какие дни были прогнозированы грозовые явления. А также для удобства и быстрого поиска нужных элементов я выделила цветом ячейки со словами «вблизи гроза» и «гроза».

1	Местное время в Гагарин	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW'	c	VV	Td
2208	17.07.2023 16:30	23,0	752,7	755,4	65	Ветер, дующий	4		Вблизи гроза	Гроза	Разорванная (60-90%) 990 м, 10.0 и бол		16,0
2209	17.07.2023 16:00	22,0	752,7	755,4	69	Ветер, дующий	9	14	Гроза	Гроза	Разорванная (60-90%) 1500 м, 10.0 и бол		16,0
2210	17.07.2023 15:30	24,0	752,7	755,4	57	Ветер, дующий	7		Вблизи гроза		Разорванная (60-90%) 1500 м, 10.0 и бол		15,0

Рисунок 3.1 - Данные в Excel из архива погоды gr5 метеостанции Гагарин в городе Саратове.

Далее были выбраны даты с наблюдаемыми грозовыми явлениями. Некоторые дни включали в себя грозы, которые длились по несколько часов или шли весь день с небольшими паузами. В приложении 2 показан фрагмент гроз за разное время нескольких дней.

Даты с грозовой активностью я разбила на дни с одним условным часом для определения количества грозовых дней. Всего наблюдалось 133 дня с грозами за указанный период (20.08.2019 – 1.09.2023). По синоптическим картам был проведен анализ гроз, в ходе которого определялись их виды - внутримассовые или фронтальные (холодный фронт, тёплый фронт и фронт окклюзии). В приложении 3 представлено

разделение гроз по типам. В некоторые дни могли наблюдаться несколько гроз, поэтому количество дней и число грозовых явлений не совпадают (143 грозы было обнаружено на 133 дня). На рисунке 3.2 представлен пример разных гроз, которые возникли за один день.

1	Дата	WW	W'W'	Грозы (в/ф)
46	25.07.2022	Вблизи гроза		в, ф о
47	24.07.2022	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Гроза	ф о
48	23.07.2022	Вблизи гроза		ф о
49	22.07.2022	Вблизи гроза		ф х
50	21.07.2022	Вблизи гроза		в, ф о

Рисунок 3.2 - Пример нескольких гроз в один день – 21 и 25 июня 2022 года.

Следующим шагом для дальнейшего исследования и подсчетов грозы были поделены на внутримассовые и фронтальные. В результате распределения искомым явлений было выявлено 90 случаев наблюдения внутримассовых гроз и 53 случая фронтальных гроз в примерно одинаковом количестве: 17 – с фронтом холодного воздуха и 18 для тёплого фронта и фронта окклюзии. На рисунках 3.3 – 3.6 представлены даты с грозовыми явлениями, распределёнными по их типам. Даты с фронтальными грозами представлены в полном объёме исследования.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
2	21.08.2023	20,0	755,0	757,7	88	Ветер, ду	4		Слабый(а)Гроза	Разорван	10,0 и бол		18,0	в
3	17.08.2023	19,0	758,4	761,2	94	Ветер, ду	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		18,0	в
4	14.08.2023	20,0	760,7	763,5	94	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		19,0	в
5	10.08.2023	21,0	760,1	762,8	64	Переменн	1		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	в
6	02.08.2023	24,0	755,0	757,7	65	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		17,0	в
7	29.07.2023	24,0	749,6	752,3	74	Ветер, ду	2		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		19,0	в
8	13.07.2023	18,0	754,9	757,7	68	Ветер, ду	6		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		12,0	в
9	08.07.2023	23,0	754,2	756,9	78	Ветер, ду	3		Вблизи гроза, слабы	Разорван	8		19,0	в
10	04.07.2023	24,0	758,5	761,2	78	Шиль, бе	0		Слабый(а)Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		20,0	в, ф т
11	03.07.2023	29,0	754,3	756,9	48	Ветер, ду	3		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		17,0	в
12	02.07.2023	24,0	749,6	752,3	61	Ветер, ду	9		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		16,0	в, ф х
13	01.07.2023	19,0	745,8	748,5	78	Ветер, ду	3		Слабый(а)Гроза	Разорван	10,0 и бол		15,0	в
14	23.06.2023	12,0	758,4	761,2	94	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		11,0	в, ф т
15	20.06.2023	16,0	754,1	756,9	72	Ветер, ду	15	20	Слабый(ая)(ые) гроза	Рассеянн	10,0 и бол		11,0	в
16	15.06.2023	21,0	754,2	756,9	69	Ветер, ду	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		15,0	в
17	10.06.2023	25,0	757,8	760,5	51	Ветер, ду	9		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	в
18	09.06.2023	27,0	760,8	763,5	28	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		7,0	в
19	31.05.2023	25,0	752,7	755,4	61	Ветер, ду	7		Вблизи гроза	Незначите	10,0 и бол		17,0	в
20	30.05.2023	25,0	753,5	756,2	69	Ветер, ду	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		19,0	в, ф о
21	27.05.2023	19,0	756,3	759,0	68	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		13,0	в
22	25.05.2023	22,0	761,6	764,3	65	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		15,0	в
23	24.05.2023	18,0	758,4	761,2	64	Ветер, ду	2		Вблизи грГроза	Рассеянн	10,0 и бол		11,0	в
24	23.05.2023	20,0	758,5	761,2	56	Ветер, ду	4		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		11,0	в
25	16.05.2023	16,0	761,5	764,3	72	Ветер, ду	3		Гроза	Незначите	10,0 и бол		11,0	в
26	14.05.2023	18,0	759,2	762,0	56	Ветер, ду	7		Вблизи грГроза	Рассеянн	10,0 и бол		9,0	в, ф т
27	05.05.2023	18,0	759,2	762,0	68	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		12,0	в
28	01.05.2023	16,0	751,8	754,6	88	Ветер, ду	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	в
29	02.10.2022	18,0	756,9	759,7	83	Ветер, ду	4		Вблизи гроза, слабы	Рассеянн	10,0 и бол		15,0	в
30	04.09.2022	15,0	760,7	763,5	63	Ветер, ду	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		8,0	в
31	18.08.2022	25,0	758,5	761,2	51	Ветер, ду	10		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		14,0	в, ф о
32	11.08.2022	24,0	761,6	764,3	78	Ветер, ду	7		Вблизи грГроза	Разорван	10,0 и бол		20,0	в
33	09.08.2022	30,0	760,1	762,8	58	Ветер, ду	2		Вблизи грГроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	в
34	08.08.2022	25,0	761,6	764,3	54	Ветер, ду	4		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		15,0	в
35	07.08.2022	26,0	760,1	762,8	48	Шиль, бе	0		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	в
36	26.07.2022	26,0	761,2	763,9	65	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		19,0	в

Рисунок 3.3 - Дни с грозами внутримассового типа.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
96	25.08.2023	18,0	754,9	757,7	78	Ветер, ду	3		Вблизи гроза, слабы	Разорван	9		14,0	ф х
97	17.07.2023	23,0	752,7	755,4	65	Ветер, ду	4		Вблизи грГроза	Разорван	10,0 и бол		16,0	ф х
98	02.07.2023	24,0	749,6	752,3	61	Ветер, ду	9		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		16,0	в, ф х
99	01.09.2022	19,0	755,0	757,7	94	Ветер, ду	2		Вблизи гроза, слабы	Незначите	9		18,0	ф х
100	22.07.2022	18,0	753,5	756,2	78	Ветер, ду	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	ф х
101	04.06.2022	23,0	759,3	762,0	74	Ветер, ду	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		18,0	в, ф х
102	03.09.2021	18,0	741,3	744,0	83	Ветер, ду	3		Слабый(а)Гроза	Разорван	10,0 и бол		15,0	ф о, ф х
103	22.07.2021	19,0	745,8	748,5	94	Ветер, ду	4		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		18,0	ф х
104	02.07.2021	26,0	751,9	754,6	70	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		20,0	ф х
105	01.07.2021	25,0	754,2	756,9	61	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		17,0	ф х
106	09.06.2021	25,0	753,5	756,2	61	Ветер, ду	5		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		17,0	ф х
107	08.06.2021	17,0	753,4	756,2	94	Ветер, ду	3		Вблизи грГроза	Разорван	10,0 и бол		16,0	ф х
108	20.05.2021	17,0	755,4	758,2	68	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Незначите	10,0 и бол		11,0	ф х
109	29.08.2020	22,0	757,0	759,7	73	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		17,0	ф х
110	31.07.2020	28,0	753,5	756,2	45	Ветер, ду	6		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		15,0	ф х
111	15.07.2020	22,0	754,2	756,9	88	Ветер, ду	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		20,0	ф х
112	21.06.2020	20,0	756,3	759,0	88	Ветер, ду	3		Слабый(ая)(ые) ливе	Разорван	10,0 и бол		18,0	ф х

Рисунок 3.4 - Дни с грозами холодного фронта.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
117	04.07.2023	24,0	758,5	761,2	78	Шиль, бе	0		Слабый(а)Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		20,0	в, ф т
118	23.06.2023	12,0	758,4	761,2	94	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		11,0	в, ф т
119	14.05.2023	18,0	759,2	762,0	56	Ветер, ду	7		Вблизи грГроза	Рассеянн	10,0 и бол		9,0	в, ф т
120	29.07.2022	20,0	757,0	759,7	94	Переменн	1		Вблизи грГроза	Разорван	10,0 и бол		19,0	ф т
121	28.07.2022	30,0	757,1	759,7	52	Ветер, ду	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		19,0	ф т
122	22.06.2022	23,0	744,3	747,0	74	Ветер, ду	6		Вблизи гроза, слабы	Разорван	10,0 и бол		18,0	ф т
123	05.06.2022	18,0	754,9	757,7	78	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		14,0	ф т
124	16.07.2021	28,0	753,5	756,2	51	Ветер, ду	5		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		17,0	ф т
125	15.07.2021	30,0	755,1	757,7	43	Ветер, ду	3		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		16,0	ф т
126	30.06.2021	20,0	753,5	756,2	88	Ветер, ду	3		Гроза	Разорван	10,0 и бол		18,0	ф т
127	28.06.2021	34,0	755,1	757,7	36	Ветер, ду	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10,0 и бол		17,0	ф т
128	16.06.2021	23,0	755,0	757,7	78	Ветер, ду	2		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		19,0	ф т
129	13.07.2020	33,0	751,3	753,9	34	Ветер, ду	4		Гроза	Разорван	10,0 и бол		15,0	ф т
130	12.07.2020	26,0	756,3	759,0	54	Ветер, ду	5		Вблизи грГроза	Разорван	10,0 и бол		16,0	ф т
131	29.06.2020	15,0	751,1	753,9	94	Ветер, ду	5		Гроза	Рассеянн	10,0 и бол		14,0	ф т
132	13.06.2020	20,0	757,8	760,5	56	Ветер, ду	9		Гроза	Разорван	10,0 и бол		11,0	ф т
133	03.06.2020	19,0	751,9	754,6	83	Ветер, ду	7		Вблизи гроза, слабы	Рассеянн	10,0 и бол		16,0	ф т
134	02.06.2020	19,0	756,3	759,0	68	Ветер, ду	10		Вблизи гроза	Разорван	10,0 и бол		13,0	ф т

Рисунок 3.5 - Дни с грозами теплого фронта.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	ff10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
140	30.06.2023	22,0	747,4	750,1	65	Ветер, дум	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		15,0	ф о
141	30.05.2023	25,0	753,5	756,2	69	Ветер, дум	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		19,0	в, ф о
142	28.05.2023	19,0	757,0	759,7	83	Ветер, дум	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		16,0	ф о
143	18.08.2022	25,0	758,5	761,2	51	Ветер, дум	10		Вблизи гроза	Разорванн	10.0 и бол		14,0	в, ф о
144	30.07.2022	28,0	757,0	759,7	51	Ветер, дум	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		17,0	ф о
145	27.07.2022	30,0	754,3	756,9	46	Ветер, дум	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		17,0	ф о
146	25.07.2022	20,0	751,2	753,9	88	Ветер, дум	3		Вблизи гроза	Разорванн	10.0 и бол		18,0	в, ф о
147	24.07.2022	19,0	752,7	755,4	94	Ветер, дум	2		Вблизи гр Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		18,0	ф о
148	23.07.2022	24,0	753,5	756,2	57	Ветер, дум	2		Вблизи гроза	Разорванн	10.0 и бол		15,0	ф о
149	21.07.2022	21,0	749,6	752,3	64	Ветер, дум	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	в, ф о
150	03.07.2022	20,0	754,2	756,9	73	Ветер, дум	4		Вблизи гр Гроза	Разорванн	10.0 и бол		15,0	ф о
151	02.07.2022	14,0	754,9	757,7	94	Ветер, дум	3		Вблизи гр Гроза	Сплошная	8		13,0	ф о
152	03.04.2022	11,0	745,7	748,5	82	Ветер, дум	2		Вблизи гроза	Разорванн	10.0 и бол		8,0	ф о
153	03.09.2021	18,0	741,3	744,0	83	Ветер, дум	3		Слабый(ая) Гроза	Разорванн	10.0 и бол		15,0	ф о, ф х
154	13.05.2021	19,0	760,0	762,8	73	Ветер, дум	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	ф о
155	13.08.2020	18,0	751,2	753,9	88	Шиль, бе	0		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		16,0	ф о
156	06.06.2020	22,0	759,3	762,0	61	Ветер, дум	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	ф о
157	05.06.2020	20,0	758,5	761,2	64	Ветер, дум	2		Вблизи гроза	Разорванн	10.0 и бол		13,0	ф о

Рисунок 3.6 - Дни с грозами фронта окклюзии.

Главной задачей моей исследовательской работы было анализирование индексов конвективной неустойчивости атмосферы в моём родном городе за период с начала эксплуатации нового действующего Центрального аэродрома «Гагарин» по сентябрь 2023 года. Для диагностирования данных я рассматривала такие индексы неустойчивости как Lifted index (Li), K index (Ki), Total Totals (TT), Convective Available Potential Energy (CAPE), Convective Inhibition (CIN). Показания перечисленных индексов зондирования я брала из научно-практического журнала «Atmospheric Science from the University of Wyoming» - сайт Университета Вайоминга.

Для внутримассовых гроз были отдельно выписаны результаты значений за все полные сутки для каждого из пяти обрабатываемых индексов. На рисунке 3.7 показана часть обрабатываемых индексов.

Дата	Внутримассовые грозы				
	Li	Ki	TT	CAPE	CIN
21.08.2023	-1,32;-1,69	30,7;34	49,2;52	267,58;86,48	-123,59;-248,16
17.08.2023	3,14;-1,39	24,1;29,4	42,8;46	0;233,71	0
14.08.2023	-1,25;-0,74	34,6;27,1	49,4;45,8	198,38;168,55	-214,67;-70,99
10.08.2023	0,47;5,06	33,1;12,9	51,4;34,8	0	0
02.08.2023	2,91;2,47	24,7;21,9	42,6;41,4	0,59;0	-185,94;0
29.07.2023	-0,48;1,69	29,5;19,7	50,6;43,4	82,24;0	-343,36;0
13.07.2023	1,41;4,81	26,2;14,9	51,2;42,6	12,18;0	-88,7;0
08.07.2023	20,12;0,31	11,5;20,5	45,4;42,8	0;9,23	0;-142,07
04.07.2023	-3,4;0,4	30,4;25,5	47;44	1180,79;20,62	-88,54;-109,25
03.07.2023	-0,69;-0,64	24,9;23,5	42,6;45,6	185,52;176,57	-69,32;-34,44
02.07.2023	0,39;1,11	28,5;25,5	47,6;45	30,54;0,04	-52,41;-153,82
01.07.2023	2,23;0,68	24,7;28,4	44,2;47,5	0,36;43,25	-153,01;-24,11
23.06.2023	7,17	11,3	35,8	0	0
20.06.2023	4,19;4,75	20,3;14,3	48,2;41,4	0;15,38	0;-27,5
15.06.2023	3,52	17,3	41,2	0	0
10.06.2023	2,32;0,03	24,8;19,9	45,4;43,6	14,12;158,89	-200,88;-10,18
09.06.2023	2;1,65	21,3;18,9	45,4;45,4	43,17;0	-164,74;0
31.05.2023	3,24;-2,86	29,1;28,5	43,6;50,2	0;349,57	0;-34,76
30.05.2023	4,45;-2,85	26,9;32,8	48,4;51,8	0;461,28	0;-74,26
27.05.2023	1,27;1,11	23,5;30,4	48,8;47	2,74;4,97	-278,85;-68,04
25.05.2023	2,28;0,6	31,9;27,7	52,4;46,8	0;50,38	0;-143,45
24.05.2023	-1,03;-1,22	30,1;22,1	51,4;47	275,71;168,6	-161,88;-51,57
23.05.2023	6,97;2,52	18,7;26,9	40,6;47,8	0	0
16.05.2023	3,19;-0,95	26,1;19,3	53;50,6	0;267,14	0;-0,32
14.05.2023	-1,77	27,9	55,6	155,27	-50,8
05.05.2023	3,69;1,22	-0,7;10,1	43,2;43,6	0;39,45	0;-66,38
01.05.2023	3,88;	16,5;	46;	0	0
02.10.2022	0,52;0,02	32,6;27,9	53,5;48	6,53;64,31	-175,15;-133,61
04.09.2022	13,21;14,42	-5,1;11,1	26,4;24,3	0;0,1	0;-21,26

Рисунок 3.7 - Значения индексов для внутримассовых гроз за рассматриваемый срок.

Затем данные были разбиты на ночные и дневные сроки за сутки для удобства и быстрого вычисления максимальных, минимальных и средних значений, а также медиан, дисперсий и стандартных отклонений для рассматриваемых индексов. Данные для вычислений статистических характеристик внутримассовых гроз помещены в приложение 9. В таблице 3.1 представлены результаты вычислений параметров для внутримассового вида гроз:

Таблица 3.1 - Статистические характеристики для внутримассовых гроз:

	макс	мин	мед	дисп	станд откл	ср зн
l	20,12	-5,99	0,52	11,92837	3,453748	0,96
к	37,8	-5,1	26,4	63,2232	7,951302	24,61222
т	59,3	0	47,40	95,58285	9,776648	45,35111
cape	1994,83	0	31,47	105631,7	325,0103	188,0239
cin	0	-652,79	-51,75	11598,58	107,6967	-89,2221

Для фронтальных гроз были рассмотрены случаи для каждого фронта отдельно. Ниже в таблицах отображены исходные данные индексов конвективной неустойчивости и подсчёты статистических характеристик холодного, тёплого фронтов и фронта окклюзии.

Таблица 3.2 - Данные за сутки с грозами холодного фронта:

Дата	Li	Ki	TT	CAPE	CIN
ХОЛОДНЫЙ ФРОНТ					
25.08.2023	2,07	24,50	47,60	2,33	-67,33
	1,69	23,60	47,00	6,67	-40,91
17.07.2023	4,99	24,80	42,40	0,00	0,00
	1,02	21,50	42,20	68,56	-44,40
02.07.2023	0,39	28,50	47,60	30,54	-52,41
	1,11	25,50	45,00	0,04	-153,82
01.09.2022	0,37	27,90	47,60	49,77	-256,11
	3,62	34,10	47,00	0,00	0,00
22.07.2022	3,27	26,30	45,00	3,12	-137,36
	0,99	28,60	47,00	25,11	-40,33
04.06.2022	2,54	30,50	49,20	0,00	0,00
	-2,10	34,30	53,30	374,72	-72,26
03.09.2021	3,05	29,40	44,50	29,55	-13,28
	6,04	28,60	50,40	0,00	0,00
22.07.2021	-0,93	32,60	48,00	98,33	-284,17
	3,93	21,20	40,90	0,00	0,00
02.07.2021	-1,32	33,50	49,50	348,20	-70,22
	-1,85	33,20	49,60	230,27	-26,50
01.07.2021	0,47	30,50	46,80	4,52	-141,81
	-2,14	23,10	43,00	370,71	-10,12
09.06.2021	0,42	31,30	48,20	74,93	-62,30
	-0,47	24,10	46,40	45,02	-66,29
08.06.2021	-1,34	29,70	48,80	489,66	-33,88
	-0,48	23,90	44,40	161,32	-29,52
20.05.2021	2,11	31,30	51,40	0,00	0,00
	1,16	22,90	49,40	5,90	-45,09
29.08.2020	0,58	33,90	52,20	7,32	-243,95
	1,93	25,50	46,60	26,86	-12,50
31.07.2020	0,28	33,70	50,30	19,41	-250,61
	-2,66	27,50	46,60	819,43	-20,31
15.07.2020	-2,80	26,70	42,00	1108,04	-95,10
	5,21	-0,10	39,40	0,00	0,00
21.06.2020	-2,30	31,50	51,80	199,07	-207,21
	-4,49	32,90	54,40	591,22	-55,73

Таблица 3.3 - Статистические характеристики для гроз холодного фронта:

	макс	мин	мед	дисп	станд откл	ср зн
l	6,04	-4,49	0,53	6,20358	2,49	0,72
к	34,3	-0,10	28,55	39,7492	6,30	27,56
т	54,4	39,40	47,30	12,635	3,55	47,22
cape	1108,04	0,00	28,21	67940,9	260,65	152,67
cin	0	-284,17	-44,75	7096,42	84,24	-74,52

Таблица 3.4 - Данные за сутки с грозами тёплого фронта:

Дата	Li	Ki	TT	CAPE	CIN
ТЕПЛЫЙ ФРОНТ					
04.07.2023	-3,40	30,40	47,00	1180,79	-88,54
	0,40	25,50	44,00	20,62	-109,25
23.06.2023	7,17	11,30	35,80	0,00	0,00
14.05.2023	-1,77	27,90	55,60	155,27	-50,80
29.07.2022	0,65	32,50	47,80	67,27	-181,30
	1,45	28,70	47,40	0,00	0,00
28.07.2022	0,77	28,90	45,80	64,84	-261,11
	-0,60	24,50	43,00	623,82	-29,06
22.06.2022	0,14	12,30	47,20	67,20	-344,28
	-0,40	29,30	50,60	40,64	-149,75
05.06.2022	0,87	5,80	52,70	0,00	0,00
	-1,87	26,10	50,80	196,83	-22,17
16.07.2021	-0,85	29,70	48,40	85,38	-146,65
	-2,65	25,10	45,80	745,48	-13,34
15.07.2021	-2,77	34,30	47,80	1030,00	-121,62
	-0,31	34,40	48,00	99,14	-141,57
30.06.2021	-3,40	36,30	52,40	782,01	-95,73
	-1,99	22,10	44,00	335,59	-119,77
28.06.2021	-3,22	35,70	54,60	584,38	-359,83
	-2,98	27,30	50,00	676,08	-54,03
16.06.2021	-3,15	28,70	48,40	813,62	-165,17
	-0,30			36,64	-285,62
13.07.2020	-3,32	34,50	52,00	751,78	-382,69
	-4,48	27,10	55,40	859,31	-244,25
12.07.2020	3,31	32,30	48,60	0,00	0,00
	-1,57	24,90	47,40	467,52	-228,74
29.06.2020	-2,59	34,90	53,10	839,60	-73,11
	4,33	21,50	42,00	0,00	0,00
13.06.2020	-3,11	28,30	53,20	735,93	-213,41
	-2,10	24,10	49,40	348,78	-293,98
03.06.2020	-0,86	33,20	51,60	356,89	-161,52
	0,05	30,60	48,20	0,00	0,00
02.06.2020	0,47	29,70	50,00	21,21	-39,07
	-0,54	24,10	47,20	147,93	-0,76

Таблица 3.5 - Статистические характеристики для гроз тёплого фронта:

	макс	мин	мед	дисп	станд отк	ср зн
l	7,17	-4,48	-0,86	5,92984	2,44	-0,84
к	36,30	5,80	28,70	48,0879	6,93	27,33
Т	55,60	35,80	48,40	17,0563	4,13	48,64
cape	1180,79	0,00	176,05	133050	364,76	356,90
cin	0,00	-382,69	-114,51	13540,4	116,36	-128,74

Таблица 3.6 - Данные за сутки с грозами фронта окклюзии:

Дата	Li	Ki	ТТ	CAPE	CIN
ФРОНТ ОККЛЮЗИИ					
30.06.2023	1,15	31,20	45,90	32,57	-80,54
	2,97	11,90	42,60	11,38	-673,35
30.05.2023	4,45	26,90	48,40	0,00	0,00
	-2,85	32,80	51,80	461,28	-74,26
28.05.2023	-0,43	27,70	47,20	148,43	-95,61
	-1,08	22,80	45,90	450,25	-2,32
18.08.2022	6,64	18,70	41,00	0,00	0,00
	4,94	18,10	37,80	0,00	0,00
30.07.2022	0,14	28,80	43,20	268,68	-121,99
	-0,44	26,30	43,20	155,31	-1,00
27.07.2022	-0,43	29,80	45,20	144,72	-87,28
	-1,61	24,90	45,60	404,39	-1,30
25.07.2022	0,28	26,50	45,80	16,34	-172,58
	-4,28	30,10	51,00	938,01	-28,52
24.07.2022	-0,53	34,10	51,20	30,24	-149,59
	-2,51	28,10	47,40	728,37	-39,46
23.07.2022	-1,45	31,00	50,00	290,77	-70,03
	-1,66	27,70	48,20	357,78	-124,24
21.07.2022	1,76	27,80	46,60	55,11	-170,81
	1,95	28,10	46,00	3,41	-94,58
03.07.2022	1,80	29,30	50,80	2,49	-185,12
	-1,43	30,50	49,80	737,26	-60,31
02.07.2022	0,19	23,00	55,50	6,34	-41,64
	2,83	23,40	46,00	0,00	0,00
03.04.2022	-0,74	18,00	53,50	334,11	-11,42
03.09.2021	3,05	29,40	44,50	29,55	-13,28
	6,04	28,60	50,40	0,00	0,00
13.05.2021	-1,94	23,80	53,90	277,44	-164,96
	-6,12	23,30	56,80	1602,43	-34,92
13.08.2020	-1,15	34,10	52,30	285,74	-101,08
	1,79	24,40	46,80	42,22	-6,99
06.06.2020	0,67	25,20	46,80	98,15	-68,64
	0,41	23,90	48,40	31,86	-43,39
05.06.2020	-0,17	26,60	50,50	141,59	-55,72
	0,72	26,90	46,10	48,88	-19,47

Таблица 3.7 - Статистические характеристики для гроз фронта окклюзии:

	макс	мин	мед	дисп	станд отк	ср зн
l	6,64	-6,12	0,14	7,33561	2,71	0,37
к	34,10	11,90	26,90	22,3032	4,72	26,39
T	56,80	37,80	47,20	16,564	4,07	47,89
cape	1602,43	0,00	98,15	113918	337,52	232,43
cin	0,00	-673,35	-55,72	13990	118,28	-79,84

С помощью статистических показателей по таблицам зарубежных значений индексов (таблицы 3.8 – 3.12) я смогла определить пороговые значения индексов неустойчивости с грозовой активностью над территорией города Саратова для двух видов гроз – внутримассовых и фронтальных.

Доверительные интервалы значений для внутримассовых гроз составили от -5,99 до 20,12 при стандартном отклонении 3,45, что соответствует обширной количественной оценке Lifted index – от глубокой инверсии и максимально устойчивой атмосферы до высокой неустойчивости и очень сильных гроз. Для фронтальных гроз значения холодного и тёплого фронтов имеют незначительные отличия и соответствуют разбросу количественной оценки от максимально устойчивой атмосферы до умеренной неустойчивости и сильных гроз. Для фронта окклюзии при значениях от -6,12 до 6,64 и стандартном отклонении 2,71 характерны те же количественные оценки с добавлением очень сильных гроз.

Таблица 3.8.

Пороговые значения индекса L_i :

L_i	Количественная оценка
$L_i \geq 6$	Глубокая инверсия. Атмосфера очень устойчива.
$1 \leq L_i \leq 5$	Устойчивое состояние атмосферы. Кучевая облачность хорошей погоды.
$0 \geq L_i \geq -2$	Небольшая неустойчивость. Конвективная облачность с ливнями, при интенсивном дневном прогреве
$-3 \geq L_i \geq -5$	Умеренная неустойчивость. Сильные грозы.
$L_i \leq -6$	Высокая неустойчивость. Очень сильные грозы.

По результатам внутримассовых гроз доверительные интервалы значений индекса K составили от -5,1 до 37,8 при стандартном отклонении 7,95, а значит, включили в себя следующие пункты - отсутствие гроз, отдельные изолированные грозы, некоторое количество гроз, рассеянные грозы и многочисленные. Охваченная зона составила до 70% покрытия площади. Для фронтов холодного воздуха показатели составили интервалы значений от -0,1 до 34,3 при стандартном отклонении 6,3 – это соответствует количественной оценке с отсутствия гроз до рассеянных и охваченной зоне до 50% покрытия. Для тёплого фронта доверительные интервалы значений оказались от 5,8 до 36,3 со стандартным отклонением 6,93, что соответствует элементам количественной оценки до многочисленных гроз и площади охвата территории до 70%. Доверительные значения при фронтах окклюзии составили интервалы от

11,9 до 34,1 при стандартном отклонении 4,72, что соответствует такой же оценке как и для холодного фронта.

Таблица 3.9.

Пороговые значения индекса K_i :

К	Количественная оценка	Охваченная зона (в %)
$K < 20$	Без гроз	-
$20 \leq K \leq 25$	Отдельные изолированные грозы	Не более 10% площади территории
$25 < K \leq 30$	Несколько гроз	Не более 10-20% площади территории
$30 < K \leq 35$	Рассеянные грозы	20-50% площади территории
$35 < K \leq 40$	Многочисленные грозы	50-70% площади территории
$K > 40$	Грозы повсеместно	Грозовые очаги занимают >70% территории

Доверительные интервалы значений индекса Total Totals для внутримассовых гроз составили от 0 до 59,3 при стандартном отклонении 9,78 – этот диапазон значений охватил все представленные количественные оценки. Для холодных фронтов значения индекса ТТ составили от 39,4 до 54,4 со стандартным отклонением 3,55 – это соответствует: оценкам отсутствия грозовой деятельности; отдельных гроз и некоторому их количеству; рассеянных грозных очагов; значительного количества, среди которого могут быть сильные грозы; рассеянных сильных грозных очагов и отдельных очагов со смерчем; значительного количества сильных грозных очагов и отдельных очагов с сильными смерчами. Значения тёплого и фронта окклюзии несильно отличаются друг

от друга. Для них характерен весь диапазон перечисленной количественной оценки.

Таблица 3.10.

Пороговые значения индекса ТТ:

ТТ	Количественная оценка
< 44	Грозная деятельность не возможна.
44-45	Отдельная гроза или несколько гроз.
46-47	Рассеянные грозовые очаги.
48-49	Значительное количество гроз, отдельные из которых сильные.
50-51	Рассеянные сильные грозовые очаги, отдельные очаги со смерчем.
52-55	Значительное количество очагов сильных гроз, отдельные очаги со смерчем.
>55	Многочисленные сильные грозы с сильными смерчами.

Диапазон доверительных значений индекса CAPE для внутримассовых гроз составляет от 0 до 1994,83 при стандартном отклонении 325,01 и соответствует слабой неустойчивости, возможным грозам и умеренной неустойчивости, сильным грозам и ливням. Максимальное значение при холодном фронте равняется 1108,04, при тёплом фронте – 1180,79, при фронте окклюзии – 1602,43. Минимальные значения у всех составляют 0. Оценка пороговых значений для фронтальных гроз такая же как и у внутримассовых.

Таблица 3.11.

Пороговые значения индекса CAPE:

CAPE	Количественная оценка
CAPE<0	Устойчивое состояние атмосферы, грозы невозможны
0<CAPE<1000	Слабая неустойчивость, возможны грозы
1000<CAPE<2500	Умеренная неустойчивость, сильные грозы и ливни
2500<CAPE<3500	Сильная неустойчивость, очень сильные грозы, шквалы
CAPE>3500	Взрывная конвекция, образуются суперячейки, торнадо

Доверительные интервалы значений индекса Convective Inhibition для внутримассовых гроз составляют от -289,19 до 0 при стандартном отклонении 70,88, это соответствует количественной оценке, в которую входят все пункты – от отсутствия конвекции до её возможности возникновения. Значение для холодного фронта имеет небольшое отличие от внутримассового. Однако диапазон доверительных интервалов для тёплого фронта и особенно фронта окклюзии имеют огромные расхождения значений с количественной оценкой. Это соответствует отсутствию конвекции, грозы наблюдаться не будут.

Таблица 3.12.

Пороговые значения индекса CIN:

CIN	Количественная оценка
$CIN < -200$	Нет конвекции, грозы невозможны
$CIN \leq -40$	Редкая глубокая конвекция при мощных движениях воздуха
$-10 < CIN < -40$	Конвекция возможна при наличии триггера
$CIN \leq -10$	Конвекция возможна

Но несмотря на результат значения индекса CIN, я провела анализ по грозовой активности за этот же день, но с другими индексами неустойчивости. На рисунке 3.8 представлен фрагмент таблицы данных индексов неустойчивости одного дня за ночные и дневные сроки наблюдения для фронта окклюзии. Значения LI составляют 1,15 и 2,97 за ночь и день соответственно, что характеризует устойчивое состояние атмосферы. Значение индекса KI в первом случае соответствует рассеянными грозам и 20 – 50% площади покрытия гроз, во втором – отсутствию гроз. Значения TT показывают количественную оценку соответствующую отдельной грозе или нескольким грозам за ночное время и отсутствие гроз за дневное. Индекс CAPE в обоих случаях характеризует данные как слабую неустойчивость и возможность появления гроз.

Дата	Li	Ki	TT	CAPE	CIN
ФРОНТ ОККЛЮЗИИ					
30.06.2023	1,15	31,20	45,90	32,57	-80,54
	2,97	11,90	42,60	11,38	-673,35

Рисунок 3.8 – Данные индексов неустойчивости за 2 срока наблюдения за фронтом окклюзии одних суток.

Данный анализ помог определить причину получения показателя несоответствующего наличию грозы по индексу CIN. Подводя итог небольшого исследования, можно отметить, что гроза наблюдалась в ночные часы и могла соответствовать таким характеристикам как рассеянная гроза и отдельная гроза или несколько гроз. Этим объясняется сильное отклонение значения от количественной оценки грозовых явлений.

Также был проведён анализ данных для дней, в которые грозовая активность отсутствовала. На рисунках 3.9 и 3.10 отображены данные за дни без гроз.

	Li	Ki	TT	CAPE	CIN		
21.06.2023	2,63	30,5	52,8	0	0		мин
	3,14	19,3	47,6	35,13	0		мед
17.06.2023	4,89	27,7	45	0	0		дисп
	4,72	18,7	38,8	0	0		станд откл
							ср зн

Рисунок 3.9 – Значения индексов за сутки двух дней.

	макс	мин	мед	дисп	станд откл	ср зн
l	4,89	2,63	3,93	1,276967	1,130029	3,845
к	30,5	18,7	23,5	35,37	5,947268	24,05
т	52,8	38,8	46,3	33,87667	5,820367	46,05
cape	35,13	0	0	308,5292	17,565	8,7825
cin	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3.10 – Статистические характеристики.

В данном случае LI соответствует устойчивому состоянию атмосферы, KI доходит до отметки «рассеянные грозы», TT охватывает почти всю количественную оценку, CAPE – слабая неустойчивость и возможны грозы, max и min значения CIN находится на 0.

Заключение

В ходе моих исследований было выявлено 143 случая с грозовыми явлениями в аэропорту «Гагарин» в городе Саратове за период с конца августа 2019 года по сентябрь 2023 года. Среди них с мая наблюдается тенденция к увеличению числа дней с грозовой активностью, которая достигает максимума в июле (зафиксировано 50 случаев) и снижается к сентябрю. Меньше всего гроз было зафиксировано в октябре: всего 1 случай за весь период. При этом первая фактическая гроза на аэродроме Гагарин была зафиксирована только 27 апреля 2020 года.

Для анализа параметров конвективной неустойчивости атмосферы я определила все дни с грозовой активностью за рассматриваемый период: всего наблюдалось 133 дня с грозой. Число выявленных случаев и дней с грозовой активностью отличаются, так как в некоторые дни было обнаружено несколько гроз. Мною был проведён анализ данных по синоптическим картам, где количество внутримассовых составило 90 случаев гроз, а фронтальных составило 53 случая (на холодном фронте 17, на тёплом - 18 и на фронте окклюзии тоже 18), а также систематизированы полученные значения. Я исследовала индексы конвективной неустойчивости за все дни с грозовой активностью и получила по ним результаты статистических характеристик за разные виды гроз, а также рассмотрела несколько дней с отсутствием грозовой деятельности и проверила значения индексов конвекции в такие дни. Были определены близкие пороговые значения параметров конвективной неустойчивости для территории Саратова и проведено сравнение с известными зарубежными таблицами пороговых значений индексов. Отмечу, что пороговые значения индексов для Саратова не совсем совпадают с зарубежными. Из 5 просматриваемых индексов больше всего отличие показывает индекс CAPE. Полученные мною доверительные интервалы CAPE для Саратова как при внутримассовых, так и для фронтальных гроз захватывают только 2 пункта количественной оценки, соответствующие значениям от 0 до 2500. При внутримассовых грозах полный охват

определений прослеживается для индексов LI, TT и CIN. При фронтальных грозах ситуация не так однозначна, так как разным фронтам соответствует разная количественная оценка индексов неустойчивости.

Я пришла к выводу, что область количественной оценки для порогов, определённых зарубежными странами, обширнее наблюдаемых данных на территории Саратова. Причиной этого является то, что пороги индексов составлены для зарубежных территорий, где в целом количество, интенсивность гроз, мощность развивающейся конвекции часто гораздо мощнее проявлений грозовой активности в российских регионах, например, в Саратове, в силу физико-географических и климатических особенностей местности. Выявленные отличия в определении порогов значений индексов дают повод для более детальной и глубокой разработки количественных оценок для локального прогнозирования гроз.

Список используемой литературы

1. Кашлева Л.В. Атмосферное электричество. Учебное пособие.- СПб.: изд. РГГМУ, 2008 - 116 с.
2. Иванов П. Д. Условия образования и прогнозирование гроз на севере Европейской части России. – СПб, 2018. – 56.
3. Иванова Е. С. Условия формирования грозовой деятельности на территории Республики Башкортостан. – СПб, 2021. – 37.
4. Богаткин О. Г. Авиационные прогнозы погоды / О. Г. Богаткин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010 – 592 с.
5. <https://saratovmer.ru/>, 08.06.2024
6. <https://saratov.gov.ru/>, 08.06.2024
7. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. – СПб. : Гидрометеиздат, 2000 – 778 с.
8. Семенченко Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М. : Изд-во МГУ, 2002 – 416 с.
9. Doswell, C. A., D. M. Schultz. On the use of indices and parameters in forecasting severe storms. *Electronic J. Severe Storms Meteor.* 2006. 1(3): 1–22.
10. Нечепуренко О. Е., Горбатенко В. П., Константинова Д. А., Севастьянов В. В. Индексы неустойчивости атмосферы и их пороговые значения, оптимальные для прогноза гроз над Сибирью. *Гидрометеорологические исследования и прогнозы.* 2018. 2(368). с. 44 - 59.

Приложение 1.

Данные в Excel из архива погоды gr5 метеостанции Гагарин в городе Саратове.

1	Местное время в Гагарине	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW	c	VV	Td
58127	28.04.2020 02:30	8,0	746,5	749,3	87	Переменный на	1				Незначительная (10-30%) 720	10,0 и бол	6,0
58128	28.04.2020 02:00	9,0	746,5	749,3	82	Ветер, дующий	2				Разорванная (60-90%) 1290 м	10,0 и бол	6,0
58129	28.04.2020 01:30	9,0	746,5	749,3	82	Ветер, дующий	3				Разорванная (60-90%) 1290 м	10,0 и бол	6,0
58130	28.04.2020 01:00	9,0	746,5	749,3	82	Ветер, дующий	4				Разорванная (60-90%) 1290 м	10,0 и бол	6,0
58131	28.04.2020 00:30	9,0	747,3	750,1	76	Ветер, дующий	4				Разорванная (60-90%) 1080 м	10,0 и бол	5,0
58132	28.04.2020 00:00	10,0	747,3	750,1	71	Ветер, дующий	3				Разорванная (60-90%) 1080 м	10,0 и бол	5,0
58133	27.04.2020 23:30	9,0	747,3	750,1	82	Ветер, дующий	3				Разорванная (60-90%) 990 м	10,0 и бол	6,0
58134	27.04.2020 23:00	9,0	747,3	750,1	82	Ветер, дующий	3				Нет существенной облачности	10,0 и бол	6,0
58135	27.04.2020 22:30	10,0	747,3	750,1	76	Ветер, дующий	4				Нет существенной облачности	10,0 и бол	6,0
58136	27.04.2020 22:00	11,0	747,3	750,1	62	Ветер, дующий	4				Нет существенной облачности	10,0 и бол	4,0
58137	27.04.2020 21:30	12,0	747,3	750,1	58	Ветер, дующий	5				Нет существенной облачности	10,0 и бол	4,0
58138	27.04.2020 21:00	12,0	747,3	750,1	58	Ветер, дующий	5				Нет существенной облачности	10,0 и бол	4,0
58139	27.04.2020 20:30	12,0	746,5	749,3	58	Ветер, дующий	4				Нет существенной облачности	10,0 и бол	4,0
58140	27.04.2020 20:00	13,0	746,5	749,3	51	Ветер, дующий	5				Рассеянная (40-50%) 1500 м, 1	10,0 и бол	3,0
58141	27.04.2020 19:30	14,0	746,5	749,3	51	Ветер, дующий	6				Рассеянная (40-50%) 1500 м, 1	10,0 и бол	4,0
58142	27.04.2020 19:00	15,0	745,8	748,5	45	Ветер, дующий	7				Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	3,0
58143	27.04.2020 18:30	16,0	745,8	748,5	39	Ветер, дующий	5				Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	2,0
58144	27.04.2020 18:00	18,0	745,8	748,5	34	Ветер, дующий	8				Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	2,0
58145	27.04.2020 17:30	19,0	745,8	748,5	32	Ветер, дующий	7			Гроза	Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	2,0
58146	27.04.2020 17:00	18,0	745,8	748,5	34	Ветер, дующий	7				Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	2,0
58147	27.04.2020 16:30	19,0	745,8	748,5	35	Ветер, дующий	7			Вблизи гроза	Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	3,0
58148	27.04.2020 16:00	16,0	746,6	749,3	48	Ветер, дующий	5				Незначительная (10-30%) 1500	10,0 и бол	5,0
58149	27.04.2020 15:30	18,0	746,6	749,3	46	Ветер, дующий	6	11			Рассеянная (40-50%) 1200 м,	10,0 и бол	6,0
58150	27.04.2020 15:00	15,0	746,6	749,3	48	Ветер, дующий	6				Разорванная (60-90%) 1200 м,	10,0 и бол	4,0
58151	27.04.2020 14:30	16,0	746,6	749,3	48	Ветер, дующий	5				Рассеянная (40-50%) 990 м, к	10,0 и бол	5,0
58152	27.04.2020 14:00	17,0	747,4	750,1	42	Ветер, дующий	7			Слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Рассеянная (40-50%) 750 м, к	10,0 и бол	4,0
58153	27.04.2020 13:30	18,0	747,4	750,1	40	Ветер, дующий	6				Рассеянная (40-50%) 1500 м, 1	10,0 и бол	4,0
58154	27.04.2020 13:00	17,0	747,4	750,1	42	Ветер, дующий	7				Рассеянная (40-50%) 1500 м, 1	10,0 и бол	4,0
58155	27.04.2020 12:30	17,0	748,1	750,8	42	Ветер, дующий	7				Разорванная (60-90%) 1500 м,	10,0 и бол	4,0
58156	27.04.2020 12:00	18,0	748,1	750,8	40	Ветер, дующий	5				Нет существенной облачности	10,0 и бол	4,0
58157	27.04.2020 11:30	17,0	748,1	750,8	42	Ветер, дующий	5				Нет существенной облачности	10,0 и бол	4,0
58158	27.04.2020 11:00	16,0	748,1	750,8	52	Ветер, дующий	4				Нет существенной облачности	10,0 и бол	6,0
58159	27.04.2020 10:30	15,0	748,8	751,6	55	Ветер, дующий	4				Нет существенной облачности	10,0 и бол	6,0
58160	27.04.2020 10:00	13,0	748,8	751,6	59	Ветер, дующий	5				Нет существенной облачности	10,0 и бол	5,0
58161	27.04.2020 09:30	12,0	748,8	751,6	63	Ветер, дующий	5				Нет существенной облачности	10,0 и бол	5,0

Приложение 2.

Отслеживаемые грозы в разное время по датам.

Местное время в	WW	WW'
25.08.2023 16:00	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	
25.08.2023 15:30	Вблизи гроза	
21.08.2023 16:30	Слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Гроза
21.08.2023 16:00	Слабый(ая)(ые) гроза, дождь	
21.08.2023 15:30	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Гроза, дождь
21.08.2023 15:00	Слабый(ая)(ые) гроза, дождь	
21.08.2023 14:30	Вблизи гроза	
21.08.2023 14:00	Вблизи гроза	
21.08.2023 13:30	Вблизи гроза	
17.08.2023 22:30	Вблизи гроза	
17.08.2023 22:00	Вблизи гроза	Гроза
17.08.2023 21:30	Слабый(ая)(ые) гроза, дождь	
17.08.2023 21:00	Вблизи гроза	
17.08.2023 20:30	Вблизи гроза	
17.08.2023 20:00	Вблизи гроза	
17.08.2023 18:30	Гроза	
17.08.2023 18:00	Вблизи гроза	
17.08.2023 17:30	Слабый(ая)(ые) гроза, дождь	
17.08.2023 17:00	Вблизи гроза	
14.08.2023 07:30	Вблизи гроза	
14.08.2023 07:00	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	
14.08.2023 06:00	Вблизи гроза	
14.08.2023 05:00	Вблизи гроза	Гроза
14.08.2023 04:30	Слабый(ая)(ые) гроза, дождь	
14.08.2023 04:00	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	
14.08.2023 03:30	Вблизи гроза	
14.08.2023 02:00	Вблизи гроза	
14.08.2023 01:30	Вблизи гроза	
14.08.2023 01:00	Вблизи гроза	
14.08.2023 00:30	Вблизи гроза	
10.08.2023 01:30	Вблизи гроза	
02.08.2023 23:00	Вблизи гроза	
29.07.2023 09:00		Гроза
29.07.2023 08:30	Слабый(ая)(ые) гроза, дождь	
17.07.2023 16:30	Вблизи гроза	Гроза
17.07.2023 16:00	Гроза	Гроза
17.07.2023 15:30	Вблизи гроза	
13.07.2023 15:30	Вблизи гроза	
13.07.2023 15:00	Вблизи гроза	
08.07.2023 23:00	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	

Приложение 3.

Разделение гроз по типам: в – внутримассовые, ф х – холодного фронта, ф т – теплового фронта, ф о – фронта окклюзии.

1	Дата	WW	WW'	Грозы (в/ф)
90	01.07.2021	Вблизи гроза		ф х
91	30.06.2021	Гроза		ф т
92	29.06.2021	Вблизи гроза		в
93	28.06.2021	Вблизи гроза		ф т
94	16.06.2021	Вблизи гроза		ф т
95	13.06.2021	Вблизи гроза	Гроза	в
96	12.06.2021	Вблизи гроза		в
97	11.06.2021	Вблизи гроза		в
98	09.06.2021	Вблизи гроза		ф х
99	08.06.2021	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Гроза	ф х
100	07.06.2021	Вблизи гроза		в
101	05.06.2021	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь		в
102	30.05.2021	Слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Гроза	в
103	20.05.2021	Вблизи гроза		ф х
104	13.05.2021	Вблизи гроза		ф о
105	24.04.2021		Гроза	в
106	29.08.2020	Вблизи гроза		ф х
107	17.08.2020		Гроза	в
108	13.08.2020	Вблизи гроза		ф о
109	07.08.2020	Вблизи гроза		в
110	02.08.2020	Вблизи гроза		в
111	31.07.2020	Вблизи гроза		ф х
112	30.07.2020	Вблизи гроза		в
113	15.07.2020	Вблизи гроза		ф х
114	14.07.2020	Вблизи гроза	Гроза	в
115	13.07.2020		Гроза	ф т
116	12.07.2020	Вблизи гроза	Гроза	ф т
117	09.07.2020		Гроза	в
118	07.07.2020	Вблизи гроза		в
119	29.06.2020		Гроза	ф т
120	28.06.2020	Вблизи гроза		в
121	24.06.2020	Вблизи гроза		в
122	21.06.2020	Слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь, вблизи гроза		ф х
123	18.06.2020	Вблизи гроза		в
124	14.06.2020	Вблизи гроза		в
125	13.06.2020	Гроза		ф т
126	07.06.2020	Вблизи гроза		в
127	06.06.2020	Вблизи гроза		ф о
128	05.06.2020	Вблизи гроза		ф о
129	03.06.2020	Вблизи гроза, слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь		ф т
130	02.06.2020	Вблизи гроза		ф т
131	01.06.2020	Вблизи гроза		в
132	26.05.2020	Вблизи гроза		в
133	10.05.2020	Слабый(ая)(ые) ливень (ливни), дождь	Гроза	в
134	27.04.2020		Гроза	в

Приложение 4. Дни с грозами внутримассового типа.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
2	21.08.2023	20,0	755,0	757,7	88	Ветер, дук	4		Слабый(ая) гроза	Разорван	10.0 и бол		18,0	в
3	17.08.2023	19,0	758,4	761,2	94	Ветер, дук	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		18,0	в
4	14.08.2023	20,0	760,7	763,5	94	Ветер, дук	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		19,0	в
5	10.08.2023	21,0	760,1	762,8	64	Переменн	1		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	в
6	02.08.2023	24,0	755,0	757,7	65	Ветер, дук	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		17,0	в
7	29.07.2023	24,0	749,6	752,3	74	Ветер, дук	2		Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		19,0	в
8	13.07.2023	18,0	754,9	757,7	68	Ветер, дук	6		Вблизи гроза	Разорван	10.0 и бол		12,0	в
9	08.07.2023	23,0	754,2	756,9	78	Ветер, дук	3		Вблизи гроза, слабы	Разорван	8		19,0	в
10	04.07.2023	24,0	758,5	761,2	78	Штиль, бе	0		Слабый(ая) гроза	Рассеянн	10.0 и бол		20,0	в, ф т
11	03.07.2023	29,0	754,3	756,9	48	Ветер, дук	3		Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		17,0	в
12	02.07.2023	24,0	749,6	752,3	61	Ветер, дук	9		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		16,0	в, ф х
13	01.07.2023	19,0	745,8	748,5	78	Ветер, дук	3		Слабый(ая) гроза	Разорван	10.0 и бол		15,0	в
14	23.06.2023	12,0	758,4	761,2	94	Ветер, дук	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		11,0	в, ф т
15	20.06.2023	16,0	754,1	756,9	72	Ветер, дук	15	20	Слабый(ая)(ые) гроза	Рассеянн	10.0 и бол		11,0	в
16	15.06.2023	21,0	754,2	756,9	69	Ветер, дук	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		15,0	в
17	10.06.2023	25,0	757,8	760,5	51	Ветер, дук	9		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	в
18	09.06.2023	27,0	760,8	763,5	28	Ветер, дук	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		7,0	в
19	31.05.2023	25,0	752,7	755,4	61	Ветер, дук	7		Вблизи гроза	Незначите	10.0 и бол		17,0	в
20	30.05.2023	25,0	753,5	756,2	69	Ветер, дук	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		19,0	в, ф о
21	27.05.2023	19,0	756,3	759,0	68	Ветер, дук	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		13,0	в
22	25.05.2023	22,0	761,6	764,3	65	Ветер, дук	4		Вблизи гроза	Разорван	10.0 и бол		15,0	в
23	24.05.2023	18,0	758,4	761,2	64	Ветер, дук	2		Вблизи гр Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		11,0	в
24	23.05.2023	20,0	758,5	761,2	56	Ветер, дук	4		Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		11,0	в
25	16.05.2023	16,0	761,5	764,3	72	Ветер, дук	3		Гроза	Незначите	10.0 и бол		11,0	в
26	14.05.2023	18,0	759,2	762,0	56	Ветер, дук	7		Вблизи гр Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		9,0	в, ф т
27	05.05.2023	18,0	759,2	762,0	68	Ветер, дук	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		12,0	в
28	01.05.2023	16,0	751,8	754,6	88	Ветер, дук	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	в
29	02.10.2022	18,0	756,9	759,7	83	Ветер, дук	4		Вблизи гроза, слабы	Рассеянн	10.0 и бол		15,0	в
30	04.09.2022	15,0	760,7	763,5	63	Ветер, дук	5		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		8,0	в
31	18.08.2022	25,0	758,5	761,2	51	Ветер, дук	10		Вблизи гроза	Разорван	10.0 и бол		14,0	в, ф о
32	11.08.2022	24,0	761,6	764,3	78	Ветер, дук	7		Вблизи гр Гроза	Разорван	10.0 и бол		20,0	в
33	09.08.2022	30,0	760,1	762,8	38	Ветер, дук	2		Вблизи гр Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	в
34	08.08.2022	25,0	761,6	764,3	54	Ветер, дук	4		Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		15,0	в
35	07.08.2022	26,0	760,1	762,8	48	Штиль, бе	0		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	в
36	26.07.2022	26,0	751,2	753,9	65	Ветер, дук	2		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		19,0	в

Приложение 5. Дни с грозами холодного фронта.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
96	25.08.2023	18,0	754,9	757,7	78	Ветер, дук	3		Вблизи гроза, слабы	Разорван	9		14,0	ф х
97	17.07.2023	23,0	752,7	755,4	65	Ветер, дук	4		Вблизи гр Гроза	Разорван	10.0 и бол		16,0	ф х
98	02.07.2023	24,0	749,6	752,3	61	Ветер, дук	9		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		16,0	в, ф х
99	01.09.2022	19,0	755,0	757,7	94	Ветер, дук	2		Вблизи гроза, слабы	Незначите	9		18,0	ф х
100	22.07.2022	18,0	753,5	756,2	78	Ветер, дук	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		14,0	ф х
101	04.06.2022	23,0	759,3	762,0	74	Ветер, дук	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		18,0	в, ф х
102	03.09.2021	18,0	741,3	744,0	83	Ветер, дук	3		Слабый(ая) гроза	Разорван	10.0 и бол		15,0	ф о, ф х
103	22.07.2021	19,0	745,8	748,5	94	Ветер, дук	4		Гроза	Рассеянн	10.0 и бол		18,0	ф х
104	02.07.2021	26,0	751,9	754,6	70	Ветер, дук	4		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		20,0	ф х
105	01.07.2021	25,0	754,2	756,9	61	Ветер, дук	4		Вблизи гроза	Разорван	10.0 и бол		17,0	ф х
106	09.06.2021	25,0	753,5	756,2	61	Ветер, дук	5		Вблизи гроза	Разорван	10.0 и бол		17,0	ф х
107	08.06.2021	17,0	753,4	756,2	94	Ветер, дук	3		Вблизи гр Гроза	Разорван	10.0 и бол		16,0	ф х
108	20.05.2021	17,0	755,4	758,2	68	Ветер, дук	2		Вблизи гр Гроза	Незначите	10.0 и бол		11,0	ф х
109	29.08.2020	22,0	757,0	759,7	73	Ветер, дук	2		Вблизи гроза	Разорван	10.0 и бол		17,0	ф х
110	31.07.2020	28,0	753,5	756,2	45	Ветер, дук	6		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		15,0	ф х
111	15.07.2020	22,0	754,2	756,9	88	Ветер, дук	3		Вблизи гроза	Рассеянн	10.0 и бол		20,0	ф х
112	21.06.2020	20,0	756,3	759,0	88	Ветер, дук	3		Слабый(ая)(ые) ливе	Разорван	10.0 и бол		18,0	ф х

Приложение 6. Дни с грозами теплого фронта.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
117	04.07.2023	24,0	758,5	761,2	78	Штиль, бе:	0		Слабый(аг	Гроза	Рассеянн:	10.0 и бол	20,0	в, ф т
118	23.06.2023	12,0	758,4	761,2	94	Ветер, дук	4		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	11,0	в, ф т
119	14.05.2023	18,0	759,2	762,0	56	Ветер, дук	7		Вблизи гр	Гроза	Рассеянн:	10.0 и бол	9,0	в, ф т
120	29.07.2022	20,0	757,0	759,7	94	Переменн	1		Вблизи гр	Гроза	Разорванн:	10.0 и бол	19,0	ф т
121	28.07.2022	30,0	757,1	759,7	52	Ветер, дук	5		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	19,0	ф т
122	22.06.2022	23,0	744,3	747,0	74	Ветер, дук	6		Вблизи гроза, слабы		Разорванн:	10.0 и бол	18,0	ф т
123	05.06.2022	18,0	754,9	757,7	78	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	14,0	ф т
124	16.07.2021	28,0	753,5	756,2	51	Ветер, дук	5		Гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	17,0	ф т
125	15.07.2021	30,0	755,1	757,7	43	Ветер, дук	3		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	16,0	ф т
126	30.06.2021	20,0	753,5	756,2	88	Ветер, дук	3		Гроза		Разорванн:	10.0 и бол	18,0	ф т
127	28.06.2021	34,0	755,1	757,7	36	Ветер, дук	4		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	17,0	ф т
128	16.06.2021	23,0	755,0	757,7	78	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	19,0	ф т
129	13.07.2020	33,0	751,3	753,9	34	Ветер, дук	4		Гроза		Разорванн:	10.0 и бол	15,0	ф т
130	12.07.2020	26,0	756,3	759,0	54	Ветер, дук	5		Вблизи гр	Гроза	Разорванн:	10.0 и бол	16,0	ф т
131	29.06.2020	15,0	751,1	753,9	94	Ветер, дук	5		Гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	14,0	ф т
132	13.06.2020	20,0	757,8	760,5	56	Ветер, дук	9		Гроза		Разорванн:	10.0 и бол	11,0	ф т
133	03.06.2020	19,0	751,9	754,6	83	Ветер, дук	7		Вблизи гроза, слабы		Рассеянн:	10.0 и бол	16,0	ф т
134	02.06.2020	19,0	756,3	759,0	68	Ветер, дук	10		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	13,0	ф т

Приложение 7. Дни с грозами фронта окклюзии.

1	Дата	T	P0	P	U	DD	Ff	#f10	WW	WW'	с	VV	Td	Грозы (в/ф)
140	30.06.2023	22,0	747,4	750,1	65	Ветер, дук	4		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	15,0	ф о
141	30.05.2023	25,0	753,5	756,2	69	Ветер, дук	3		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	19,0	в, ф о
142	28.05.2023	19,0	757,0	759,7	83	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	16,0	ф о
143	18.08.2022	25,0	758,5	761,2	51	Ветер, дук	10		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	14,0	в, ф о
144	30.07.2022	28,0	757,0	759,7	51	Ветер, дук	3		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	17,0	ф о
145	27.07.2022	30,0	754,3	756,9	46	Ветер, дук	5		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	17,0	ф о
146	25.07.2022	20,0	751,2	753,9	88	Ветер, дук	3		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	18,0	в, ф о
147	24.07.2022	19,0	752,7	755,4	94	Ветер, дук	2		Вблизи гр	Гроза	Рассеянн:	10.0 и бол	18,0	ф о
148	23.07.2022	24,0	753,5	756,2	57	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	15,0	ф о
149	21.07.2022	21,0	749,6	752,3	64	Ветер, дук	5		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	14,0	в, ф о
150	03.07.2022	20,0	754,2	756,9	73	Ветер, дук	4		Вблизи гр	Гроза	Разорванн:	10.0 и бол	15,0	ф о
151	02.07.2022	14,0	754,9	757,7	94	Ветер, дук	3		Вблизи гр	Гроза	Сплошная	8	13,0	ф о
152	03.04.2022	11,0	745,7	748,5	82	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	8,0	ф о
153	03.09.2021	18,0	741,3	744,0	83	Ветер, дук	3		Слабый(аг	Гроза	Разорванн:	10.0 и бол	15,0	ф о, ф х
154	13.05.2021	19,0	760,0	762,8	73	Ветер, дук	5		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	14,0	ф о
155	13.08.2020	18,0	751,2	753,9	88	Штиль, бе:	0		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	16,0	ф о
156	06.06.2020	22,0	759,3	762,0	61	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Рассеянн:	10.0 и бол	14,0	ф о
157	05.06.2020	20,0	758,5	761,2	64	Ветер, дук	2		Вблизи гроза		Разорванн:	10.0 и бол	13,0	ф о

Приложение 8. Значения индексов для внутримассовых гроз за рассматриваемый срок.

Дата	Внутримассовые грозы				
	Li	Ki	TT	CAPE	CIN
21.08.2023	-1,32;-1,69	30,7;34	49,2;52	267,58;86,48	-123,59;-248,16
17.08.2023	3,14;-1,39	24,1;29,4	42,8;46	0;233,71	0
14.08.2023	-1,25;-0,74	34,6;27,1	49,4;45,8	198,38;168,55	-214,67;-70,99
10.08.2023	0,47;5,06	33,1;12,9	51,4;34,8	0	0
02.08.2023	2,91;2,47	24,7;21,9	42,6;41,4	0,59;0	-185,94;0
29.07.2023	-0,48;1,69	29,5;19,7	50,6;43,4	82,24;0	-343,36;0
13.07.2023	1,41;4,81	26,2;14,9	51,2;42,6	12,18;0	-88,7;0
08.07.2023	20,12;0,31	11,5;20,5	45,4;42,8	0;9,23	0;-142,07
04.07.2023	-3,4;0,4	30,4;25,5	47;44	1180,79;20,62	-88,54;-109,25
03.07.2023	-0,69;-0,64	24,9;23,5	42,6;45,6	185,52;176,57	-69,32;-34,44
02.07.2023	0,39;1,11	28,5;25,5	47,6;45	30,54;0,04	-52,41;-153,82
01.07.2023	2,23;0,68	24,7;28,4	44,2;47,5	0,36;43,25	-153,01;-24,11
23.06.2023	7,17	11,3	35,8	0	0
20.06.2023	4,19;4,75	20,3;14,3	48,2;41,4	0;15,38	0;-27,5
15.06.2023	3,52	17,3	41,2	0	0
10.06.2023	2,32;0,03	24,8;19,9	45,4;43,6	14,12;158,89	-200,88;-10,18
09.06.2023	2;1,65	21,3;18,9	45,4;45,4	43,17;0	-164,74;0
31.05.2023	3,24;-2,86	29,1;28,5	43,6;50,2	0;349,57	0;-34,76
30.05.2023	4,45;-2,85	26,9;32,8	48,4;51,8	0;461,28	0;-74,26
27.05.2023	1,27;1,11	23,5;30,4	48,8;47	2,74;4,97	-278,85;-68,04
25.05.2023	2,28;0,6	31,9;27,7	52,4;46,8	0;50,38	0;-143,45
24.05.2023	-1,03;-1,22	30,1;22,1	51,4;47	275,71;168,6	-161,88;-51,57
23.05.2023	6,97;2,52	18,7;26,9	40,6;47,8	0	0
16.05.2023	3,19;-0,95	26,1;19,3	53;50,6	0;267,14	0;-0,32
14.05.2023	-1,77	27,9	55,6	155,27	-50,8
05.05.2023	3,69;1,22	-0,7;10,1	43,2;43,6	0;39,45	0;-66,38
01.05.2023	3,88;	16,5;	46;	0	0
02.10.2022	0,52;0,02	32,6;27,9	53,5;48	6,53;64,31	-175,15;-133,61
04.09.2022	13,21;14,42	-5,1;11,1	26,4;24,3	0;0,1	0;-21,26
18.08.2022	6,64;4,94	18,7;18,1	41;37,8	0	0
11.08.2022	-0,18;-1,98	28,7;32,9	47,4;50,6	164,32;357,34	-192,88;-159,02
09.08.2022	0,51;0,27	30,3;27,7	49,6;48,8	55,77;36,73	-203,6;-42,44
08.08.2022	-0,19;-0,43	27,9;18,7	49,8;47,4	30,22;94,53	-245,15;-55,67
07.08.2022	1,85;0,46	29;21,5	48;46,8	14,65;106,45	-297,41;-29,63
26.07.2022	0,52;-0,87	33,9;27,5	48,2;45	86,36;624,48	-133,02;-38,
25.07.2022	0,28;-4,28	26,5;30,1	45,8;51	16,34;938,01	-172,58;-28,52
21.07.2022	1,76;1,95	27,8;28,1	46,6;46	55,11;3,41	-170,81;-94,58
20.07.2022	4,4;1,07	13,5;27,6	41,4;48,2	0;41,21	0;-120,75
18.07.2022	2,27;-1,24	28,4;27,5	44,8;44	0;347,25	0;-47,3

Приложение 9.

Данные индексов конвективной неустойчивости за сутки с внутримассовыми грозами.

Дата	Li	K	T	CAPE	CIN
21.08.2023	-1,32	30,70	49,20	267,58	-123,59
17.08.2023	3,14	24,10	42,80	0,00	0,00
14.08.2023	-1,25	34,60	49,40	198,38	-214,67
10.08.2023	0,47	33,10	51,40	0,00	0,00
02.08.2023	2,91	24,70	42,60	0,59	-185,94
29.07.2023	-0,48	29,50	50,60	82,24	-343,36
13.07.2023	1,41	26,20	51,20	12,18	-88,70
08.07.2023	20,12	11,50	45,40	0,00	0,00
04.07.2023	-3,40	30,40	47,00	1180,79	-88,54
03.07.2023	-0,69	24,90	42,60	185,52	-69,32
02.07.2023	0,39	28,50	47,60	30,54	-52,41
01.07.2023	2,23	24,70	44,20	0,36	-153,01
23.06.2023	7,17	11,30	35,80	0,00	0,00
20.06.2023	4,19	20,30	48,20	0,00	0,00
15.06.2023	3,52	17,30	41,20	0,00	0,00
10.06.2023	2,32	24,80	45,40	14,12	-200,88
09.06.2023	2,00	21,30	45,40	43,17	-164,74
31.05.2023	3,24	29,10	43,60	0,00	0,00
30.05.2023	4,45	26,90	48,40	0,00	0,00
27.05.2023	1,27	23,50	48,80	2,74	-278,85
25.05.2023	2,28	31,90	52,40	0,00	0,00
24.05.2023	-1,03	30,10	51,40	275,71	-161,88
23.05.2023	6,97	18,70	40,60	0,00	0,00
16.05.2023	3,19	26,10	53,00	0,00	0,00
14.05.2023	-1,77	27,90	55,60	155,27	-50,80
05.05.2023	3,69	-0,70	43,20	0,00	0,00
01.05.2023	3,88	16,50	46,00	0,00	0,00
02.10.2022	0,52	32,60	53,50	6,53	-175,15
04.09.2022	13,21	-5,10	26,40	0,00	0,00
18.08.2022	6,64	18,70	41,00	0,00	0,00
11.08.2022	-0,18	28,70	47,40	164,32	-192,88
09.08.2022	0,51	30,30	49,60	55,77	-203,60
08.08.2022	-0,19	27,90	49,80	30,22	-245,15
07.08.2022	1,85	29,00	48,00	14,65	-297,41
26.07.2022	0,52	33,90	48,20	86,36	-133,02
25.07.2022	0,28	26,50	45,80	16,34	-172,58
21.07.2022	1,76	27,80	46,60	55,11	-170,81
20.07.2022	4,40	13,50	41,40	0,00	0,00
18.07.2022	2,27	28,40	44,80	0,00	0,00

Дата	Li	K	T	CAPE	CIN
14.07.2022	0,12	33,70	47,80	64,88	-193,04
13.07.2022	0,22	35,10	47,00	5,03	-223,20
09.07.2022	1,45	26,10	48,20	0,00	0,00
01.07.2022	2,12	25,00	48,80	70,53	-97,80
28.06.2022	3,11	22,70	43,80	0,00	0,00
23.06.2022	1,24	31,50	47,60	1,42	-260,85
04.06.2022	2,54	30,50	49,20	0,00	0,00
27.05.2022	5,44	21,10	46,00	2,26	-222,54
17.05.2022	2,81	17,10	50,60	1,50	-63,51
16.05.2022	1,04	24,20	54,20	0,00	0,00
27.04.2022	-2,84	31,70	58,60	479,89	-225,15
13.04.2022	6,13	-3,00	43,50	0,32	-11,31
14.09.2021	3,15	25,80	45,20	29,26	-187,65
01.09.2021	7,65	10,90	35,60	0,00	0,00
23.08.2021	-1,25	28,30	48,20	179,51	-216,49
21.08.2021	0,55	26,30	47,80	0,00	-454,38
17.08.2021	-1,51	25,00	39,80	115,09	-185,15
16.08.2021	0,64	27,20	41,00	51,59	-196,39
04.08.2021	-1,20	25,30	50,60	224,12	-471,45
03.08.2021	0,29	26,90	45,40	54,08	-341,16
31.07.2021	0,35	25,10	42,00	32,40	-175,23
30.07.2021	-2,06	34,40	49,00	576,40	-84,05
29.07.2021	1,62	30,20	46,00	26,09	-175,30
21.07.2021	-1,72	37,40	49,40	576,99	-147,65
20.07.2021	-3,13	37,00	52,80	794,54	-191,64
14.07.2021	1,41	33,30	47,80	55,35	-174,82
04.07.2021	-2,63	32,90	48,60	861,98	-49,99
29.06.2021	-2,76	33,10	49,80	720,83	-274,79
13.06.2021	-4,54	32,20	53,90	1113,32	-56,25
12.06.2021	-3,14	33,00	51,00	793,52	-29,57
11.06.2021	-2,75	35,60	53,60	908,01	-106,90
07.06.2021	-0,81	29,50	48,20	218,03	-23,27
05.06.2021	5,04	23,40	44,40	0,27	-9,09
30.05.2021	-2,66	18,10	48,60	841,99	-100,80
24.04.2021	2,48	19,50	50,80	11,20	-44,32
17.08.2020	-1,06	27,40	49,50	247,31	-12,17
07.08.2020	-2,61	31,90	47,40	895,08	-118,61
02.08.2020	2,52	22,50	45,00	0,00	0,00
30.07.2020	3,37	21,70	43,80	0,00	0,00

Дата	Li	K	T	CAPE	CIN
14.07.2020	0,27	22,10	48,80	84,13	-652,79
09.07.2020	-0,77	31,50	52,20	71,03	-461,11
07.07.2020	1,60	22,70	49,40	0,00	0,00
28.06.2020	-1,54	20,90	46,60	383,37	-128,50
24.06.2020	5,39	31,30	28,70	0,00	0,00
18.06.2020	-3,44	28,50	50,40	869,61	-40,64
14.06.2020	7,01	26,70	47,40	0,00	0,00
07.06.2020	-4,12	33,70	52,90	1083,45	-51,93
01.06.2020	-1,18	28,50	52,60	233,80	-49,91
26.05.2020	10,56	18,40	35,40	0,00	0,00
10.05.2020	-0,25	28,20	57,80	16,34	-35,51
27.04.2020	3,51	17,40	47,40	0,00	0,00
	-1,69	34,00	52,00	86,48	-248,16
	-1,39	29,40	46,00	233,71	0,00
	-0,74	27,10	45,80	168,55	-70,99
	5,06	12,90	34,80	0,00	0,00
	2,47	21,90	41,40	0,00	0,00
	1,69	19,70	43,40	0,00	0,00
	4,81	14,90	42,60	0,00	0,00
	0,31	20,50	42,80	9,23	-142,07
	0,40	25,50	44,00	20,62	-109,25
	-0,64	23,50	45,60	176,57	-34,44
	1,11	25,50	45,00	0,04	-153,82
	0,68	28,40	47,50	43,25	-24,11
		0,00	0,00	0,00	0,00
	4,75	14,30	41,40	15,38	-27,50
		0,00	0,00	0,00	0,00
	0,03	19,90	43,60	158,89	-10,18
	1,65	18,90	45,40	0,00	0,00
	-2,86	28,50	50,20	349,57	-34,76
	-2,85	32,80	51,80	461,28	-74,26
	1,11	30,40	47,00	4,97	-68,04
	0,60	27,70	46,80	50,38	-143,45
	-1,22	22,10	47,00	168,60	-51,57
	2,52	26,90	47,80	0,00	0,00
	-0,95	19,30	50,60	267,14	-0,32
		0,00	0,00	0,00	0,00
	1,22	10,10	43,60	39,45	-66,38
		0,00	0,00	0,00	0,00

Дата	Li	K	T	CAPE	CIN
	0,02	27,90	48,00	64,31	-133,61
	14,42	11,10	24,30	0,10	-21,26
	4,94	18,10	37,80	0,00	0,00
	-1,98	32,90	50,60	357,34	-159,02
	0,27	27,70	48,80	36,73	-42,44
	-0,43	18,70	47,40	94,53	-55,67
	0,46	21,50	46,80	106,45	-29,63
	-0,87	27,50	45,00	624,48	-38,00
	-4,28	30,10	51,00	938,01	-28,52
	1,95	28,10	46,00	3,41	-94,58
	1,07	27,60	48,20	41,21	-120,75
	-1,24	27,50	44,00	347,25	-47,30
	-2,53	29,70	49,20	634,93	-116,24
	-1,13	28,40	43,80	248,82	-150,62
	0,25	26,70	47,40	61,95	-33,28
	0,75	26,60	55,60	25,78	-251,24
	0,71	22,20	47,50	0,23	-165,91
	0,64	27,80	40,80	94,90	-80,52
	-2,10	34,30	53,30	374,72	-72,26
	1,53	28,50	52,20	0,00	0,00
	1,23	19,50	53,60	17,30	-56,87
	-1,43	22,60	54,60	263,31	-10,01
	-1,50	23,30	49,00	539,38	-164,82
	5,97	24,60	46,00	0,00	0,00
	1,84	25,90	49,20	6,61	-48,15
	5,46	20,90	42,60	0,00	0,00
	1,24	30,20	45,20	0,00	0,00
	1,24	19,10	42,60	0,00	0,00
	-1,41	28,50	45,20	213,91	-119,99
	0,92	25,70	44,80	0,62	-95,60
	0,62	27,50	48,00	16,49	-259,53
	1,60	26,10	46,60	0,33	-196,79
	-3,82	34,90	50,60	1127,48	-13,89
	-2,13	30,50	47,40	569,60	-33,03
	0,14	25,10	45,60	0,52	-165,46
	-1,77	28,30	47,80	364,73	-37,32
	0,99	20,50	42,20	1,53	-255,30
	-5,99	26,70	50,00	1994,83	-78,79
	-2,52	28,30	46,60	512,85	-93,44

Дата	Li	K	T	CAPE	CIN
	-4,61	37,80	49,60	1579,08	-8,28
	-0,10	27,90	50,00	43,60	-289,19
	-0,91	26,30	48,40	73,69	-136,59
	2,74	15,10	36,60	50,02	-69,36
	2,16	20,10	43,40	1,99	-57,46
	-1,94	26,10	50,80	568,04	-13,39
	-1,28	27,10	50,20	142,31	-40,61
	2,69	17,60	49,90	14,73	-4,82
		0,00	0,00	0,00	0,00
	-2,89	32,80	49,20	921,54	-2,88
	-2,95	21,50	48,00	837,00	0,00
	0,55	32,40	47,40	111,35	-0,02
	-0,42	23,90	47,00	102,42	-55,69
	-2,20	28,30	50,60	216,40	-122,33
	-2,74	19,10	49,80	305,47	-54,85
	-1,79	31,90	51,00	343,02	-101,31
	2,30	28,30	45,40	6,33	-168,53
	1,22	23,70	44,60	0,00	0,00
	8,88	24,30	45,80	0,00	0,00
	-2,02	31,10	48,20	505,40	-24,14
	-0,63	24,50	0,00	119,28	-3,48
	6,16	17,30	40,80	0,00	0,00
	-1,73	28,40	59,30	374,29	-54,75
	1,45	19,80	50,20	16,58	-10,95