



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Особенности метеообеспечения аэродрома Апатиты»

Исполнитель Терентьев Кирилл Петрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Волобуева Ольга Васильевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой метеопрогнозов

(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 4 » июня 2025г

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1. КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЭРОДРОМА	4
1.1 Общая информация о аэродроме	4
1.2 Физико-географические характеристики аэродрома	5
1.3 Общие сведения о климате.....	8
2. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ НА ПОЛЁТЫ АВИАЦИИ	10
2.1 Влияние облачности и видимости	10
2.2 Влияние ветра.....	14
2.3 Влияние обледенения	16
2.4 Влияние гроз.....	16
3. АНАЛИЗ ДАННЫХ.....	18
3.1 Повторяемость неблагоприятных метеоусловий	18
3.2 Годовой ход неблагоприятных метеоусловий.....	25
3.3 Синоптические ситуации при неблагоприятных метеоусловиях	34
4. СИНОПТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	40
4.1 Обзор случаев ухудшения видимости.....	40
4.1.1 Осенне-зимний период	40
4.1.2 Летний период	48
4.2 Обзор случаев переохлажденных осадков.....	51
4.3 Обзор случаев сильного ветра.	52
4.4 Обзор случаев гроз.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	58

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, в России достаточно остро стоит вопрос развития северных регионов нашей страны. На основе данного факта, можно сделать вывод о том, что должно улучшаться и транспортное сообщение с регионом. Важную роль в сообщении с населенными пунктами играет авиация, а для труднодоступных пунктов не обойтись без малой авиации, которая зачастую бывает единственным способом сообщения с региональным центром и другими населенными пунктами.

Вместе с тем, говоря о важности авиасообщения в северных регионах, нельзя забывать и о синоптических условиях, которые напрямую влияют на полеты.

Добиться максимальной производительности при различных погодных условиях можно только при условии грамотной работы метеобеспечения. Однако, не на всех аэродромах при одинаковых синоптических ситуациях могут наблюдаться схожие условия.

Объектом исследования был выбран аэродром Апатиты в Мурманской области. На аэродроме обеспечиваются полёты, в том числе и малой авиации, которая сильнее всего подвержена влиянию метеорологических условий. Их изучение являются актуальной задачей с целью повышения безопасности полётов.

В качестве исходных данных использовались наблюдения на АМСГ с 2020 – 2023 гг.

Цель данной работы состоит в том, чтобы показать особенности метеобеспечения на аэродроме Апатиты

Задачи работы:

- Описать физико-географические, климатические особенности района.

- Проанализировать неблагоприятные явления погоды, оказывающие влияние на полеты в зоне аэродрома (низкая облачность, ухудшение видимости, сильный ветер, переохлажденные осадки, грозы)
- Проанализировать синоптические ситуации, при возникновении неблагоприятных явлений погоды.
- Разработать рекомендации для использования в оперативной практике синоптиков

1. КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЭРОДРОМА

1.1 Общая информация о аэродроме

Аэродром Апатиты (Хибины) — расположен на территории административного района города Апатиты. Аэродром класса «В», имеющий одну ВПП с магнитными курсами посадки $113^{\circ}/293^{\circ}$ (ВПП 11/29). Аэродром горный, севернее на удалении 15 км расположен горный массив Хибины. Ближайшие горы, имеющие абсолютные отметки выше 1000 м, удалены от Аэродрома на 15–19 км.

- Расположение: 13км ЮВ г.Апатиты.
- Вид: Гражданский, совместного базирования с ФСБ России
- Класс: В
- Посадочные системы: ОСП с МКпос - 113° градусов; ОРЛ-А, АРП, ОМИ, 2 напр.
- Размеры ВПП: 2496 х 42 м.
- Абсолютные высоты порогов ВПП:
МКп 113° —158 м
МКп 293° —148 м.
- Превышение Аэродрома – 160 м.
- Географические координаты КТА: $67^{\circ}27'46''$ с.ш. $033^{\circ}35'08''$ в.д.
- Абсолютная высота КТА— 157,04 м.
- Номер часового пояса: +2. Разность между поясным (МСК) и всемирным скоординированным временем (ВСВ): +3 часа.

Метеорологическое обеспечение полетов воздушных судов на аэродроме Апатиты (Хибины) предоставляется в соответствии с организованной системой качества, которая включает правила, процедуры и ресурсы, необходимые для

руководства качеством метеорологической информации, и осуществляется обособленными подразделениями Северо-Западного филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» [1]

Аэродромным метеорологическим органом на аэродроме является АМСГ-4, не имеющая синоптической группы. Режим работы АМСГ-4 устанавливается Филиалом в соответствии с регламентом работы Аэродрома, согласованным с Филиалом. Станция расположена в здании КДП и имеет индекс ИКАО – ULMK.

АМСГ-4 осуществляет следующие виды наблюдений за состоянием погоды на Аэродроме:

- регулярные;
- специальные;
- по запросу органа ОВД;
- при поступлении сигнала «Тревога».

1.2 Физико-географические характеристики аэродрома

Аэродром расположен на Кольском полуострове (рисунок 1.2.1), южнее административного центра, города Мурманска, на расстоянии около 200 км.

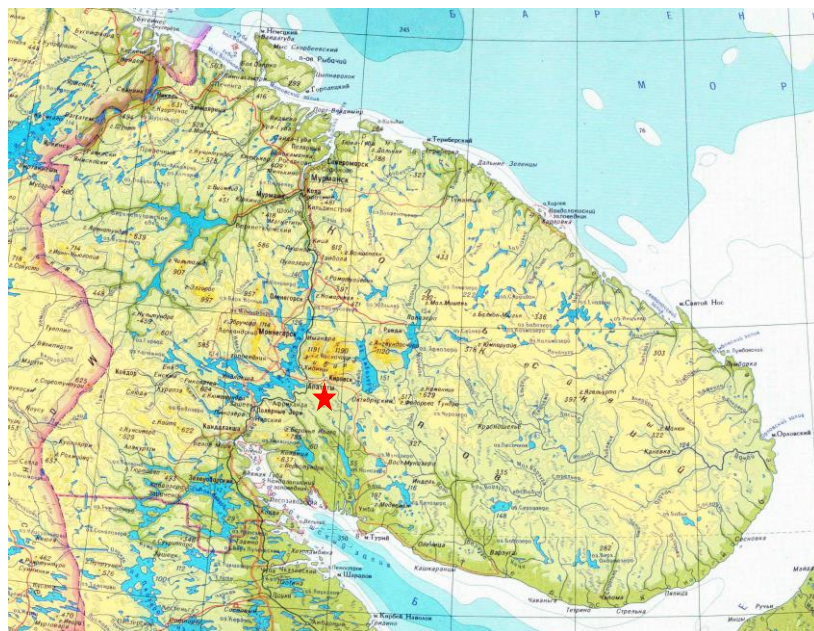


Рисунок 1.2.1 – Карта Кольского полуострова

В 15 километрах от аэродрома, на юге, располагается горный массив Хибины. Наивысшей точкой горной системы является гора Юдычвумчорр, высота которой составляет 1200,5 м над уровнем моря. Местность заключена между самым крупным озером Кольского полуострова, Имандрой, на западе и Умбозером на востоке (рисунок 1.2.2).

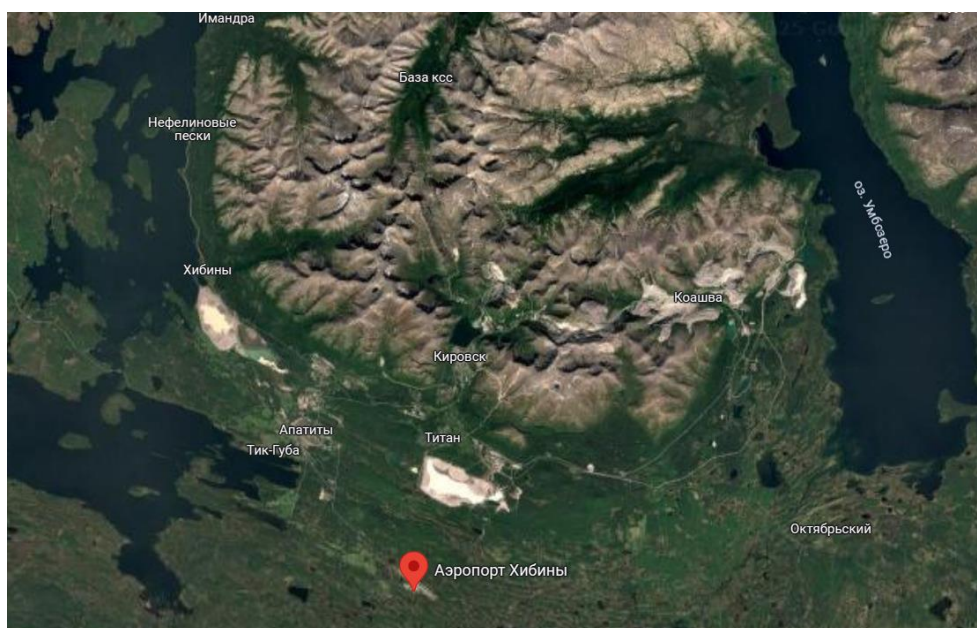


Рисунок 1.2.2 – Расположение аэродрома

Температурный режим достаточно неоднороден, хотя и в меньшей степени, чем в других районах. Неоднородность температурного режима объясняется влиянием микрорельефа и близостью крупных озёр. Вследствие этих факторов, вблизи озёр наблюдается более низкая температура в летнее время, а осенью и в начале зимы, наоборот, температура выше рядом с озёрами. На возвышенностях зимой температура выше, а в остальные сезоны ниже, чем во впадинах.

Ближайшими наиболее крупными населёнными пунктами являются Кировск и Апатиты. Через район проходят железные дороги: Санкт-Петербург — Мурманск, Апатиты — Ревда.

В районе Аэродрома нет промышленных предприятий. [2]

1.3 Общие сведения о климате

Аэродром расположен в субарктическом климате. В связи со значительной удалённостью от морского побережья можно объяснить континентальность климата. Преобладает выход циклонов с Атлантики.

Расположение севернее полярного круга, даёт особенности в виде полярных дней и ночей, магнитных бурь, частых полярных сияний в холодное время года.

Полярная ночь в районе аэродрома длится с середины декабря до конца декабря-начала января, полярный день — с середины мая до конца июля. Наличие полярного дня и ночи создает своеобразный радиационный режим подстилающей поверхности. В Мурманской области принята следующая продолжительность сезонов:

- зима: ноябрь—март;
- весна: апрель—май;
- лето: июнь—август;

– осень: сентябрь–октябрь.

В осенне-зимний период погоду Кольского полуострова определяет интенсивное развитие циклонической деятельности на полярном и арктическом фронтах. С циклонами связано множество характерных погодных особенностей, о которых будет написано в дальнейшем.

Сдвиг ветра в слое земля — 600 м может иметь место при любом направлении ветра.

Самые холодные месяцы — январь и декабрь (среднемесячная многолетняя температура воздуха составляет соответственно $-9,2^{\circ}\text{C}$ и $-13,7^{\circ}\text{C}$).

Самый теплый месяц — июль (среднемесячная многолетняя температура 15°C).

Минимальное давление за рассматриваемый период отмечалось в ноябре и составило 947,8 гПа (710,8 мм. рт. ст.), максимальное — в октябре и составило 1027,6 гПа (770,7 мм. рт. ст.). [2]

2. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ НА ПОЛЁТЫ АВИАЦИИ

В данной главе будет рассмотрено влияние различных метеоусловий и особых явлений на метеообеспечение полетов авиации, которые будут рассмотрены и проанализированы в дальнейшем.

2.1 Влияние облачности и видимости

Влияние облачности и видимости является одним из основополагающих факторов в метеообеспечении полетов. В авиации существует понятие минимума погоды, которое напрямую зависит от высоты нижней границы облаков и видимости. При уменьшении высоты нижней границы облаков или ухудшении видимости у пилота появляются трудности с визуальной ориентировкой из кабины самолёта. При сильных ухудшениях параметров, пилотирование становится возможным только с использованием приборов. Также, зоны облачности характеризуются связанными с ними явлениями, такими как обледенение, турбулентность и т.д.

Влияние облачности, в первую очередь рассматривают с точки зрения высоты нижней границы облачности.

В вопросе малой высоты нижней границы облачности большой интерес представляют слоистые формы нижнего яруса, а также облака вертикального развития. *Слоисто-дождевые облака* являются наиболее низкими облаками с высотой нижней границы, в среднем, 200-300 метров, могут опускаться значительно ниже. Высота верхней границы, изменяется довольно широко от 4 до 8 км. Наибольшая толщина слоисто-дождевых облаков отмечается зимой,. Горизонтальная протяженность этих облаков колеблется от сотен до

нескольких тысяч километров. Основные опасности связаны с влиянием на визуальные полеты и обледенением.

Среди облаков вертикального развития наиболее сильно выделяется *кучево-дождевая облачность*, как самая опасная не только среди данного вида, но и всех прочих. Вертикальная мощность этих облаков очень большая. Нижняя граница кучево-дождевой облачности обычно понижается до 200-500 м, а верхняя часто достигает тропопаузы. В облаке и вокруг него наблюдается сильная турбулентность. Наиболее опасной для полетов является передняя часть облака, где нередко образуется «крутящийся вал» с горизонтальной осью вращения - «шкваловым воротом».

Более сильное воздействие облачность оказывает на полеты вертолётчиков. Так как большую часть времени пилотирование осуществляется визуально, низкая облачность может сделать ситуацию не пригодную для полётов.

Чем меньше высота полета, тем сложнее осуществлять пилотирование, так как распределение внимания летчика между визуальным наблюдением за местностью и контролем высот по приборам находится в зависимости от высоты полета.

Возвращаясь к влиянию видимости, стоит обратить внимание, что при метеообеспечении рассматривают не только метеорологическую дальность видимости (*МДВ*), но и полетную дальность видимости.

МДВ – наибольшее расстояние, с которого в светлое время суток прекращает распознаваться абсолютно чёрное тело, размерами более 15', на фоне неба.

Полётная видимость, представляет собой максимально возможное расстояние, при котором будет виден реальный объект на небе из кабины пилота (рисунок 2.1.1).

В зависимости от угла, под которым пилот может наблюдать за состоянием атмосферы через стекло различают следующие характеристик видимости:

Вертикальная видимость – максимально возможное расстояние по вертикали, с которого можно рассмотреть неосвещенный или освещенный объект днем или ночью соответственно. Вертикальная видимость вниз используется для рассмотрения земной поверхности, а вертикальная видимость вверх для рассмотрения объектов находящихся над самолётом.

Горизонтальная видимость – расстояние до видимого объекта на высоте полёта.

Наклонная видимость – расстояние, на котором видны объекты на земле.

Посадочная видимость – Предельное значение расстояния вдоль глиссады снижения, на котором пилот может разглядеть ВПП при посадке.

Возвращаясь к влиянию видимости, на полёты авиации, говорят о явлениях, ухудшающих её. Это могут быть осадки, туманы, песчаные бури и т.д.



Рисунок 2.1.1 – Полётная видимость

Для данной работы наиболее интересно рассматривать влияние осадков, а также туманов и дымок.

Зачастую, когда говорят об ухудшении видимости, первым делом вспоминают туманы и дымки, которые могут ухудшить видимость до значений,

менее 50 метров, а по вертикальной мощности достигать высоты более 100 метров. Затрагивая классификацию туманов, по **агрегатному состоянию** их стоит делить на *капельные, ледяные и смешанные*.

По связи с **синоптическим положением** туманы могут быть *фронтальными и внутримассовыми*.

По **вертикали** туманы подразделяют на *поземные, низкие, средние и высокие*, а по **интенсивности** на *слабые, умеренные, сильные и очень сильные*.

Отдельное внимание следует уделить **генетической классификации** туманов (рисунок 2.1.2). Наиболее часто встречающимися туманами можно назвать туманы *охлаждения*. Они в свою очередь делятся на *адвективные, радиационные, адвективно-радиационные и орографические*.

Адвективные туманы появляются в результате натекания влажного воздуха на холодную поверхность.

Радиационные туманы возникают в результате понижения температуры подстилающей поверхности за счёт выхолаживания.

При совокупности факторов, обуславливающих возникновение радиационных и адвективных туманов, образуются *адвективно-радиационные* туманы

Туман, образующийся в результате натекания воздуха на возвышенность, принято называть *орографическим*.

Существуют также туманы **испарения**, которые делятся на *фронтальные* и *надводные*. Эти туманы образуются в результате испарения воды с более теплой поверхности по сравнению с воздухом.

Туманы **смещения** характеризуются смешением двух воздушных масс с различными характеристиками. Могут быть *пограничными* и *антропогенными*.



Рисунок 2.1.2 – Генетическая классификация туманов

Если туманы можно наблюдать в любое время года, то осадки в зависимости от сезона, могут быть жидкими или твердыми. Летом могут выпадать в виде дождя и мороси, а зимой в виде снега, снежной крупы или ледяного дождя. В зависимости от фронтальных и облачных систем, осадки могут быть обложными или ливневыми. Обложные осадки, как правило, выпадают со средней интенсивностью и наблюдаются на протяжении долгого периода времени. Ливневые осадки наоборот, характеризуются высокой интенсивностью и кратковременностью. Осадки, в сравнении с туманами, ухудшают видимость не так сильно, однако имеют более высокую повторяемость.

Явления, ухудшающие видимость, также как и низкая облачность, оказывают сильное воздействие на деятельность вертолётов. Полеты в таких условиях крайне ограничены и возможны только по приборам на высотах не ниже истинных безопасных.

2.2 Влияние ветра

Ветер, при достаточно больших скоростях ветра, может оказывать опасное воздействие. При взлёте и посадке самолет может выкатиться за пределы ВПП, а может наоборот не долететь.

Другое воздействие может быть вызвано боковыми составляющими ветра. При взлёте и посадке, самолёт может развернуть или накренить.

Ещё одним опасным воздействием ветра, на взлет или посадку самолёта, может являться его сдвиг.

Сдвиг ветра, представляет собой резкое изменение направления и/или скорости ветра. Он может быть горизонтальным или вертикальным. При посадке сдвиг ветра чреват посадкой самолёта до начала ВПП. В случае взлёта, более сильный встречный ветер, может увеличивать подъемную силу быстрее, чем предполагалось. В результате самолёт может принять закритический угол атаки, приводящий к сваливанию.

Любопытно влияние ветра на вертолёт. В отличие от самолета, он имеет другое строение. В воздух его поднимают винты, которые при деятельности сильного ветра могут выйти из строя или повредить фюзеляж.

Влияние ветра также сказывается на запуске и выключении двигателей. Наибольшее влияние оказывает ветер, направленный навстречу выхлопным газам. Ветер может размывать струю газов из сопла и забрасывать ее часть в воздухозаборник, что может привести к помпажу двигателей.

При пилотировании вертолета, сильный ветер способен накренить вертолет в виду его высокого расположения центра масс и центра вращения несущего винта, относительно поверхности рулежной дорожки.

Для вертолетов наиболее опасным является ветер слева, из-за того, что лопасти вращаются по часовой стрелке. То есть, скорость обтекания воздушным потоком лопасти слева при движении вертолета может быть определена суммой двух скоростей: движения лопасти и движения самого вертолета. Скорость обтекания воздушным потоком лопастей справа равна разности этих же скоростей. Следовательно, подъемная сила вертолета слева

заведомо больше, чем справа, т.е. у вертолета в его конструкцию уже заложен небольшой опрокидывающий момент слева направо. Если же при этом еще наблюдается и ветер слева, то опасность опрокидывания вертолета значительно увеличивается. [3]

2.3 Влияние обледенения

Обледенение является одним из наиболее опасных явлений погоды, для деятельности авиации. Представляет собой отложение льда на различных частях самолета, который может ухудшать аэродинамические свойства самолёта. Отложение льда препятствует поступлению воздуха в двигатель, в результате мощность и тяга падает, а в некоторых случаях, попадая в двигатель приводит к помпажу. Отложения на иллюминаторах, препятствуют визуальным полетам, а если лед образовался и на антенне, то пилот может иметь проблемы с радиосвязью.

К обледенению могут приводить следующие процессы:

- Оседание осадков на поверхности самолета
- Соприкосновение капель с поверхностью самолета, имеющего отрицательную температуру, при его полете в облаках
- Сублимация водяного пара

2.4 Влияние гроз

Ранее, в тексте упоминались кучево-дождевые облака. Помимо упомянутого выше, с ними связано явление гроз. Грозу считают одним из самых опасных явлений погоды для авиации. В кучево-дождевом облаке присутствует сильная турбулентность, сильное обледенение, электризация, поэтому кучево-дождевые облака следует облетать не менее чем в 15 км от него. В некоторых случаях разрешается облетать облако сверху (если верхняя граница облака не превышает потолок самолёта) или пролетать под ним.

Грозы бывают фронтальными и внутримассовыми.

Внутримассовые в свою очередь могут быть тепловыми, адвективными и орографическими.

Тепловые грозы имеют небольшие размеры, малую скорость. Приносят обильные осадки и значительное количество молний.

Адвективные грозы связаны с прохождением холодного фронта. Возникают после его прохождения в морских умеренных воздушных массах.

Орографические грозы возникают под воздействием особенностей рельефа.

С деятельностью фронтов связаны грозы на холодном, теплом фронте и фронте окклюзии.

Грозы холодного фронта образуются на холодных фронтах, зачастую сильно растянуты вдоль линии фронта. Между отдельными кучево-дождевыми облаками существуют разрывы в районе 10-20 км, что препятствует их безопасному облету, по нормам безопасности.

Грозы теплого фронта являются сравнительно редким явлением. Возникают при выходе циклонов с юга. Главной опасностью гроз на тёплых фронтах является маскированная кучево-дождевая облачность, в которую можно попасть внезапно. Для предупреждения таких ситуаций требуется использовать информацию РЛС, а облетать такие грозы можно только сверху.

Грозы фронта окклюзии образующиеся на фронтах окклюзии, они могут наблюдаться как днем, так и ночью. Грозы практически не бывают сплошными.

3. АНАЛИЗ ДАННЫХ

3.1 Повторяемость неблагоприятных метеоусловий

В ходе работы анализировались случаи значений видимости ниже 2 км, высоты нижней границы облачности ниже 300 м. Также, анализировались случаи выпадения переохлажденных осадков, случаи усиления ветра выше 15 м/с, грозы (таблица 3.1.1).

Таблица 3.1.0.1 – Количество случаев неблагоприятных метеоусловий за период 2020-2023 гг.

	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	Сумма
Видимость ниже 2 км	275	329	286	271	1161
Высота нижней границы облачности ниже 300 м	276	257	278	241	1052
Переохлажденные осадки	113	99	126	114	452
Ветер более 15 м/с	26	20	10	12	68
Гроза	2	6	17	2	27
Общее количество случаев	2760				

На основе таблицы были сделаны диаграммы повторяемости неблагоприятных метеоусловий как за период 2020-2023 гг., так и за каждый год в отдельности (рисунки 3.1.1-3.1.5) .

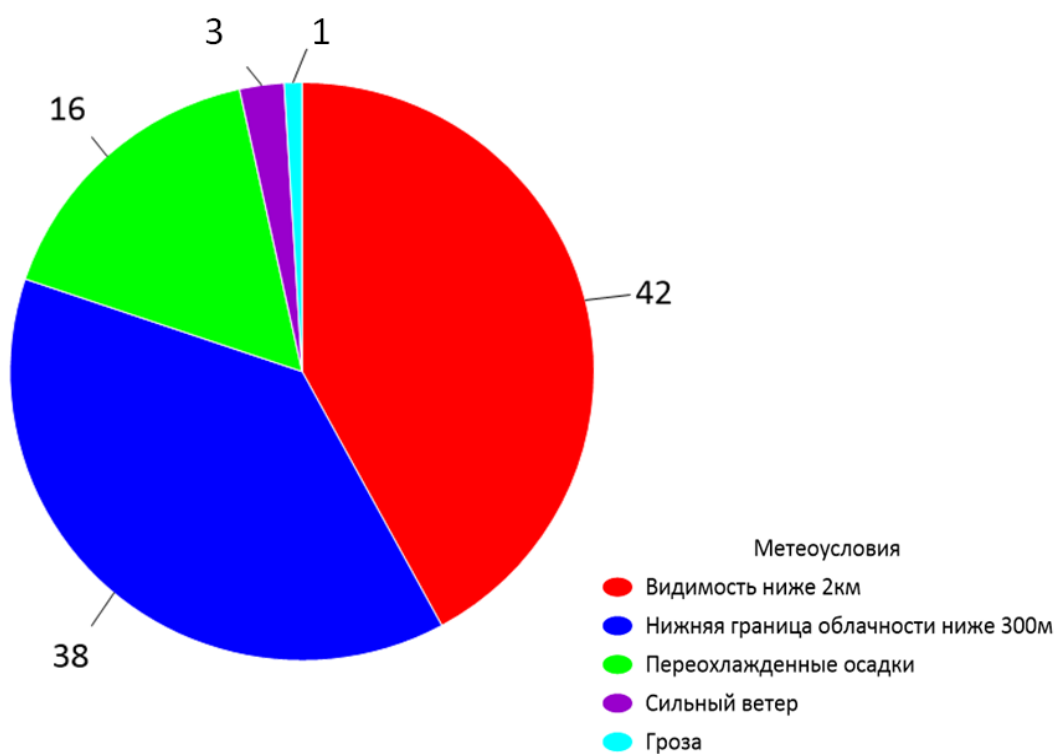


Рисунок 3.1.1. – Повторяемость неблагоприятных метеоусловий за период 2020-2023 гг.

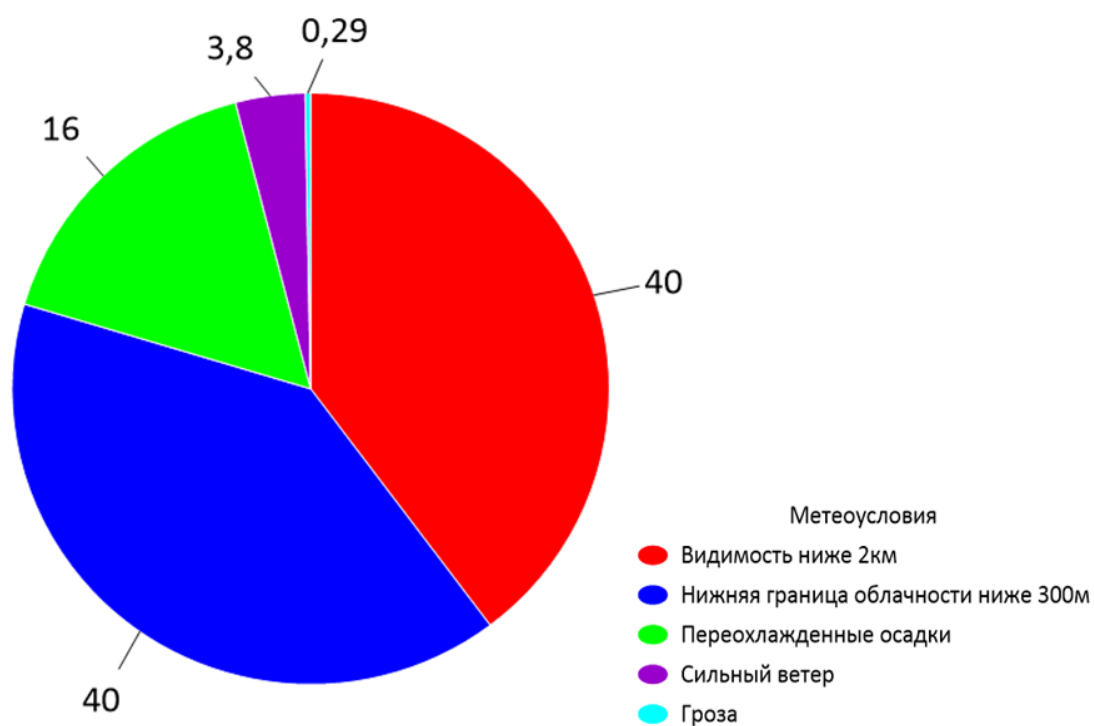


Рисунок 3.1.2. – Повторяемость неблагоприятных метеоусловий за 2020 год

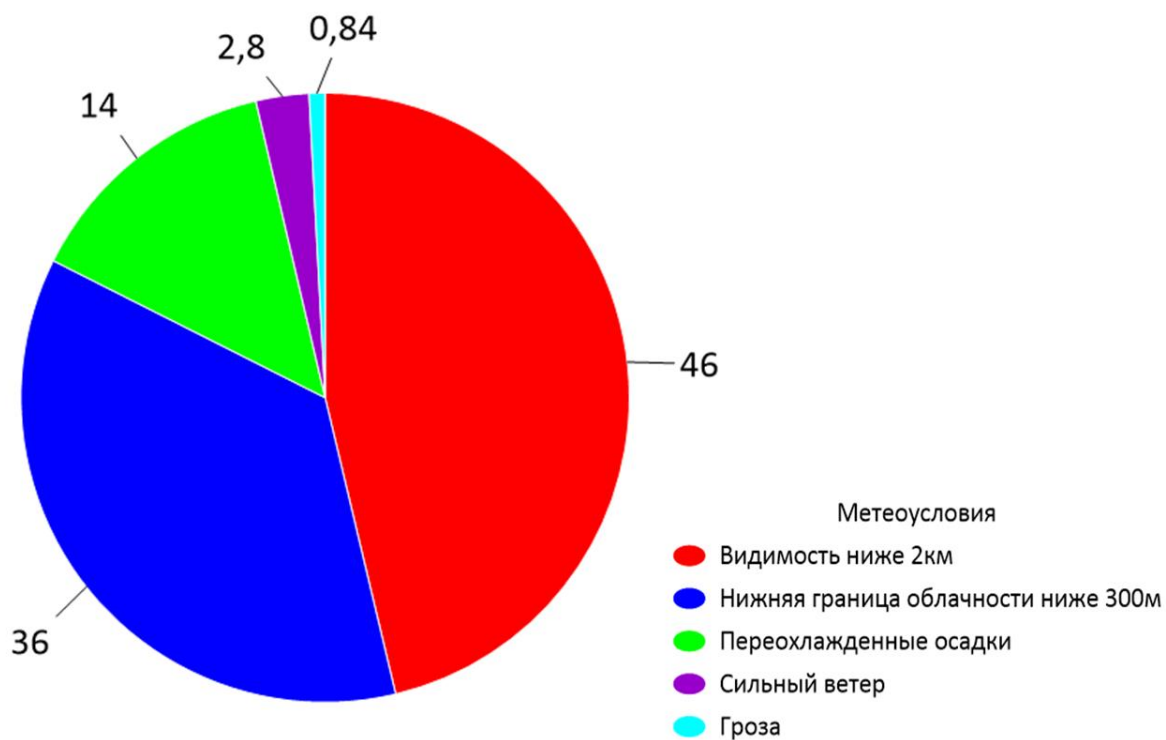


Рисунок 3.1.3 – Повторяемость неблагоприятных метеоусловий за 2021 год

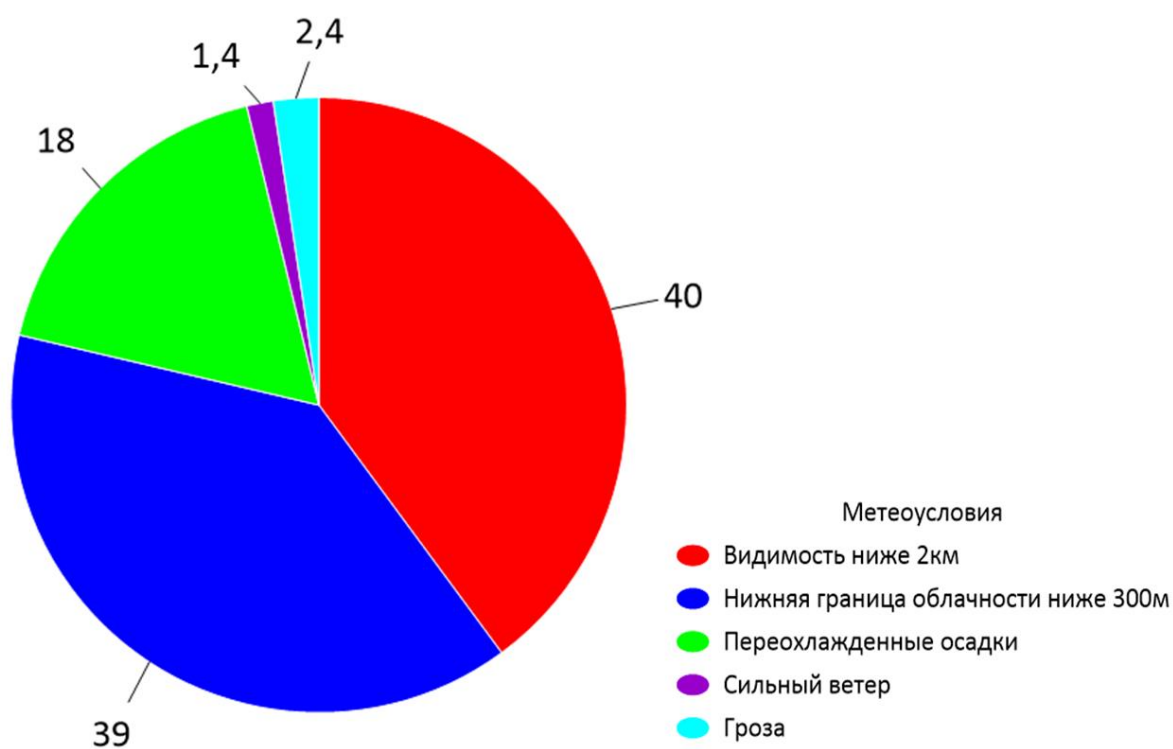


Рисунок 3.1.4. – Повторяемость неблагоприятных метеоусловий за 2022 год

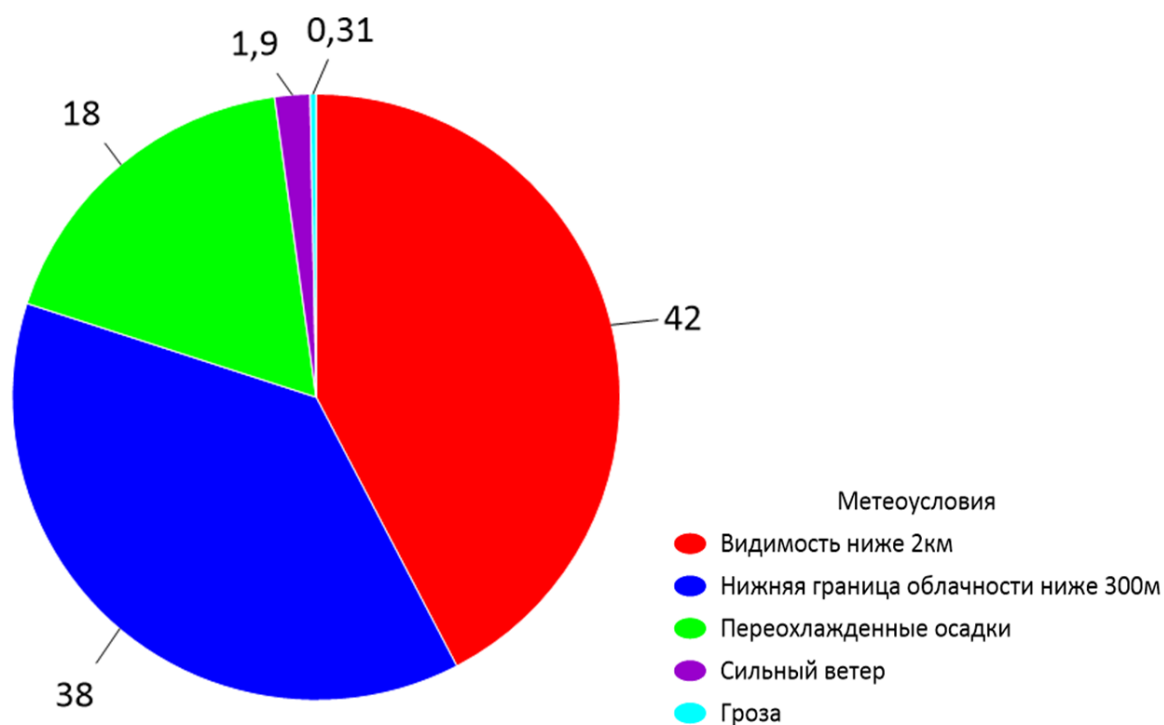


Рисунок 3.1.5. – Повторяемость неблагоприятных метеоусловий за 2023 год

Основываясь на данных общей диаграммы и диаграмм по годам (рис. 3.1.1-3.1.5), большая часть неблагоприятных условий связана с понижением видимости – 42% или 1161 случай. Понижение высоты нижней границы облачности ниже 300 м является вторым по величине неблагоприятным синоптическим условием – 38% или 1052 случая. Случаи с переохлажденными осадками составили 16% или 452 случая. Минимальная повторяемость (менее 3% (68 случаев) и 1% (27 случаев)) приходится на ветер более 15 м/с и грозы соответственно.

Отдельно стоит рассмотреть роль явлений ухудшающих видимость. За исследуемый период, видимость ухудшалась под воздействием трёх причин, таких как твердые и жидкие осадки, туманы. Отдельно было проанализировано количество случаев явлений, ухудшающих видимость (таблица 3.1.2), а также составлены диаграммы повторяемости явлений за исследуемый период и за каждый год в отдельности (рисунки 3.1.6-3.1.10).

Таблица 3.1.2 – Количество случаев ухудшения видимости ниже 2 км за период 2020-2023 гг.

	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год	Сумма
Туман/дымка	114	114	107	94	429
Жидкие осадки	9	40	27	35	111
Твёрдые осадки	152	175	152	142	621
Общее кол-во	1161				



Рисунок 3.1.6 – Повторяемость явлений ухудшающих видимость за период 2020-2023 гг.



Рисунок 3.1.7. – Повторяемость явлений ухудшающих видимость за 2020 год.



Рисунок 3.1.8. – Повторяемость явлений ухудшающих видимость за 2021 год.



Рисунок 3.1.9 – Повторяемость явлений ухудшающих видимость за 2022 год.



Рисунок 3.1.10. – Повторяемость явлений ухудшающих видимость за 2023 год.

На основе данных, полученных из диаграмм, можно говорить о том, что зачастую видимость ухудшается за счет выпадения твердых осадков, как за весь период – 53% (621 случай), так и в отдельно взятые годы (от 50 до 53%). Соответствующий вывод можно сделать и о том, что понижение видимости ниже 2 км чаще происходит в осенне-зимний период.

3.2 Годовой ход неблагоприятных метеоусловий

Анализ годового хода проводился по осредненным величинам каждого месяца за период 2020-2023 гг. Для анализа некоторых явлений, таких как сильный ветер и грозы, применялся другой подход. Для ветра, анализировалось его преобладающее направление и годовой ход ветра, преобладающего направления. Для гроз, в связи с малым количеством данных, анализировалось только количество случаев, наблюдавшихся в разные годы (рисунки 3.2.1-3.2.9).

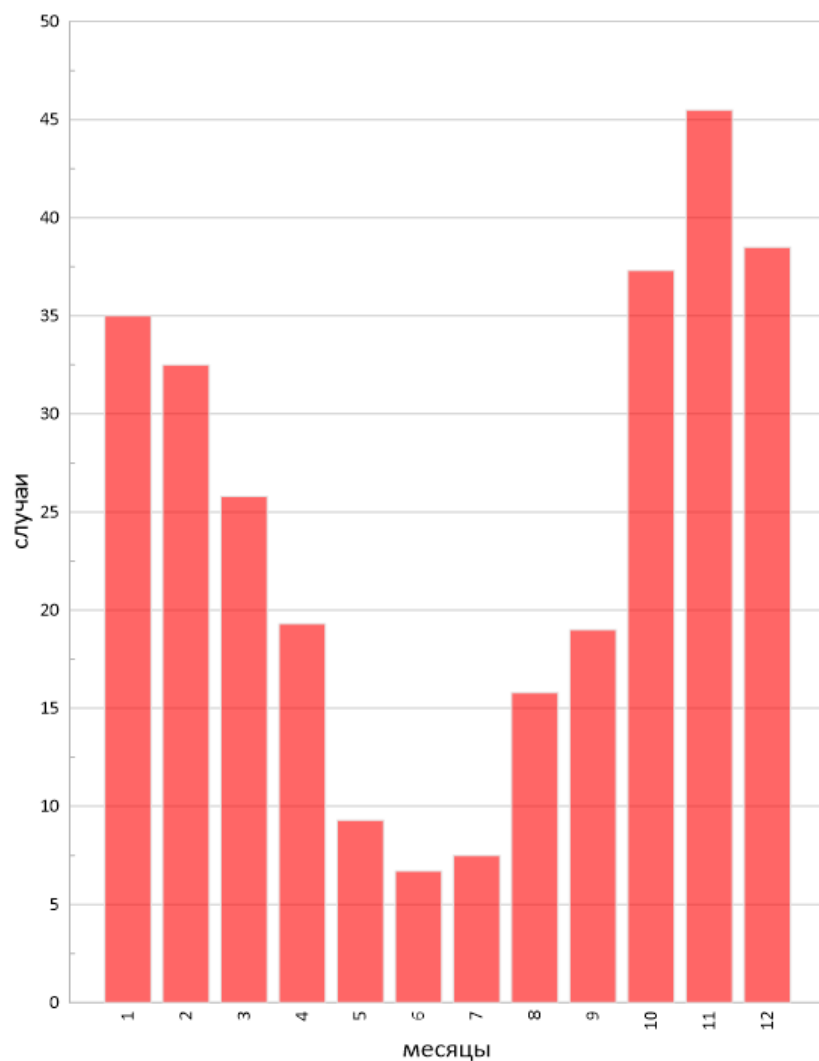


Рисунок 3.2.1 – Годовой ход среднего количества случаев ухудшения видимости за период 2020-2023 гг.

На основе графика, можно сделать вывод о том, что в осенне-зимний период количество случаев ухудшения видимости ниже 2 км, происходит значительно чаще, чем остальные периоды. Как ранее упоминалось, в осенне-зимний период наблюдается выпадение твёрдых осадков, что приводит к увеличению количества случаев значений видимости ниже 2 км.

Стоит рассказать и о годовом ходе отдельно взятых явлений, ухудшающих видимость.

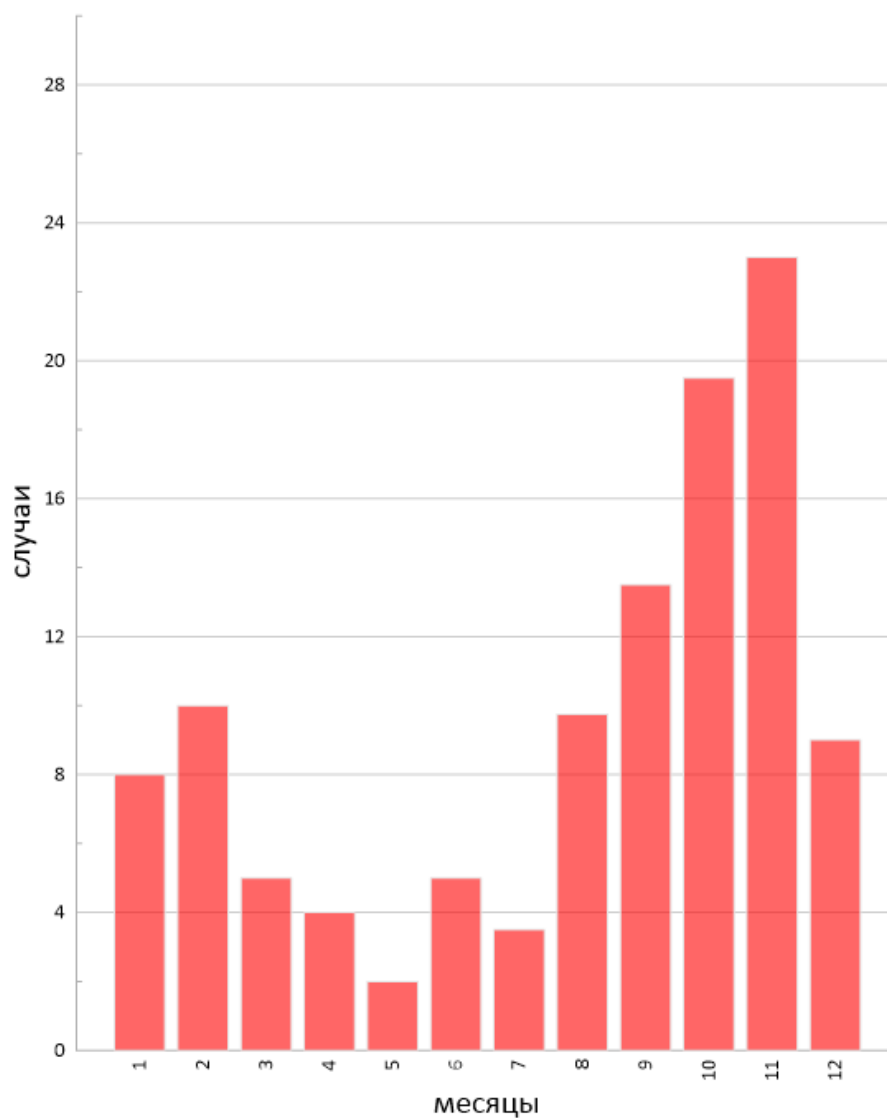


Рисунок 3.2.2. – Годовой ход среднего количества случаев туманов и дымки за период 2020-2023 гг.

Большее количество туманов наблюдалось поздней осенью и в начале зимы, что связано с близостью озёр и болот, относительно аэродрома. В этот период, во время ночного выхолаживания и образуются туманы, который могут выноситься на территорию аэродрома.

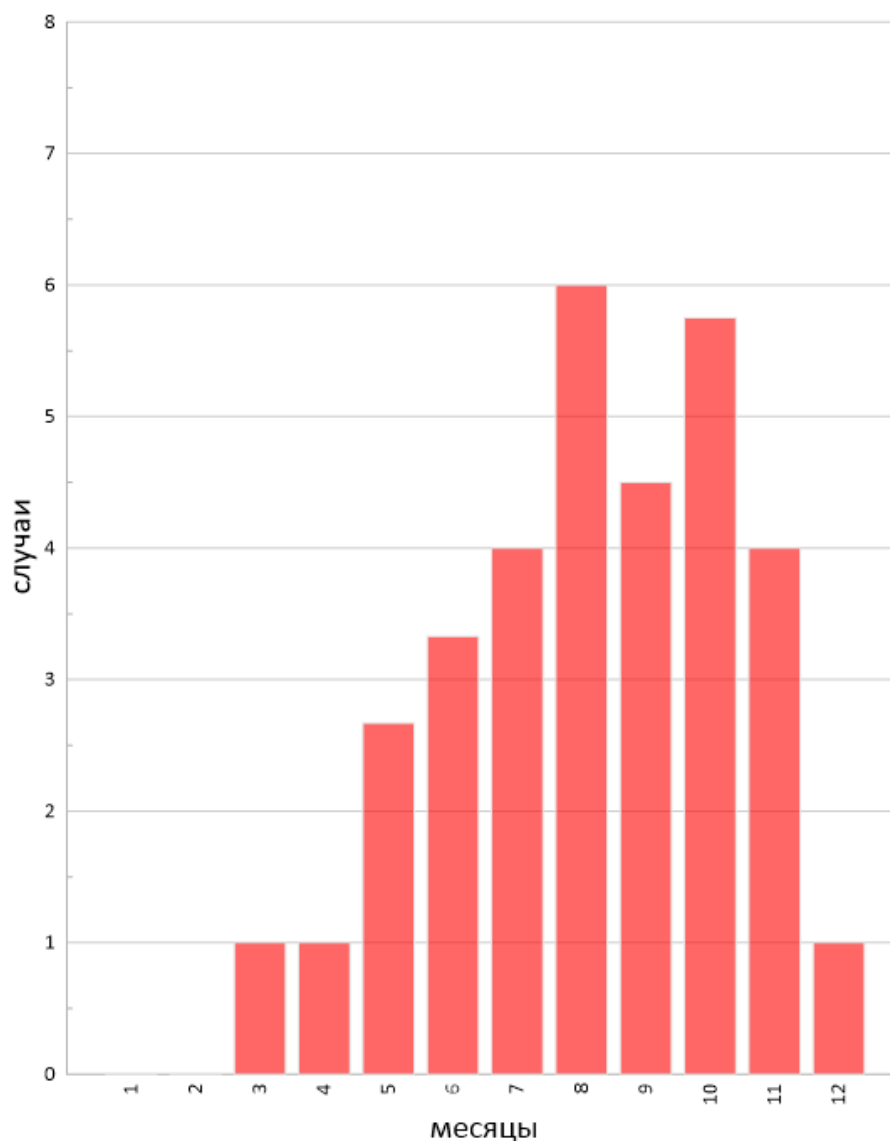


Рисунок 3.2.3 – Годовой ход среднего количества случаев выпадения жидких осадков за период 2020-2023 гг.

Выпадение жидких осадков ослабляет видимость до значений ниже 2км, гораздо реже, чем другие явления. Наибольшее количество подобных случаев приходится на конец лета и осень, также осадки могут наблюдаться во время зимних оттепелей и в переходные периоды. Выпадение осадков связано с прохождением фронтов и различными частями циклона.

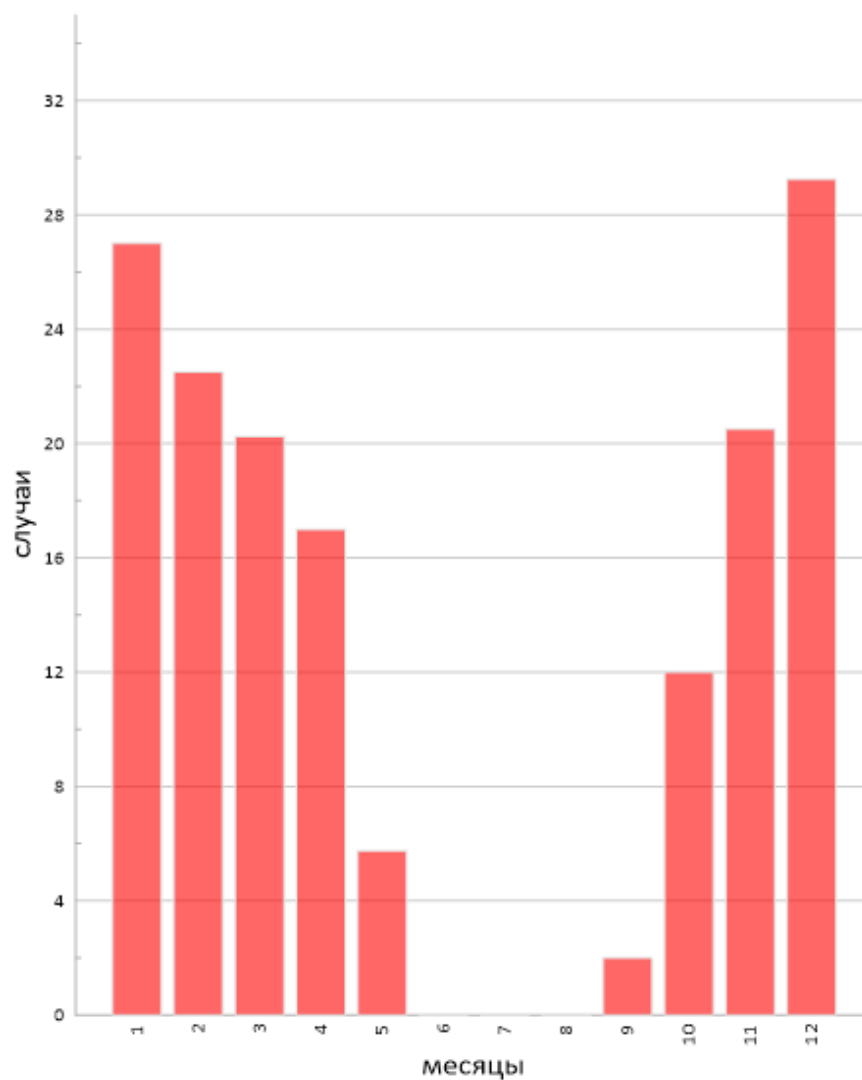


Рисунок 3.2.4 - Годовой ход среднего количества случаев выпадения твёрдых осадков за период 2020-2023 гг.

Выпадение твёрдой фазы осадков приходится, в основном, на осенне-зимний период. Твёрдые осадки могут выпадать с сентября по май. Твёрдые осадки, как и жидкие, связаны с деятельностью фронтов и различных частей циклона.

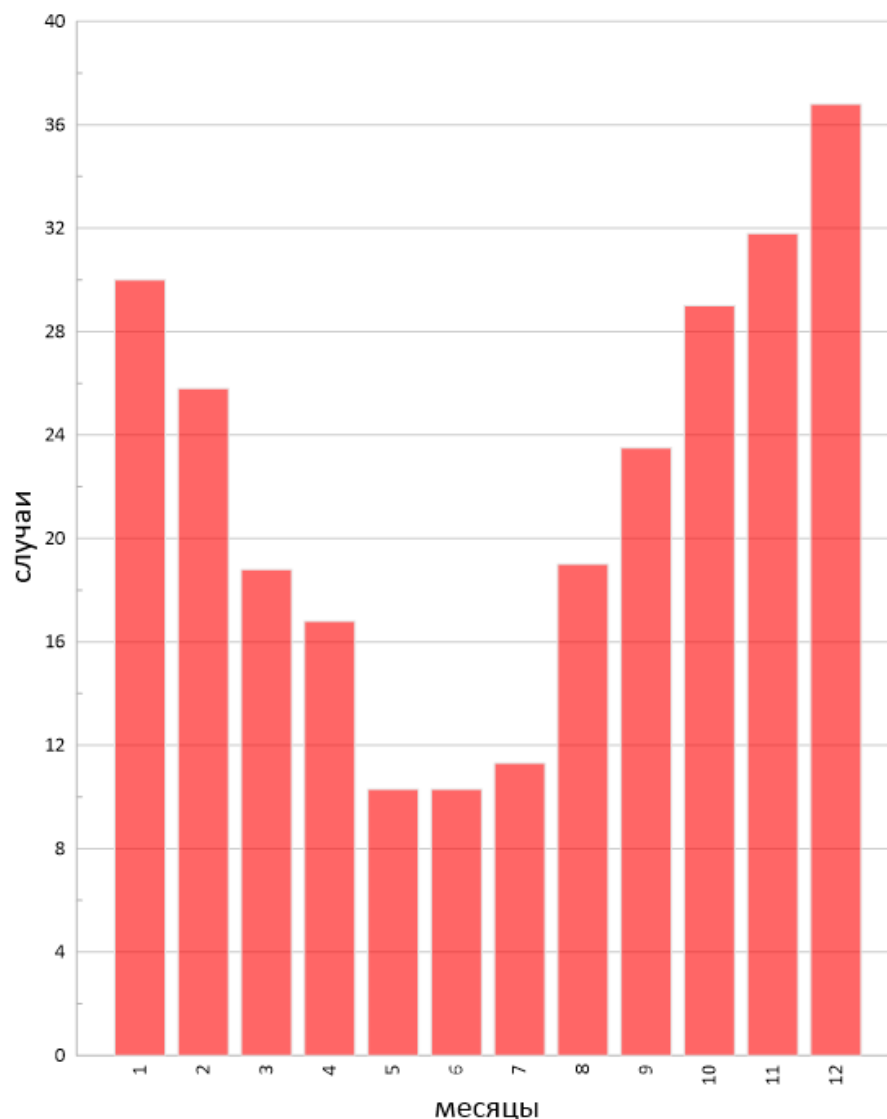


Рисунок 3.2.5 – Годовой ход среднего количества случаев понижения высоты нижней границы облачности менее 300м за период 2020-2023 гг.

График годового хода случаев понижения высоты нижней границы облачности ниже 300 м схож с предыдущим. Наблюдается увеличение количества повторений неблагоприятного метеоусловия в осенне-зимний период. Это связано с низкой слоистообразной облачностью, которая образуется в этот период чаще обычного. Летом, понижение высоты нижней границы облачности происходит за счёт кучево-дождевых облаков и низких слоистообразных облаков, связанных с теплыми фронтами циклонов, проходящих в районе аэродрома.

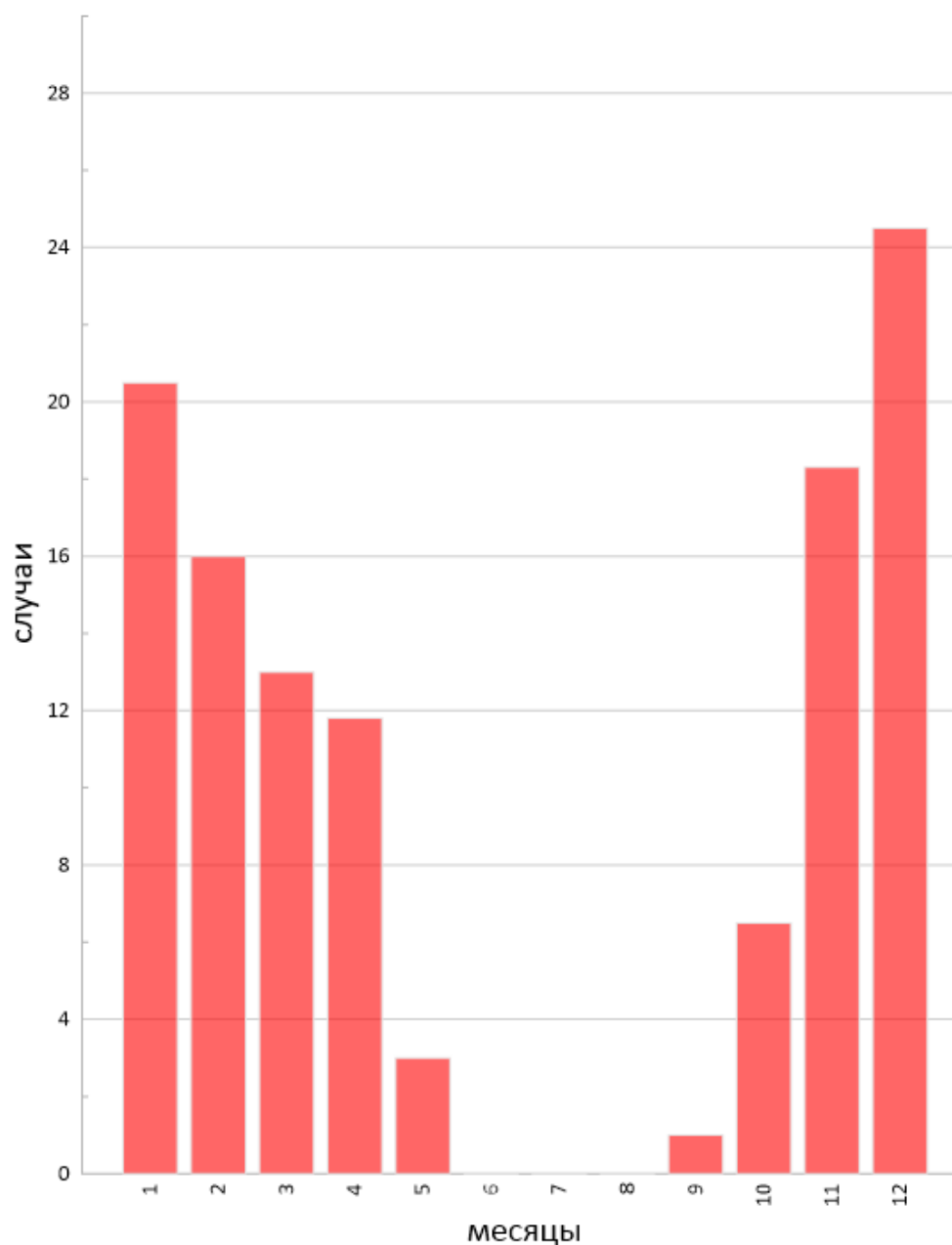


Рисунок 3.2.6 – Годовой ход среднего количества выпадения переохлажденных осадков за период 2020-2023 гг.

Годовой ход выпадения переохлажденных осадков повторяет годовой ход выпадения осадков твёрдой фазы. Осадки выпадают как в виде дождя, так и в виде мороси, зачастую связаны с оттепелями в зимний период.

Перейдем к ветру и грозам.

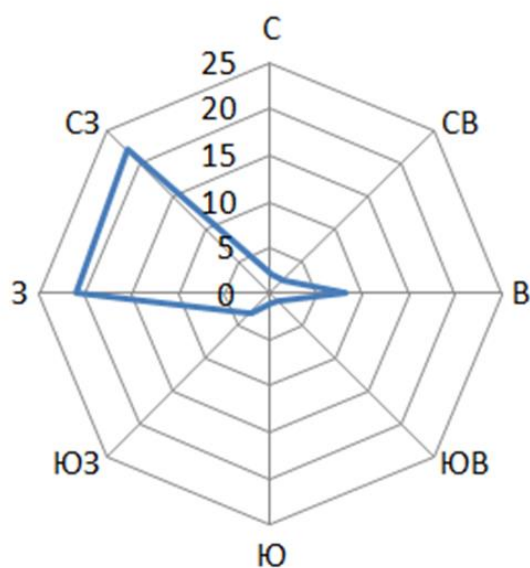


Рисунок 3.2.7 – Направления ветра более 15 м/с за период 2020-2023 гг.

За исследуемый период, ветер со скоростями более 15 м/с наблюдался на западном и северо-западном направлениях больше, чем на любом другом.

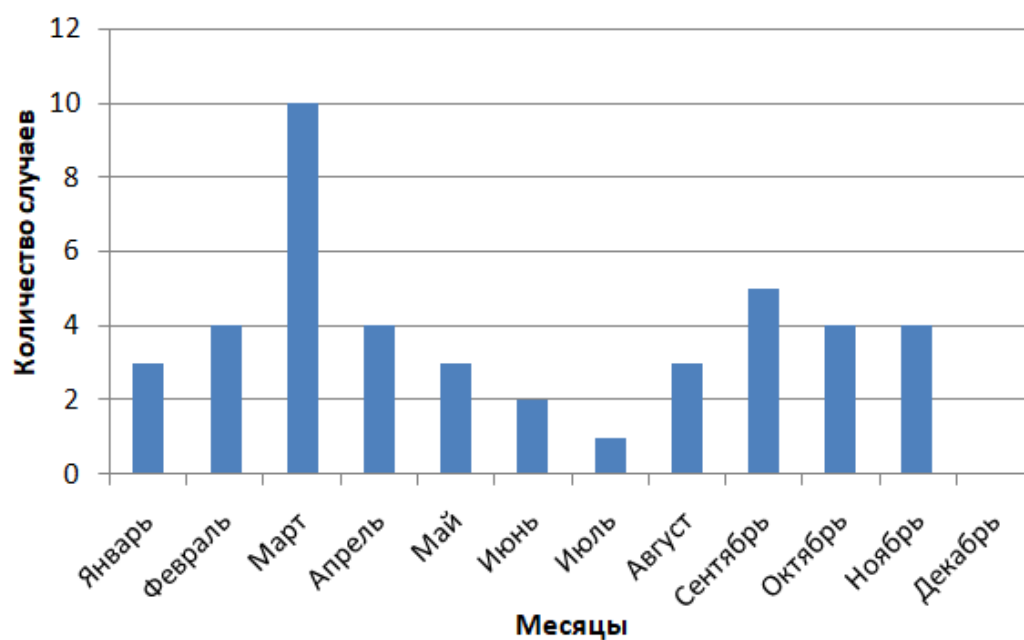


Рисунок 3.2.8 – Годовой ход среднего количества случаев западного и северо-западного направления ветра более 15 м/с за период 2020-2023 гг.

Наибольшее число случаев сильного ветра, наблюдалось в марте, что может быть связано с атмосферными переходами зимней циркуляции в летнюю и влиянием орографии. Если заглянуть в климатическое описание аэродрома [2], то можно увидеть, что более высокое количество случаев усиления ветра в марте, относительно других месяцев, является обычным явлением для этого района, что и подтверждается результатами данного исследования.

Таблица 3.2.1 – Среднее количество дней со скоростями ветра выше 15 и 20 м/с на аэродроме Апатиты

Среднее число дней со скоростями ветра ≥ 15 м/с, ≥ 20 м/с

Скорость ветра	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Скорость ветра ≥ 15 м/с	1,0	1,4	3,0	1,6	0,8	1,4	0	0,4	0,8	0,8	1,2	0,6	13,0
Скорость ветра ≥ 20 м/с	0	0,2	0,8	0,2	0,2	0	0	0	0	0,4	0,2	0	2,0

За период 2020-2023 гг. наблюдалось всего 27 случаев гроз.

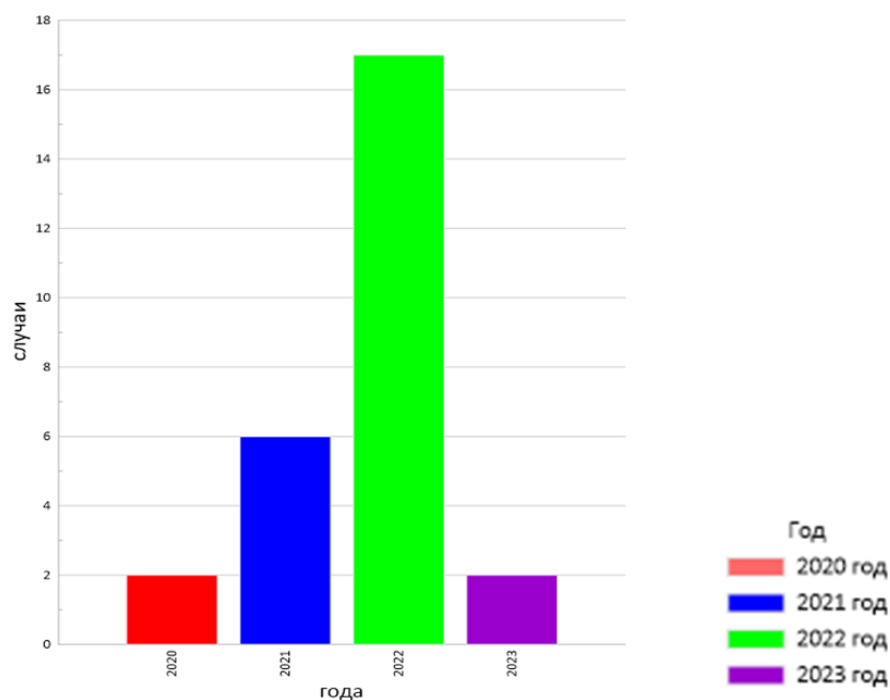


Рисунок 3.2.9 – Количество гроз за период 2020-2023 гг.

Грозы в районе аэродрома в большей мере связаны с деятельностью фронтов окклюзии, которые наблюдаются в летнее время. Наибольшее количество гроз наблюдалось в 2022 году, поскольку в июле 2022 года наблюдалась высокая циклоническая деятельность.

3.3 Синоптические ситуации при неблагоприятных метеоусловиях

Неблагоприятные условия погоды, могут возникать при различных синоптических ситуациях. Для дальнейшего синоптического обзора, необходимо установить преобладающие синоптические ситуации, при которых наблюдаются те или иные неблагоприятные метеоусловия.

Синоптические ситуации при явлениях ухудшающих видимость могут быть различны в зависимости от наблюдаемого явления.

Для случаев выпадения жидких и твердых осадков наблюдаются схожие синоптические ситуации (рисунки 3.3.1 и 3.3.2).

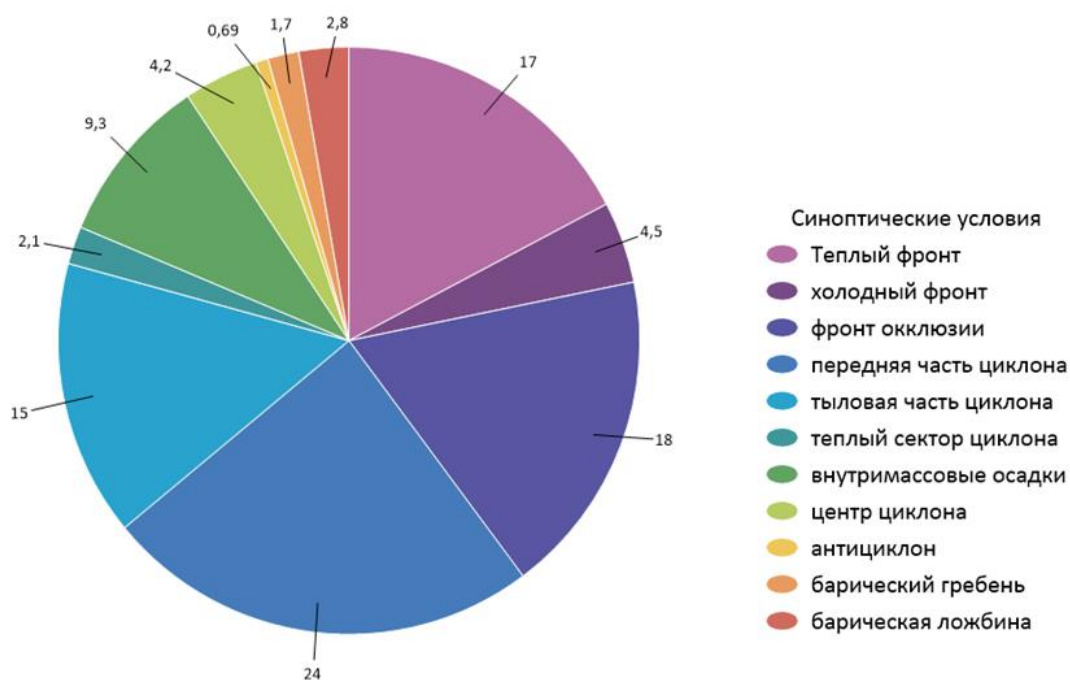


Рисунок 3.3.1 – Синоптические условия при выпадении твердых осадков

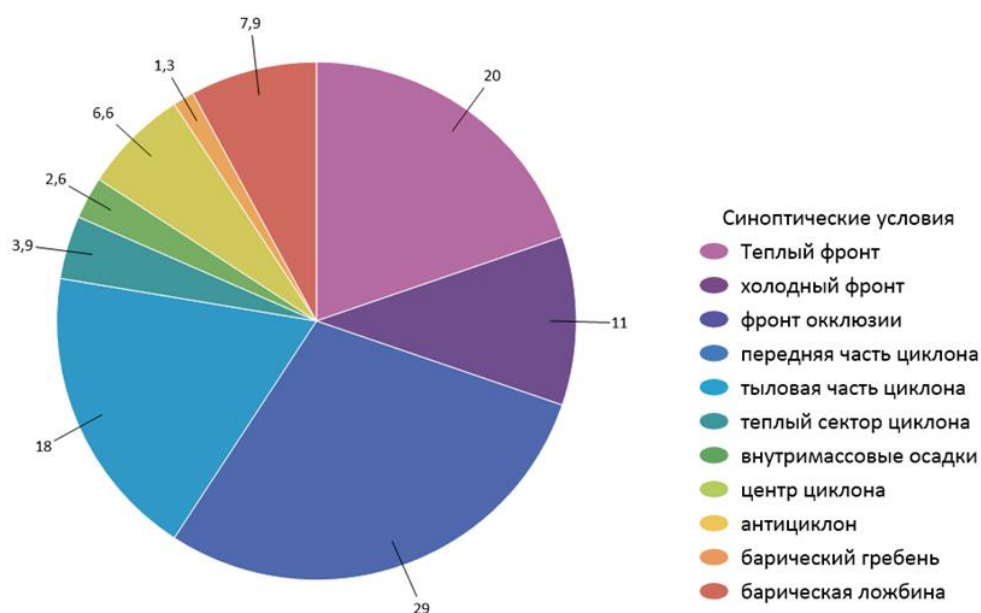


Рисунок 3.3.2 – Синоптические условия при выпадении жидких осадков

Выпадение осадков в большей мере связано с деятельностью фронтов и влиянием различных частей циклона. Значимым отличием между выпадением твёрдых и жидких осадков, является то, что жидкие осадки связаны с деятельностью фронтов более чем на половину – 60%, в то время как твёрдые осадки связаны с деятельностью фронтов чуть больше чем на треть – 39,5%.

Для туманов и дымок, синоптические условия достаточно отличаются от условий, при которых выпадают осадки (рисунок 3.3.3).

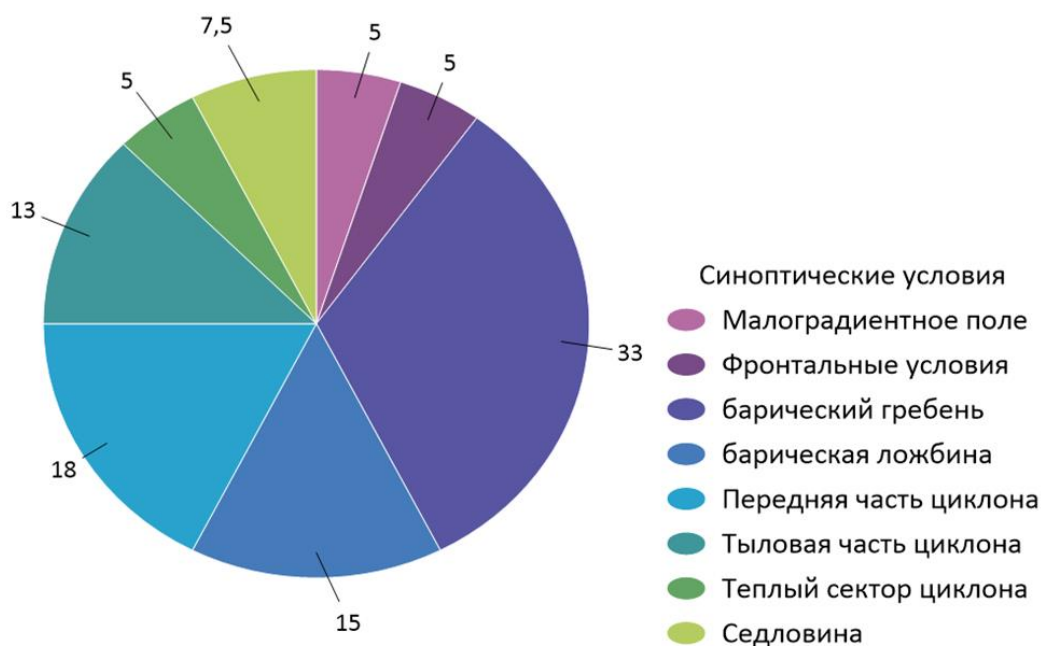


Рисунок 3.3.3 – Синоптические условия при туманах

Половина случаев наблюдавшихся туманов была связана с влиянием барических гребней, ложбин и малоградиентного поля. Другая половина возникших туманов, была связана с различными частями циклонов и деятельностью фронтов. С первой половиной связано образование радиационных туманов, а со второй появление адвективных туманов.

Низкая облачность напрямую зависит от времени года и выпадающих осадков, поэтому синоптические условия, при которых она наблюдается, схожи с синоптическими условиями выпадения жидких и твёрдых осадков (рисунок 3.3.4).

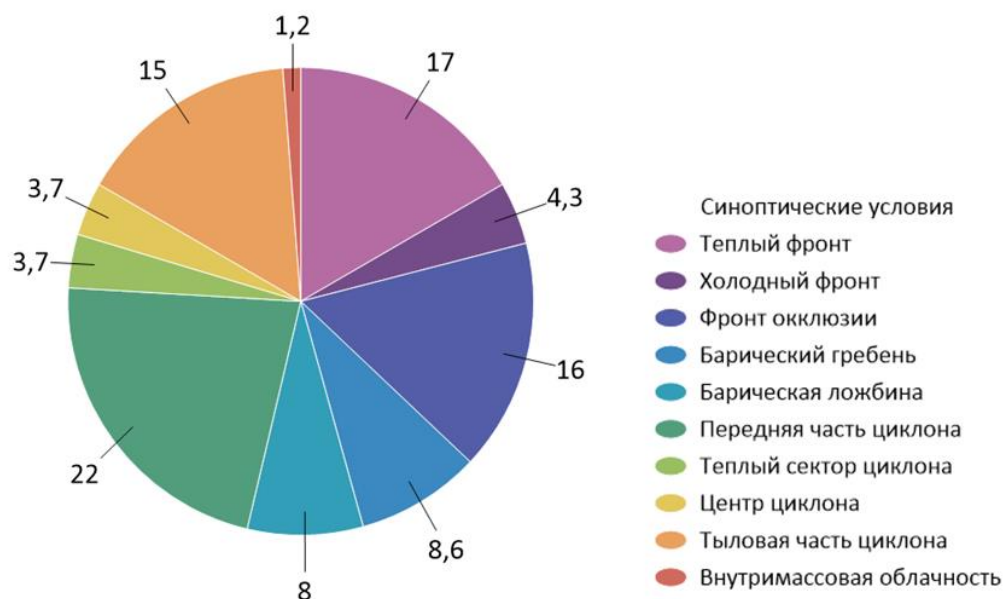


Рисунок 3.3.4 – Синоптические условия при высоте нижней границы облачности ниже 300 м

Как и в случае выпадения осадков различных фаз, низкая облачность связана с деятельностью фронтов и различными частями циклона.

Синоптические условия при выпадении переохлажденных осадков будут несколько отличаться (рисунок 3.3.5).

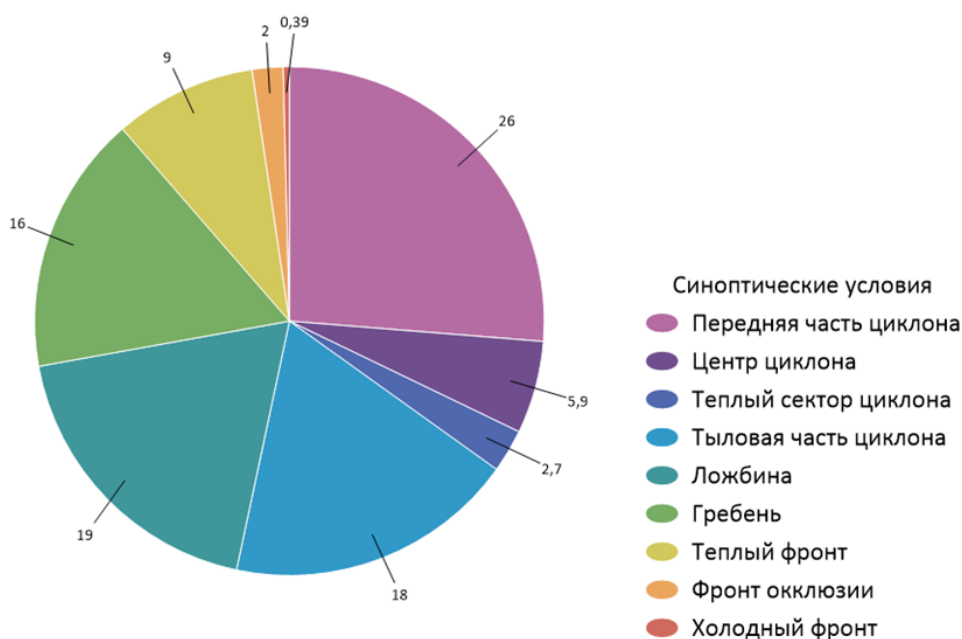


Рисунок 3.3.5 – Синоптические условия при переохлажденных осадках

Выпадение переохлажденных осадков в меньшей мере связано с деятельностью фронтов. Большая часть наблюдавшихся переохлажденных осадков, наблюдалась в тылу циклона, либо в его передней части. Подобное можно объяснить тем, что осадки, выпадающие из облаков в передней и тыловой части циклона попадают из более теплого воздуха в более холодный воздух у земли.

Для синоптических условий, наблюдавшихся при сильном ветре, также была построена диаграмма (рисунок 3.3.6).



Рисунок 3.3.6 – Синоптические условия при ветре более 15 м/с

Практически треть случаев усиления ветра до значений более 15 м/с связаны с ситуациями, когда одно барическое образование стационарирует или движется медленно, а другое пытается занять его место. В результате в местах соприкосновения двух барических объектов может возникать поле с высокими градиентами. Подобные случаи характерны для переходных периодов.

Появление гроз, в районе аэродрома практически полностью связано с фронтами (рисунок 3.3.7).

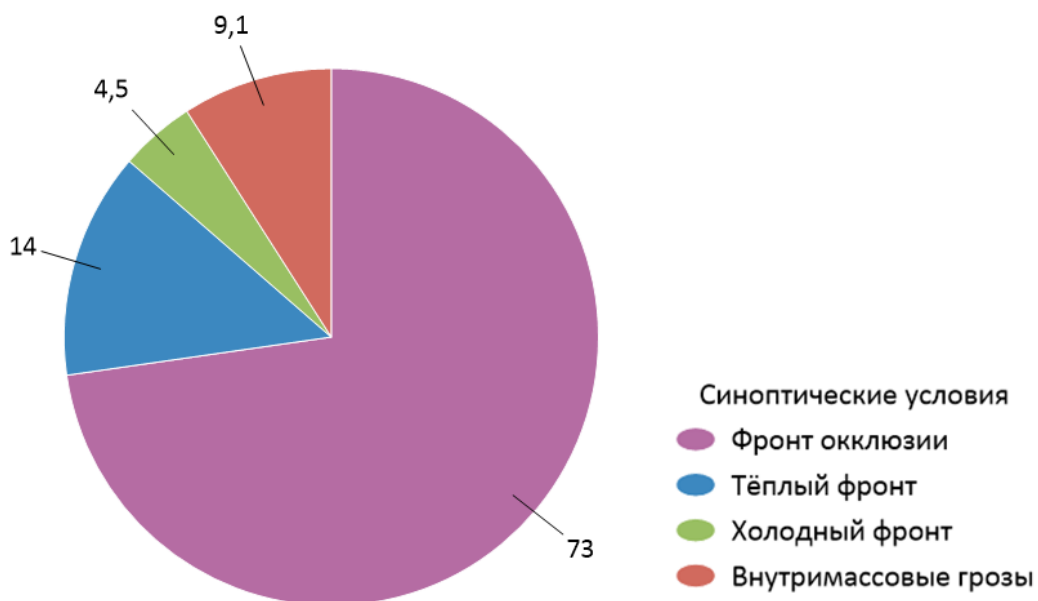


Рисунок 3.3.7 – Синоптические условия при грозах

Грозы над аэродромом практически на 75% связаны с влиянием фронтов окклюзий в летнее время. Небольшое количество гроз было связано с теплым фронтом и внутримассовой облачностью 14% и 9% соответственно

4. СИНОПТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

4.1 Обзор случаев ухудшения видимости.

Как ранее было упомянуто, множество погодных особенностей связано с влиянием циклональной деятельности.

В осенне-зимний период развитие циклонов на полярном и арктическом фронтах определяют погодные и климатические особенности в районе аэродрома.

Под действием циклонов образуются обширные облачные системы, увеличивается повторяемость низкой облачности, сниженной видимости, сильных ветров, обледенения и турбулентности. С прохождением теплых фронтов отмечается повышение температуры до положительных значений. Вследствие этого, наблюдаются осадки в виде снега, мокрого снега иногда с дождем. Воздушные массы с Баренцева моря могут приносить ливневые осадки с наибольшей повторяемостью в конце осени и январе-феврале.

Период характеризуется обилием туманов, которые часто могут выноситься на аэродром. Наиболее встречающийся тип туманов – адвективно-радиационные. Наблюдаются с конца осени по конец зимы.

Летом большую часть времени сохраняется устойчивая погода, обусловленная действием антициклонов. При прохождении циклонов в районе аэродрома

Далее рассмотрим конкретные примеры.

4.1.1 Осенне-зимний период

Ухудшение видимости в данной местности, в осенне-зимнее время, связано с выпадением твёрдых или жидких осадков, образованием туманов, либо при одновременном появлении осадков и туманов.

Выпадение осадков связано по большей мере с деятельностью фронтов. Ситуация подобного рода происходила 1 января 2023 года (рисунок 4.1.1.1). Образовавшийся над Англией циклон и связанный с ним фронт окклюзии, принёс осадки в виде снега.

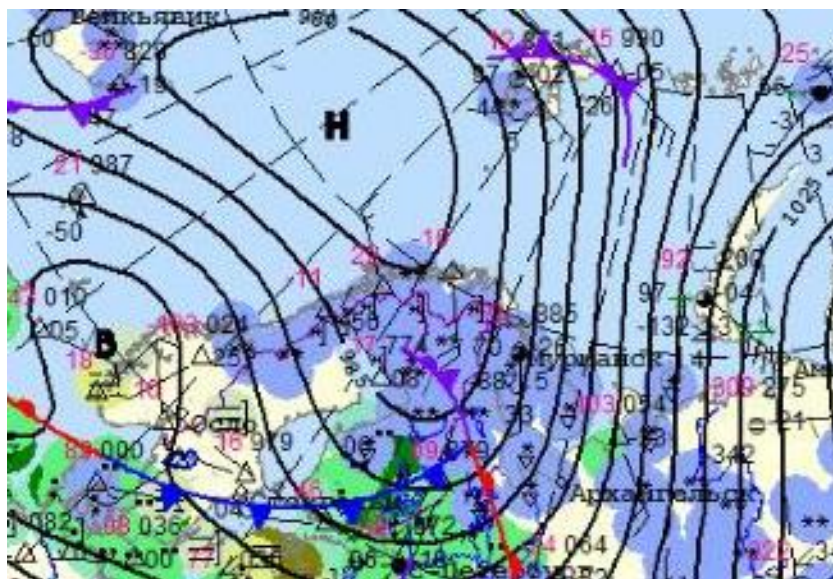


Рисунок 4.1.1.1. – Синоптическая ситуация 01.01.2023 г.

По данным гидрометцентра в 00:00 фронт приближался к району аэродрома. Для уточнения положения фронтов были использованы кольцевые карты (рисунок 4.1.1.2).

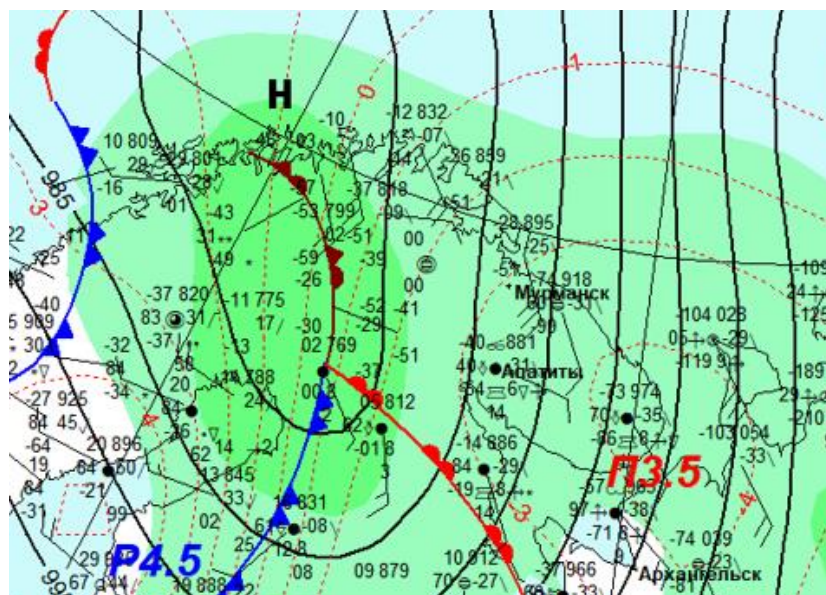


Рисунок 4.1.1.2 – Фрагмент кольцевой карты за 00 по UTC 01.01.2023 г.

В районе 06:00 фронт приблизился к аэродрому (рисунок 4.1.1.3).

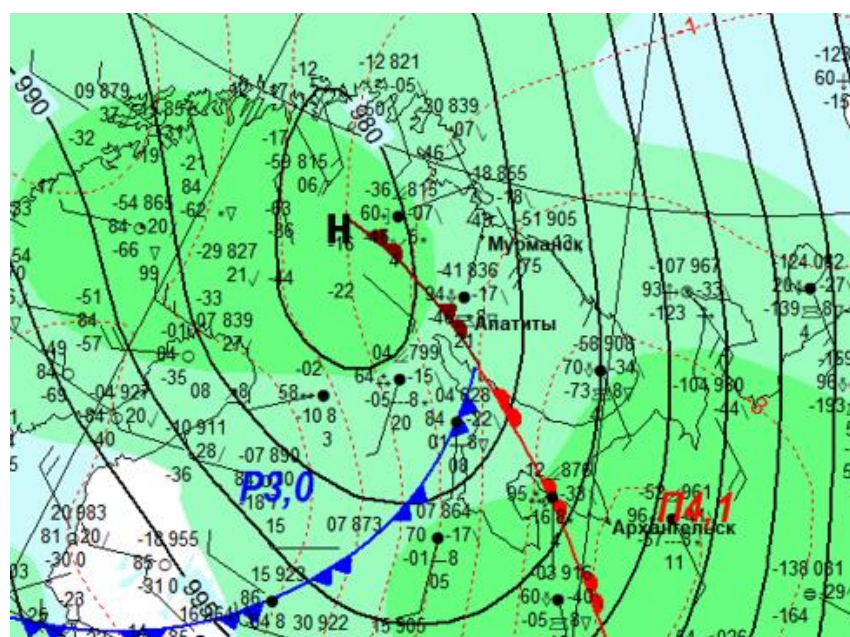


Рисунок 4.1.1.3 – Фрагмент кольцевой карты за 06 по UTC 01.01.2023 г.

В момент прохождения фронта, видимость ухудшалась в снеге до 800м. Наблюдалась метель, интенсивность осадков увеличилась.

Высота нижней границы облачности в момент прохождения фронта была ниже 300 м.

Аналогичным образом, жидкая фаза осадков, зачастую связана с деятельностью фронтов. Так, образовавшийся между Исландией и Великобританией и смещавшийся на северо-восток, циклон, принёс обширную облачную систему. Наблюдавшиеся 13 сентября 2023 года, жидкие осадки, были связаны с прохождением холодного фронта (рисунок 4.1.1.4).



Рисунок 4.1.1.4 – Синопогическая ситуация 13.09.2023 года

По данным карты фактической погоды за 00:00, видно, что фронт находится в непосредственной близости от аэродрома.

Ослабление видимости ниже 2000 м произошло в районе 10:30. Для более детального рассмотрения были использованы кольцевые карты погоды (рисунок 4.1.1.5).

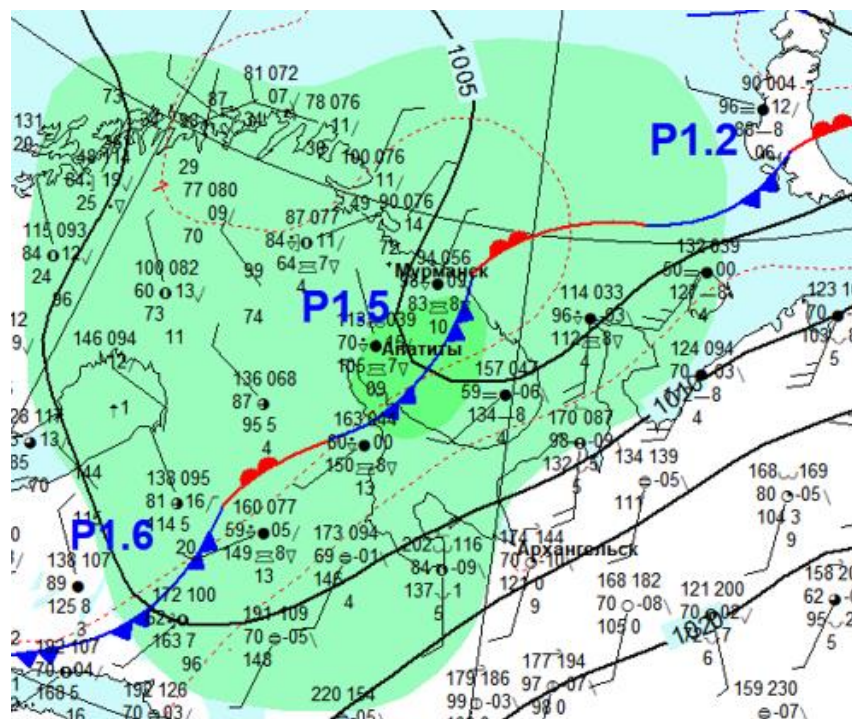


Рисунок 4.1.1.5. – Фрагмент кольцевой карты за 09 по UTC 13.09.2023 года

Основываясь, на данных 09:00 можно говорить, что осадки выпадали после прохождения фронта, из кучево-дождевых облаков. Видимость в дожде понижалась до 1200 м.

Ухудшение видимости в результате возникновения туманов в осенне-зимний период связано с действием малоградиентного поля, влиянием антициклонов и гребней.

11 октября 2023 года район аэродрома Апатиты находился в зоне действия барического гребня, который связан с антициклоном, располагавшимся в Черном море (рисунок 4.1.1.6).

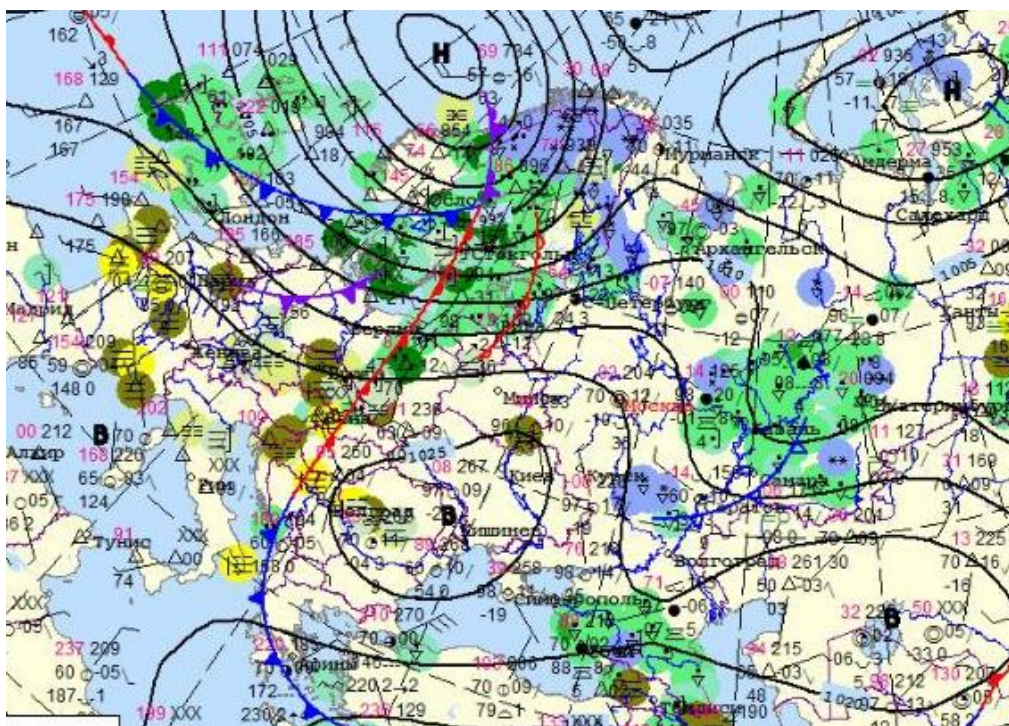


Рисунок 4.1.1.6 – Синоптическая ситуация 11.10.2023 года

Синоптический материал ГМЦ, не позволяет рассмотреть наблюдавшийся туман, поэтому дальнейший анализ был проведен с помощью кольцевых карт.

В 06:00 по UTC на картах отмечался туман. По данным фактических наблюдений, туман начался в 03:30 и закончился к 7 утра. Отмечался сильный ледяной туман, ослабивший видимость до значений менее 200м (рисунок 4.1.1.7).

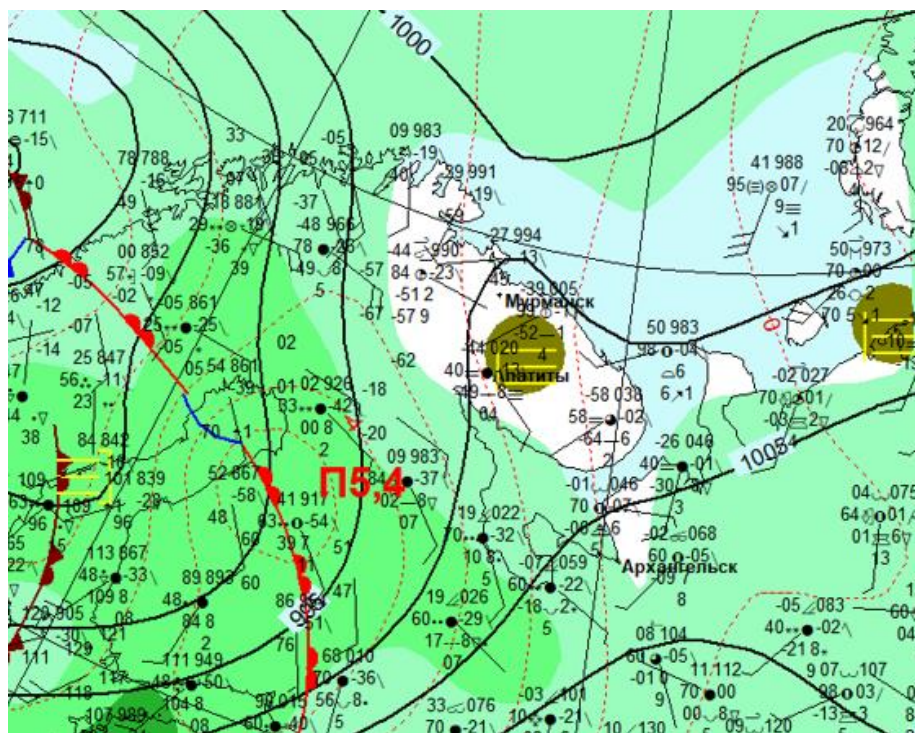


Рисунок 4.1.1.7 – Фрагмент кольцевой карты за 06 по UTC 11.10.2023 года

Если говорить о комплексном воздействии метеорологических явлений, ухудшающих видимость, то зачастую можно встретить ситуацию выпадения мороси во время дымки. Подобная ситуация происходит, если район аэродрома, оказывается в зоне действия теплого сектора циклона.

В качестве примера, возьмем дату 22 сентября 2023 года (рисунок 4.1.1.8).

Факт наблюдения двух явлений одновременно зафиксирован с 5:30 до 8:00.

По данным карты ГМЦ в 00:00 район аэродрома ещё находился в передней части циклона.



Рисунок 4.1.1.8 – Синоптическая ситуация 22.09.2023 года

При уточнении данных о прохождении фронтов, с помощью кольцевых карт, было установлено, что в районе 06:00 аэродром уже находился в зоне действия теплого сектора (рисунок 4.1.1.9). Кольцевых карт за более ранние сроки найти не удалось.

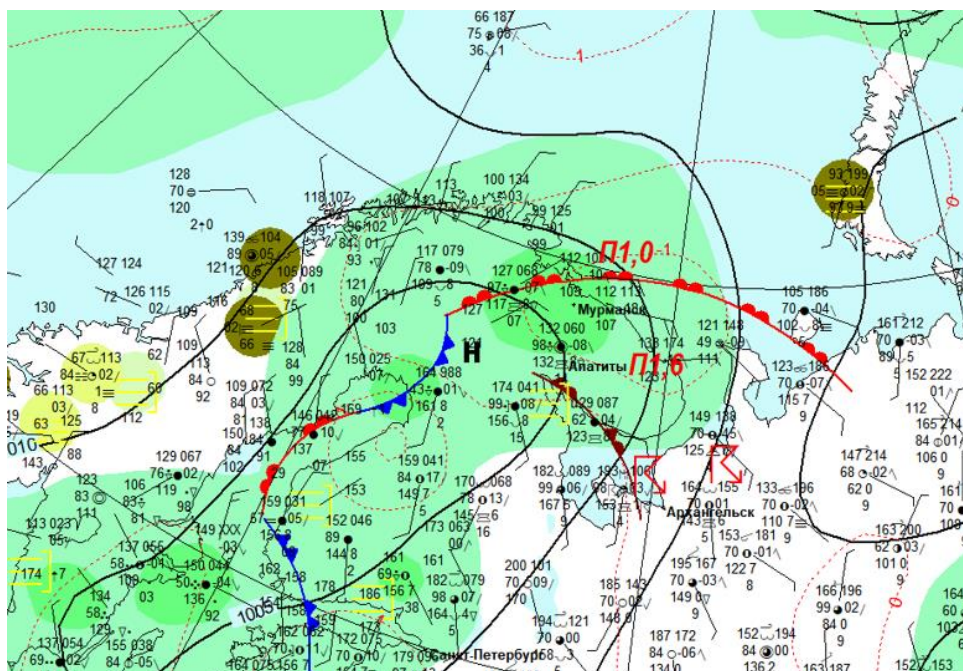


Рисунок 4.1.1.9 – Фрагмент кольцевой карты за 06 по UTC 22.09.2023 года

В период наблюдения видимость ослабевала до 1300 м.

4.1.2 Летний период

В летний период ухудшение видимости происходит из-за влияния дождей и туманов.

Осадки, выпадающие в этот период, часто связаны с фронтами.

Один из таких случаев наблюдался 14 августа 2023 года (рисунок 4.1.2.1). Циклон зародившийся в Атлантическом океане, при смещении на восток принес связанную с ним фронтальную систему.



Рисунок 4.1.2.1 – Синопогическая ситуация 14.08.2023 года

При детальном рассмотрении кольцевых карт было выявлено, что осадки, наблюдавшиеся в период с 6 до 11 утра, связаны с теплым фронтом (рисунок 4.1.2.2).

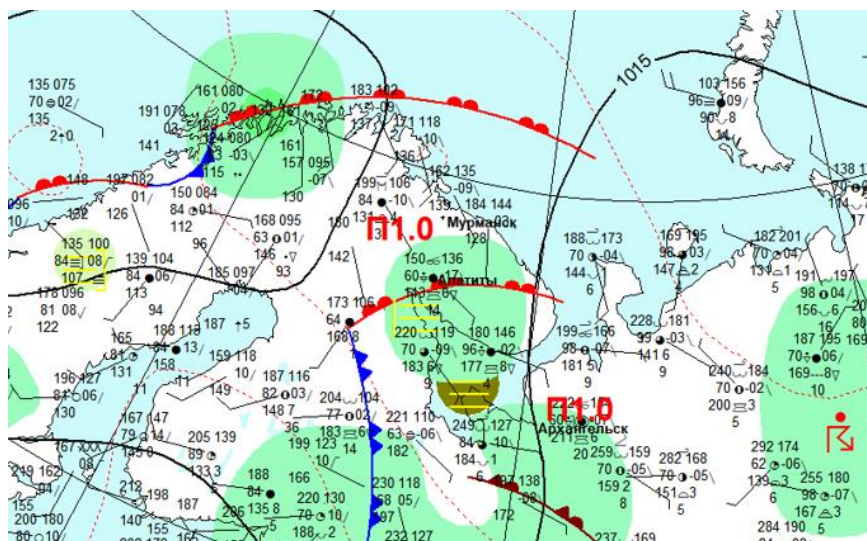


Рисунок 4.1.2.2 – Фрагмент кольцевой карты за 09 по UTC 14.08.2023 года

Наблюдавшиеся ливневые осадки ухудшали видимость до 650 м.

Туманы, в летнее время наблюдаются достаточно редко. Наиболее благоприятные условия для их формирования отмечаются в августе, сентябре. Возникновение туманов связано по большей мере с антициклонами.

Например, 11 августа 2023 года, антициклон, пришедший с юга, принес устойчивую погоду (рисунок 4.1.2.3). Отмечался слабый ветер и высокая влажность.



Рисунок 4.1.2.3 – Синоптическая ситуация 11.08.2023 года

На кольцевой карте за 00:00 прослеживается барический гребень, который движется северо-запад (рисунок 4.1.2.4).

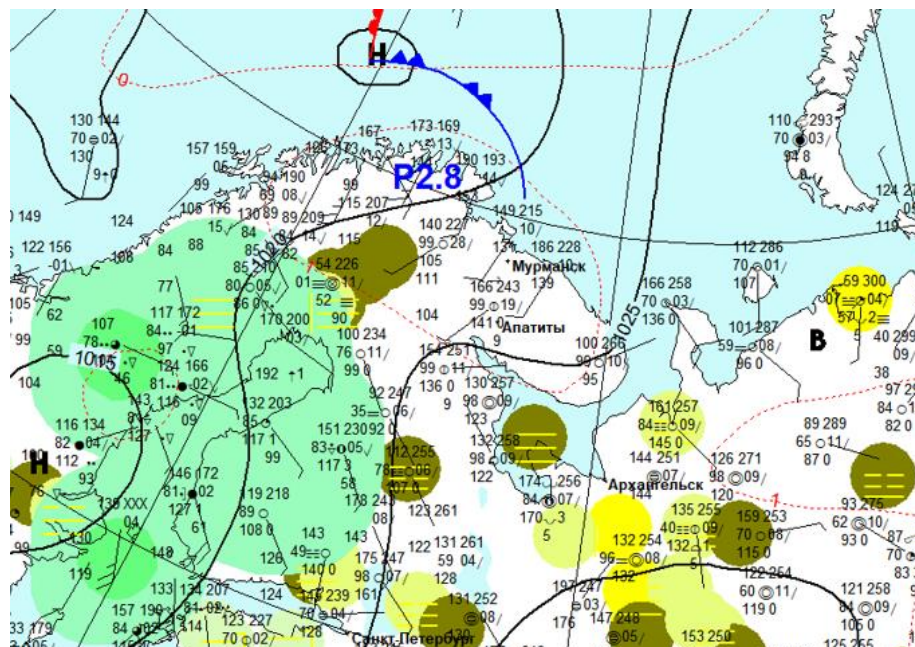


Рисунок 4.1.2.4 – Фрагмент кольцевой карты за 00 по UTC 11.08.2023 года

В 03:00 на карте чётко прослеживается туман над аэродромом (рисунок 4.1.2.5).

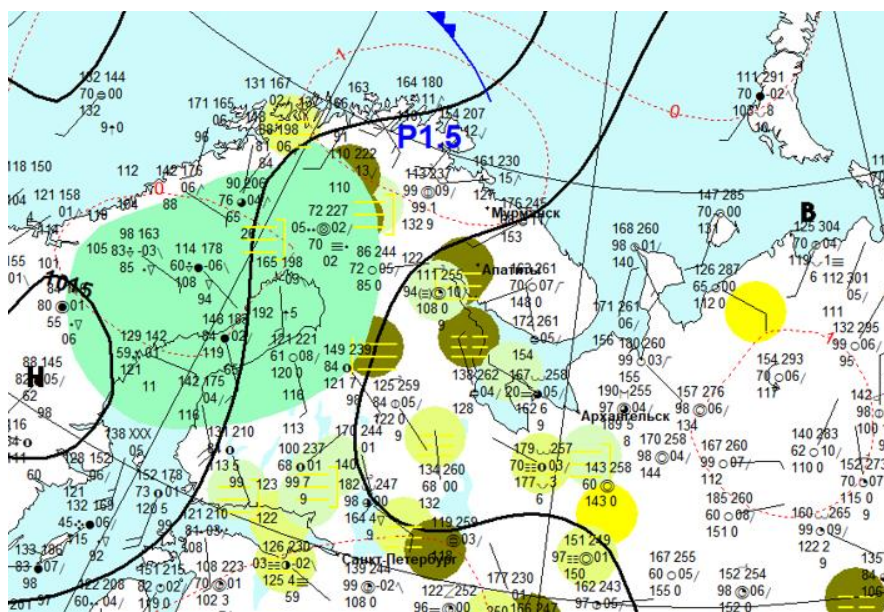


Рисунок 4.1.2.5 – Фрагмент кольцевой карты за 03 по UTC 11.08.2023 года

Основываясь на данных прошлой карты, можно сказать, что туман имеет адвективное происхождение. Однако, по данным электронного журнала наблюдений погоды туман отмечался и ранее. В данном случае можно говорить об адвективно-радиационном тумане. Прошедший туман, ослабил видимость ниже 200м.

4.2 Обзор случаев переохлажденных осадков

Выпадение переохлажденных осадков в большей мере связано с передней и тыловой частью циклона.

Ситуация 26 января 2023 года (рисунок 4.2.1).

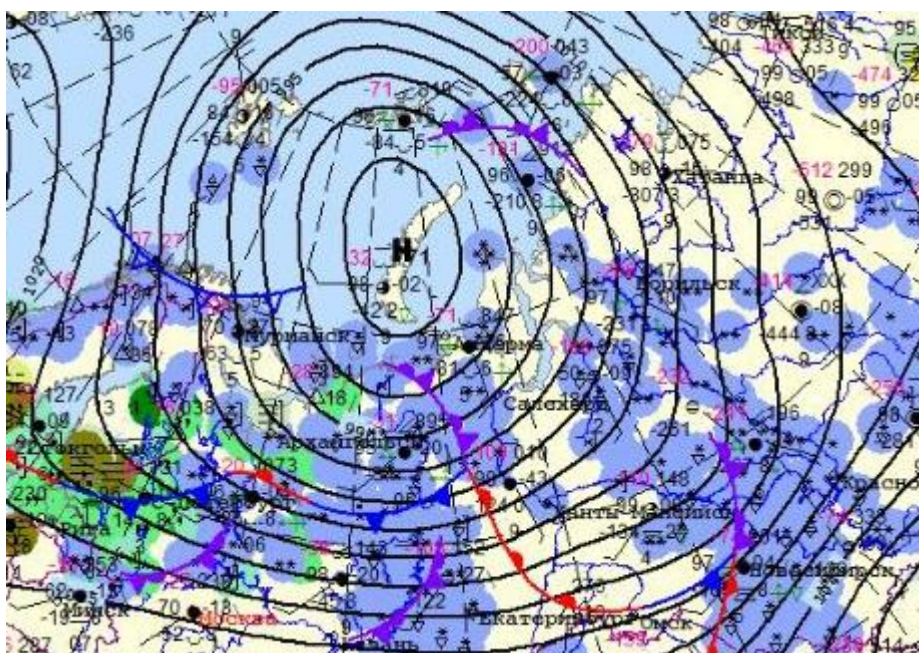


Рисунок 4.2.1 – Синоптическая ситуация 26.01.2023 года

По данным фактической карты погоды за 00 по UTC видно, что в тыловой части циклона наблюдаются осадки. Для уточнения стоит рассмотреть и кольцевую карту (рисунок 4.2.2).

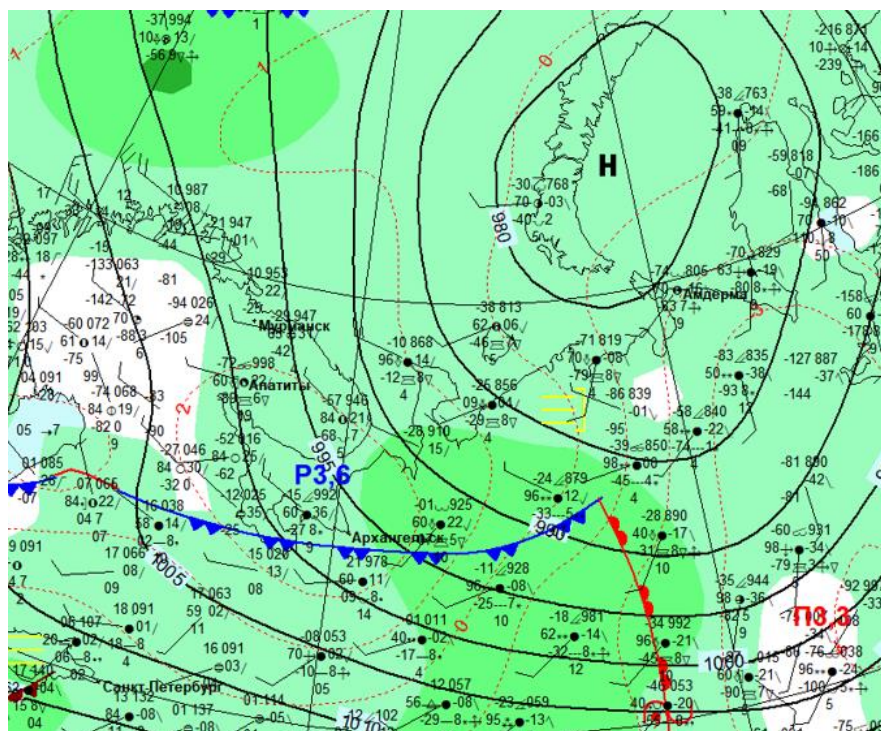


Рисунок 4.2.2 – Фрагмент кольцевой карты погоды за 03 по UTC

В тыловой части наблюдаются осадки, не связанные с деятельностью фронтов. Именно в это время на станции наблюдались переохлажденные осадки.

4.3 Обзор случаев сильного ветра.

Отталкиваясь от анализа и выводов о случаях усиления ветра выше 15 м/с, следует в особой мере рассмотреть усиление ветра в марте.

Большая часть случаев усиления ветра связана с западным направлением ветра, однако усиление ветра встречается и с восточного направления.

В основном, усиление ветра, связанное с восточным направлением наблюдалось в октябре и ноябре.

Ситуация 1 марта 2023 года (рисунок 4.3.1).

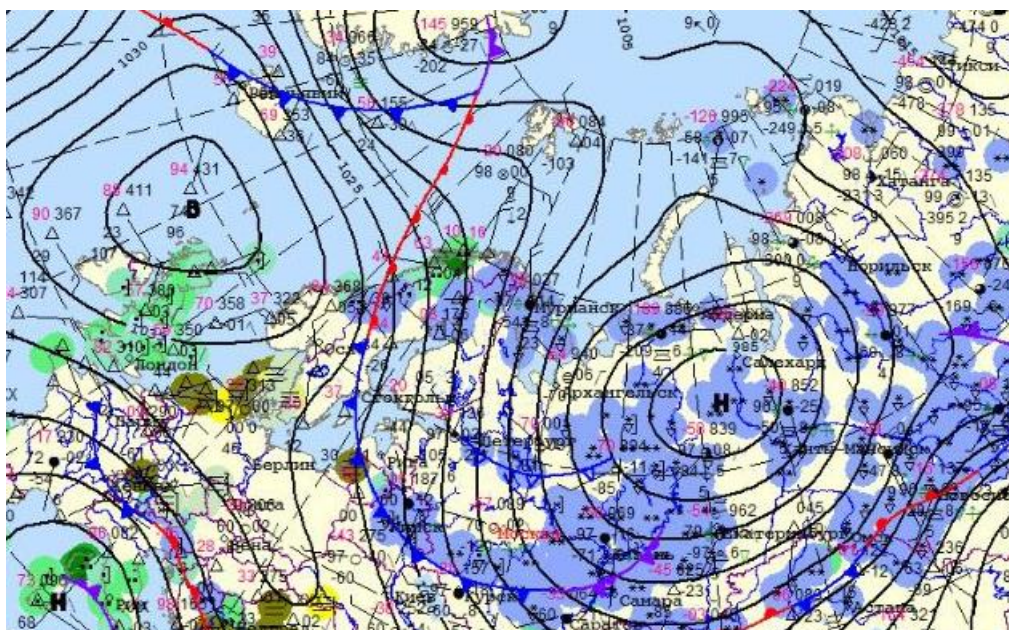


Рисунок 4.3.1 – Синоптическая ситуация 01.03.2023 года

Сильный ветер мог быть связан с медленным передвижением циклона и стремящимся выйти на восток антициклоном. В результате в местах соприкосновения двух барических объектов возникло поле с высокими градиентами.

4.4 Обзор случаев гроз

Грозы над аэродромом являются достаточно редким явлением. По результатам анализа данных за 4 года было выявлено, что влияние гроз на метеобеспечение составляет всего 1% от всех остальных анализируемых величин.

Большая часть гроз отмечалась в июле и была связана по большей мере с деятельностью фронтов.

Ситуация 19 июля 2023 года (рисунок 4.4.1).

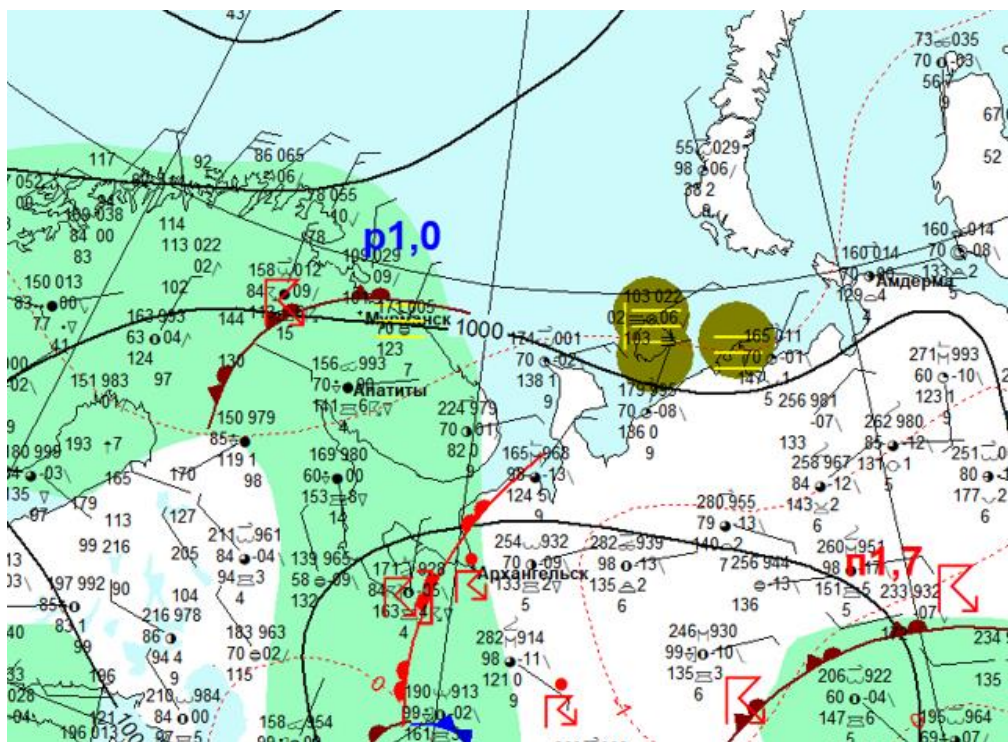


Рисунок 4.4.1 – Фрагмент кольцевой карты за 15 по UTC 19.07.2023 года

Данный фронт принес грозу, которая длилась больше часа. При этом наблюдались ливневые осадки, ухудшающие видимость.

Самая ранняя гроза наблюдалась в конце мая, самая поздняя в конце августа. Аналогично июльским грозам, они были связаны с деятельностью фронта (рисунок 4.3.2).

29 мая 2023 года в районе 8 утра отмечалось усиление ветра до 15 м/с.

Затем, в районе 12 по UTC наблюдалась гроза с дождем.

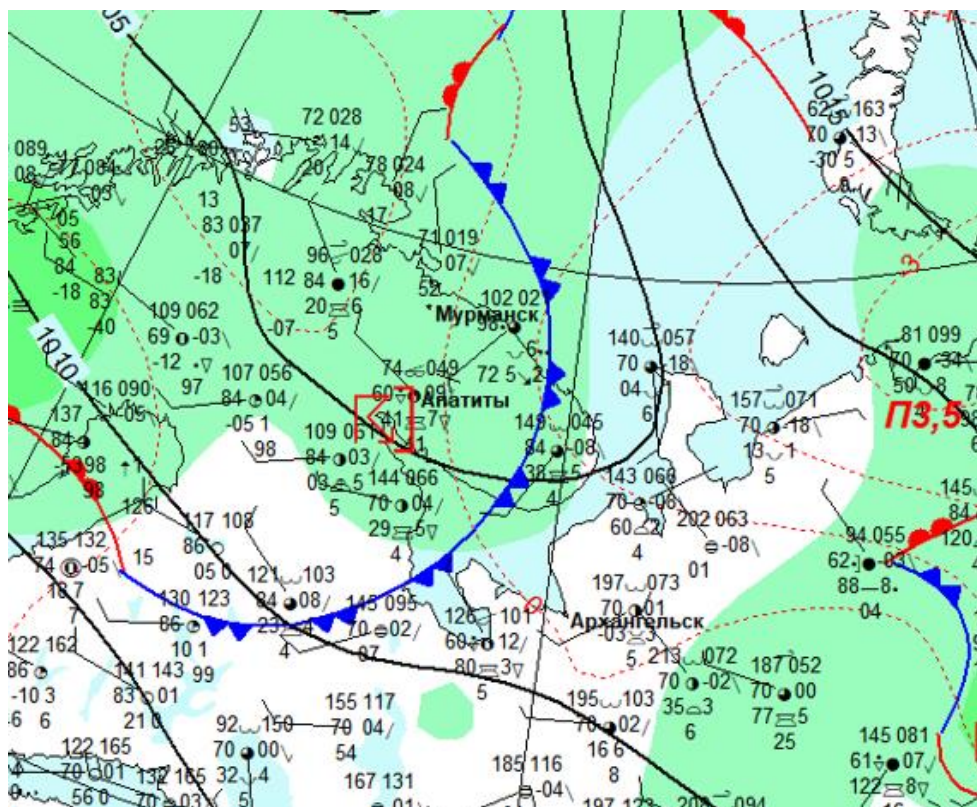


Рисунок 4.3.2 – Фрагмент кольцевой карты за 12 по UTC 29.05.2023 года

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы все поставленные задачи были выполнены. За период с 2020 по 2023 гг. были проанализированы неблагоприятные метеорологические условия, на аэродроме Апатиты, их повторяемость и годовой ход. Были рассмотрены синоптические ситуации, которые приводят к появлению неблагоприятных метеоусловий и выполнены синоптические обзоры типовых случаев.

Говоря о конкретных результатах, полученных в ходе анализа неблагоприятных метеоусловий можно сказать следующее:

- **Повторяемость неблагоприятных условий:**

Ухудшение видимости – 42%

Высота нижней границы облачности ниже 300м – 38%

Переохлажденные осадки – 16%

- **Повторяемость явлений ухудшающих видимость:**

Твердые осадки – 53%

Туман/дымка – 37%

Дождь – 10%

- **Анализ годового хода:**

Большее количество явлений ухудшающих видимость, случаев высоты нижней границы облачности ниже 300 м, а также выпадение переохлажденных осадков связано с осенне-зимним периодом.

- **Сильный ветер:**

Преобладают западные и северо-западные направления ветра, которые наблюдаются в зимний период и в марте.

- **Грозы:**

Редкое явление, наибольшее количество наблюдалось в 2022 году (17 случаев). Грозы были связаны с деятельностью фронтов окклюзии.

Данные результаты можно использовать при обновлении климатического описания аэродрома, а также в оперативной работе синоптика при прогнозировании как на аэродроме, так и в граничащих с ним районах полетной информации.

При метеообеспечении стоит обращать внимание на особенности, связанные с обилием туманов и низкой слоистообразной облачностью в осенне-зимний период, также обращать внимание на ветры со скоростями более 15 м/с в переходный период в марте. Не забывать про орографические особенности в виде гор Хибин, которые способны задерживать некоторые объемы воздушных масс, образуя тем самым облака.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по метеорологическому обеспечению полётов на аэродроме Апатиты (Хибины), г. Апатиты, 2021 год.
2. Климатическое описание аэродрома Апатиты (Хибины) за 2013-2017 годы, г. Апатиты, 2018 год.
3. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология / О.Г. Богаткин – СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. – 328 с.
4. Практическая авиационная метеорология / Позднякова В.А. – г. Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2010г – 113 с.
5. Электронные дневники погоды АВ-6 с АМСГ Апатиты
6. <https://meteoinfo.ru/mapsynop>
7. <https://www.wetterzentrale.de/de/reanalysis.php?map=1&model=dwd&var=45>
8. <https://www.ventusky.com/>