



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: «Исследование сложных метеорологических условий полетов
воздушных судов на аэродроме Пулково»

Исполнитель Мишенькин Роман Алексеевич
(фамилия, имя, отчество)

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

Волбуева Ольга Васильевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«29» мая 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

СОКРАЩЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ И МИНИМУМЫ	6
1.1 Минимумы, которые учитываются при выполнении полётов	6
1.2 Метеорологические явления, ограничивающие деятельность авиации и приводящие к задержкам рейсов на аэродромах.....	8
2. АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК И УХОДОВ НА ЗАПАСНОЙ АЭРОДРОМ ИЗ-ЗА СЛОЖНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ	14
2.1 Анализ задержек и уходов на запасной аэродром из-за бокового ветра, осадков и гроз.....	14
2.2 Анализ задержек и уходов на запасной аэродром из-за туманов.....	18
2.3 Характеристики ветра, приводящие к задержкам и уходам на запасной аэродром	20
3. СИНОПТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ ТИПОВЫХ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ ИЗ-ЗА СЛОЖНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ.....	22
3.1 Разбор типовых синоптических ситуаций по ветру и осадкам	22
3.2 Разбор типовых синоптических ситуаций по туманам.....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	42

СОКРАЩЕНИЯ

АМЦ	-	авиационный метеорологический центр
ВПП	-	взлетно-посадочная полоса
ВС	-	воздушное судно
ИКАО	-	международная организация гражданской авиации
КГС	-	курсо-глиссадная система
ОЯП	-	опасные явления погоды

ВВЕДЕНИЕ

Воздушный транспорт — одна из самых зависимых от метеорологических условий отраслей экономики. Все полёты осуществляются исключительно с учётом погодных условий, потому что они являются причиной многих происшествий в авиации: изменения маршрутов, отмены рейсов, увеличение продолжительности рейсов и другое. Чтобы обеспечить бесперебойную работу, необходима достоверная информация как о фактической, так и о предполагаемой погоде. Метеоусловия влияют и на экономические показатели, и на безопасность движения. От состояния погоды и качества информации о ней зависят здоровье и жизнь людей. По данным Международной организации гражданской авиации, за последние 25 лет неблагоприятные метеорологические условия были официально признаны причиной от 6 до 20 % происшествий в авиации. Таким образом, примерно в одной трети случаев неблагоприятного окончания полётов погодные условия сыграли косвенную или непосредственную роль. По данным ИКАО, за последние десять лет нарушения в расписании полётов из-за погоды в зависимости от климатических условий района и времени года в среднем происходят в 1–5 % случаев. Больше половины таких нарушений составляют отмены рейсов вследствие неблагоприятных метеоусловий на аэродроме вылета или назначения.

Минимумами погоды называются метеорологические условия, препятствующие выполнению полётов. Помимо этого, существуют опасные для полётов метеорологические явления, которые затрудняют или очень ограничивают выполнение полётов. Совершенствование бортового и наземного оборудования систем посадки самолётов позволяет уменьшить посадочные минимумы, что снижает процент нарушения регулярности полётов и посадок вследствие неблагоприятных метеоусловий в аэродромах назначения [2].

Целью выпускной квалификационной работы является исследование сложных метеорологических условий для полетов воздушных судов на аэродроме Пулково.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) Сбор данных по уходу на запасной аэродром по метеоусловиям аэродрома Пулково за период 2018-2023 гг.
- 2) Обработка данных АМЦ Пулково по направлению и скорости ветра, осадкам и туманам в случае уходов воздушных судов на запасной аэродром.
- 3) Анализ синоптических ситуаций в случае уходов воздушных судов на запасной аэродром.

Используемые ресурсы:

- 1) Выписки из журналов учета уходов ВС на запасной аэродром по метеоусловиям аэродрома Санкт-Петербурга (Пулково) с 2018 по 2023 гг.
- 2) Выписки из журнала АВ-6 АМЦ Пулково с 2018 по 2023 гг.
- 3) Приземные синоптические карты
- 4) Высотные синоптические карты (АТ-850 и АТ-500)

1. ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ И МИНИМУМЫ

1.1 Минимумы, которые учитываются при выполнении полётов

Среди значительного количества метеорологических параметров, влияющих на безопасность взлета и посадку воздушного судна (минимумов), выделяют следующие:

- 1) дальность видимости;
- 2) высота нижней границы облаков.

Они устанавливаются для пилота в зависимости от его квалификации, для аэродрома: в зависимости от места расположения и технического оснащения аэродрома и типа воздушного судна.

Существует три категории международных минимумов:

1-я категория — дальность видимости не менее 800 м и высота облаков не менее 60 м;

2-я категория — дальность видимости не менее 400 м и высота облаков не менее 30 м;

3-я категория — дальность видимости не менее 200 м и высота облаков без ограничений [3].

В гражданской авиации Российской Федерации сложными являются следующие метеорологические условия: высота облаков 200 м и ниже и дальность видимости 2000 м и меньше. [3].

Минимумы погоды — это минимальная видимость на взлётно-посадочной полосе и высота нижней границы облачности (ВНГО). Иногда вместо ВНГО принимается высота принятия решения - это высота, на которой пилот должен уйти на 2-й круг, если не видит взлётно-посадочной полосы [3].

Существует три минимума:

1) Минимум воздушного судна. Этот минимум устанавливают производители самолётов. Для каждого типа самолёта существует свой перечень

минимумов метеоусловий, когда использование данного типа самолетов гарантирует его безопасную эксплуатацию.

2) Минимум аэродрома. Существует свой минимум для каждого аэродрома и взлётно-посадочной полосы. Минимум зависит от технического, светового, навигационного оборудования, установленного в данной местности и на данном аэродроме. Наиболее часто минимум аэродрома зависит от курсо-глиссадной посадочной системы [3].

Большинство аэродромов РФ оснащено базовой системой ILS (Instrument Landing System) - это система инструментального захода самолётов на посадку, базовое название курсо-глиссадная система:

1-й категории, обеспечивающей минимум 60–550 м, где 60 м — высота принятия решения и 550 м — дальность видимости взлётно-посадочной полосы. Часто на аэродромах совсем нет ILS. Тогда пилот совершает посадку по «неточным системам». Аэродромы Уфы, Внуково, Новосибирска и Красноярска имеют оборудование;

2-й категории ILS (30–300 м). И всего 3 аэродрома в РФ оснащены ILS;

3-й категории, минимумы которых 15–200 м: Шереметьево, Домодедово и Пулково. Преимущественно используется в крупных аэродромах для посадки самолётов, оснащённых радиомаячным оборудованием [3].

3) Минимум командира экипажа - допуск пилота в зависимости от его квалификации, прохождения специальных программ, тренировок, что подтверждается личными проверками [3].

С точки зрения авиации не очень важно, по какой причине ограничена видимость (туман, снег и др.). Значимым является дальность видимости на взлётно-посадочной полосе и ВНГО или высота принятия решения [3].

При наличии сложных метеорологических условиях погоды командир воздушного судна принимает решения о вылете или посадке самолёта, вся ответственность ложится на командира. Для того чтобы понять лететь или не лететь пилот должен знать метеорологическую информацию в целом, а также информацию по аэродрому вылета, прилёта и запасных аэродромов. Во всех

аэродромах используют метеосводки в формате кода METAR (Meteorological Aerodrome Report) — авиационный метеорологический код для передачи сводок о фактической погоде на аэродроме.

TAF (Terminal Aerodrome Forecast) — прогноз погоды на ближайшее время. Эти прогнозы содержат информацию о направлении и скорости ветра, температуре воздуха, атмосферных явлениях, атмосферном давлении, облачности, температуре точки росы, прогнозе на посадку [3].

Для принятия решения пилотами рейсы на вылет делятся на два типа: менее 2 часов и более 2 часов. Например, в Самаре прогнозируется туман ниже минимума, фактическая погода пока выше минимума. Рейсы из Москвы вылетают и садятся, а из Санкт-Петербурга задерживаются. Ответ очевиден. Полёт из Москвы длится меньше 2 часов, и пилот принимает решение на основании фактических погодных условий. Полёт же из Санкт-Петербурга длится больше 2 часов, а это значит, что вылет рейса возможен исключительно под прогнозируемое улучшение [3].

1.2 Метеорологические явления, ограничивающие деятельность авиации и приводящие к задержкам рейсов на аэродромах

Гроза, шквалы (порывы ветра от 12 м/с и выше), ураганы, штормы, туманы, ливневые осадки, обледенение, пыльные бури, метели, низкая облачность, турбулентность, молнии, наносы, изменения ветра в приземном слое атмосферы — атмосферные явления погоды, являющиеся опасными для авиации [2].

Ограничение видимости — это самая частая причина задержек по метеоусловиям. И неважно, конкретно из-за какого погодного явления это произошло (туман, метель, пыльные бури и др.) [2].

Например, если взлётно-посадочная полоса покрыта льдом, то совершать взлёт и посадку самолетам запрещено, потому что в авиации есть такое понятие, как коэффициент сцепления. Его замеряет аэродромная служба. Если значение

коэффициента сцепления ниже 0,3, то взлётно-посадочная полоса является непригодной для взлёта и посадки, а это значит, что взлётно-посадочную полосу, покрытую слоем льда, снега, слякоти, необходимо очистить. Также град или снегопад обнуляют всю работу по очистке полосы, и тогда аэродром может закрыться на период до нескольких часов по метеорологическим явлениям. Это происходит в целях безопасности пассажиров [2].

Состояние атмосферы и происходящие в ней процессы характеризуются такими метеорологическими явлениями, как температура, давление, влажность, видимость, осадки, облака, ветер. Для того чтобы обеспечить посадку, на борт самолёта передают значения этих атмосферных явлений. Прозрачность атмосферы по наклону имеет самое большое значение из метеорологических факторов. Важны влажность воздуха и точка росы. Дефицит точки росы — это разность между температурой воздуха и точкой росы. Точка росы равна температуре воздуха тогда, когда его относительная влажность равна 100 %. При таких условиях возникают туманы и облака [2].

Существует три формы облаков: кучевообразные, слоистообразные и волнистообразные. Образование кучевых облаков свидетельствует о неустойчивом состоянии воздушных масс. Поэтому полёты в кучевых облаках и под ними проходят беспокойно, а вход самолётов в мощные кучевые облака запрещён, потому что там происходят мощные восходящие потоки воздуха до 15 м/с. Кучево-дождевые облака тоже очень опасны для полёта, поскольку сопровождаются грозами, ливнями, градом, а это ощутимо ухудшает видимость. Слоистые облака, покрывающие сплошной пеленой площади в сотни тысяч км, чреваты возможностью сильного обледенения самолёта. Также они создают серьёзные трудности при посадке, потому что нижнее основание облаков близко располагается к земной поверхности [1].

Ветер. Каждая модель самолёта имеет установленное производителем ограничение по ветру. Скорость ветра для самолётов делится на две составляющие: боковую и продольную. Принятое в метеорологии направление ветра (откуда дует) отличается от аэронавигационного (куда дует) на 180

градусов. Причиной образования ветра является неравномерное распределение давления по горизонтали. Самые сильные ветра отмечаются в области струйных течений, скорость ветра в которых превышает 100 км/ч. Преобладающее течение струйных ветров в средних широтах является западное. Над Российской Федерацией струйные течения наблюдаются над Уралом, Сибирью и Дальним Востоком. Над территорией РФ в основном встречаются такие типы местных ветров, как бризы (образуются по берегам больших озёр и морей), горно-долинные ветра (возникают в горных системах и особенно хорошо выражены в ясную летнюю погоду), бора (сильный холодный ветер, дующий с прибрежных невысоких гор), фен (порывистый и сухой ветер наблюдается в основном в Закавказье и на Северном Кавказе) и афганец (пыльный и жаркий ветер южного направления) [8].

Взлёт и посадку самолёты выполняют против ветра в целях безопасности, а также для улучшения аэродинамических свойств воздушного судна. Взлёт и посадка против ветра уменьшает скорость посадки и отрыва, то есть сокращает дистанцию разбега и пробега. Для самолётов является опасным боковой ветер, потому что, чтобы его компенсировать, пилоту необходимо развернуть самолёт против ветра. Это называется угол сноса. Чем сильнее ветер, тем больше угол сноса. До тех пор, пока самолёт летит, снос не вызывает проблем. Когда самолёт касается взлётно-посадочной полосы, он приобретает сцепление с поверхностью и стремится двигаться параллельно своей оси. Тогда пилоту надо резко изменить направление движения, что не всегда просто сделать. Ещё большую опасность представляет порывистый ветер, который может усилиться в самый неподходящий момент и создать крен самолёту. Например, ветер со скоростью более 20 м/с (нечастое явление) для многих аэродромов не создаёт проблем; замена рабочего порога взлётно-посадочной полосы устраняет эту проблему. Однако не у всех аэродромов есть такая возможность. Например, аэродромы в Геленджике и Сочи находятся рядом с горами и взлёт в сторону гор и посадка со стороны гор невозможны. Когда ветер дует в сторону моря, нередко попутная

составляющая исключает возможность безопасного выполнения взлёта. Произвести посадку можно, а произвести взлёт нет [1].

Осадки. Полёт в зоне осадков затруднён из-за ухудшения видимости и возможности обледенения самолёта. Осадки по характеру выпадения подразделяются на:

а) обложные, выпадающие из слоисто-дождевых и высокослоистых облаков в виде снежинок или капель дождя;

б) ливневые, выпадающие из кучево-дождевых облаков в виде крупных капель и хлопьев снега или града;

в) морозящие, выпадающие из слоисто-кучевых и слоистых облаков в виде очень мелких капель дождя. Полёт в зоне осадков затруднен из-за внезапного ухудшения видимости, обледенения и болтанки [1].

Гроза. Возмущение воздушных масс во время грозы тоже опасно для самолёта и пилотов, потому что броски самолёта в воздухе зависят как от наличия устойчивости самолёта в воздухе, так и от последовательности, силы и частоты воздушных потоков, действующих на самолёт, а также разряды молнии. Сам разряд молнии и удар в самолёт нестрашны: к повреждениям он не приводит, но ведёт к серьёзным затратам на земле — после удара молнии в самолёт его необходимо проверить. Грозы бывают:

а) внутримассовые (образуются в неустойчивом и влажном воздухе, возникают в результате нагрева воздуха от подстилающей поверхности; обычно возникают летом и изолированы друг от друга; самолёты могут их обходить).

б) фронтальные (развиваются на холодных и теплых фронтах; особенно опасны грозы, возникающие на холодных фронтах, потому что образуют мощные кучево-дождевые облака с ливнями, градом и шквалистым ветром ураганной силы) [1].

Туман не менее опасен при взлёте и посадке, поскольку ограничивает видимость. Дальность видимости измеряется в метрах. Под дальностью видимости у Земли понимается то расстояние, на котором ещё можно

обнаружить предметы по цвету, форме и яркости. Полётная видимость — это видимость реальных объектов с самолёта. Она подразделяется на:

- а) горизонтальную (видимость объектов в воздухе, которые находятся приблизительно на уровне самолёта);
- б) вертикальную (видимость объектов, которые расположены на земной поверхности под углами, близкими к 90 градусам);
- в) наклонную (видимость при заходе на посадку, когда объектом обнаружения является начало взлётно-посадочной полосы) [1].

Град тоже опасен, потому что повреждает носовую часть фюзеляжа, переднюю часть крыла и оставляет трещины на стекле. Это приводит к невозможности эксплуатации самолёта с подобными повреждениями без ремонта [2].

Обледенение самолета опасно тем, что в результате отложения льда деформируется форма профиля крыла, что ухудшает аэродинамические качества самолёта. Наиболее интенсивное обледенение наблюдается при температуре от 0 до минус 10 градусов и ниже [2].

Метель затрудняет взлёт и посадку, а порой делает их невозможными.

Есть три вида метели:

- а) позёмок
- б) низовая метель
- в) общая метель

Гололед серьёзно затрудняет посадку и взлёт самолёта. Лед на поверхности взлётно-посадочной полосы может снизить сцепление шин с дорогой и создать реальную угрозу для безопасности полета [2].

Турбулентность (резкое изменение направления и силы ветра) может привести к непредсказуемому движению самолёта, вызвать шатание и потерю управления самолётом [2].

Нарушение регулярности полётов, отмена рейсов, возврат купленных билетов, изменение маршрутов, увеличение продолжительности полётов, дополнительные затраты на топливо и амортизацию оборудования — всё это

происходит при неблагоприятных условиях погоды. Совершенствование бортового оборудования, систем посадки самолётов, усовершенствование метеорологического оборудования позволяют снизить расходы и потери, а также (что самое важное) сделать безопасными полёты для пассажиров при неблагоприятных погодных условиях [2].

2. АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК И УХОДОВ НА ЗАПАСНОЙ АЭРОДРОМ ИЗ-ЗА СЛОЖНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ

2.1 Анализ задержек и уходов на запасной аэродром из-за бокового ветра, осадков и гроз.

Расшифровав все METAR, TAF и SPESI и обработав все данные, предоставленные АМЦ Пулково за период с 2018 по 2023 гг., была составлена таблица 2.1.1 уходов на запасной аэродром по причине осадков, гроз и бокового ветра [7].

Таблица имеет следующие данные:

1. Дата, когда был уход на запасной аэродром
2. Интенсивность явлений, для осадков – это ухудшение видимости. Для ветра - его усиление, изменчивость направления и порывы.
3. Количество рейсов, ушедших в определенный день на запасной аэродром.
4. Время начала и окончания явления погоды.
5. Синоптическая ситуация (барическое образование), под влиянием которых находился аэродром Пулково.

Таблица 2.1.1 – Ухудшение погоды на аэродроме Пулково.

Ухудшение погоды на аэродроме Пулково						
Дата	Явления погоды			Кол-во рейсов	Время	Синоптическая ситуация
	SN; RA	TSRA	бок. ветер			
	Интенсивность					
25.12.2018	600-1200/SN на ВПП		+	6	16.30-20.30	Передняя часть ложбины
07.12.2019	1000-1700/SN на ВПП			3	22.00-23.30	Х.Ф.

09.03.2019	250-1700/SN на ВПП			15	07.30-10.30	Передняя часть ложбины
05.03.2019	700-300/SN на ВПП		+	2	02.30-03.30	Т.Ф.
05.03.2019	SN на ВПП/коэф. сцепления		+	6	14.30-17.30	Х.Ф.
11.03.2019	SN на ВПП/коэф. сцепления			6	17.30-18.00	Центр циклона
02.03.2019	1800-300/SN на ВПП		+	13	16.30-20.30	Т.Ф.
11.01.2019	1300-100/ SN на ВПП		+	10	06.30-14.00	Ф.О.
08.01.2019	1800-1400/ SN на ВПП			1	19.00-23.00	Передняя часть ложбины
20.11.2020	1900-100/ SN на ВПП			2	12.00-13.30	Передняя часть ложбины
29.12.2020	1700-1400/SN на ВПП			2	19.30-20.30	Передняя часть ложбины
18.11.2020	1700-1100/SN на ВПП			12	05.00-07.30	Т.Ф.
22.01.2021	1000/50- 130/коэф сцепления			1	15.00-17.00	Тёплый сектор циклона
03.02.2021	1600-1800/SN на ВПП			1	11.30-12.40	Центр циклона
28.07.2021		+		1	15.36-15.53	Теплый сектор циклона
23.12.2021	SN на ВПП/коэф. сцепления		+	7	14.00-19.00	Теплый сектор циклона
12.12.2021- 13.12.2021	1600-700/SN на ВПП/чистка ВПП			2	22.30-02.40	Центр циклона
06.08.2022		+		4	14.00-16.00	Х.Ф.
12.12.2022	1600-550/SN на ВПП		+	20	02.30-10.00	Ф.О.
14.12.2022	SN на ВПП/коэф. сцепления		+	1	21.00-22.00	Центр циклона
21.12.2022	SN на ВПП/коэф. сцепления			1	9.00-11.00	Теплый сектор циклона

13.01.2023	1800-450/SN на ВПП		+	24	04.53-07.00	Ф.О.
04.01.2023	SN на ВПП/чистка ВПП			1	12.20-13.00	Передняя часть ложбины
14.03.2023	SN на ВПП/коэф. сцепления		+	1	02.00-02.49	Т.Ф.
10.02.2023	800-500/ SN на ВПП			2	11.30-12.00	Передняя часть ложбины
06.03.2023	1600-350/SN на ВПП/чистка ВПП			5	19.00-20.30	Центр циклона

По данным таблицы 2.1.1 была проанализирована повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром (таблица 2.1.2 и таблица 2.1.3) [4].

Таблица 2.1.2 – Повторяемость явлений погоды.

	Осадки	Грозы	Ветер	Всего рейсов
Количество	54	5	90	149
Повторяемость %	37	3	60	100

На рисунке 2.1.1 представлена повторяемость явлений погоды приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром.

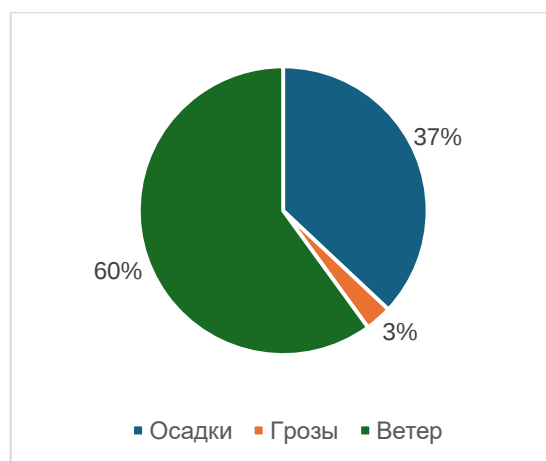


Рисунок 2.1.1 – Повторяемость явлений

Самолеты уходили на запасные аэродромы из-за сильного ветра в 60 % случаев, из-за осадков в 37 % случаев и из-за гроз в 3 % случаев.

Таблица 2.1.3 – Повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром

	Теплый фронт	Холодный фронт	Фронт окклюзии	Передняя часть ложбины	Центр циклона	Теплый сектор циклона	Всего
Количество	28	13	54	29	15	10	149
Повторяемость, %	19	9	36	19	10	7	100

На рисунке 2.1.2 представлена повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром

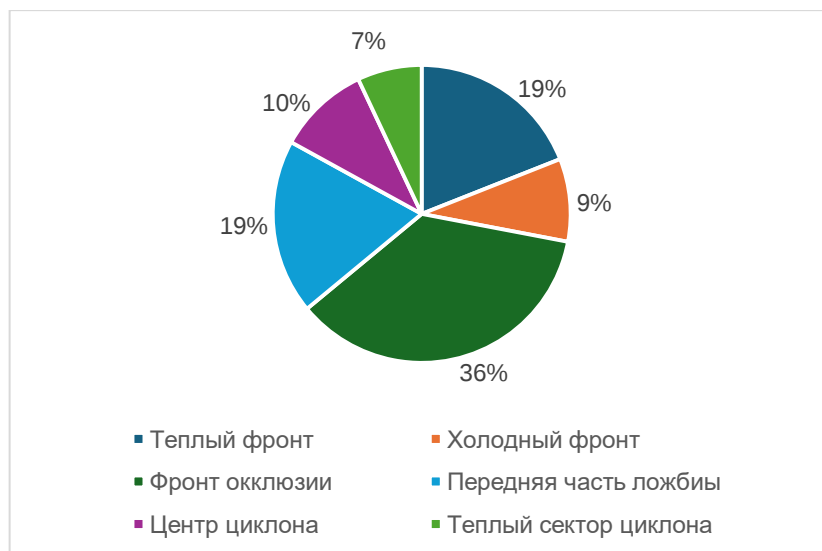


Рисунок 2.1.2 – Повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром

Большинство случаев ухода на запасной аэродром было при фронте окклюзии – 36 %, при теплом фронте – 19 % и при передней части ложбины, также 19 %.

Меньше случаев было при центре циклона – 10 %, холодном фронте – 9% и при теплом секторе циклона - 7%.

2.2 Анализ задержек и уходов на запасной аэродром из-за туманов.

Расшифровав все METAR, TAF и SPESI и обработав все данные, предоставленные АМЦ Пулково за период с 2018 по 2023 гг., была составлена таблица 2.2.1 уходов на запасной аэродром по причине туманов [7].

Таблица 2.2.1 – Ухудшение видимости на аэродроме Пулково.

Ухудшение видимости туман/НГО				
Дата	Явления погоды	Кол-во рейсов	Время	Синоптическая ситуация
	FG/НГО (QBV)			
	Интенсивность			
21.02.2018	1600-200/50-30	2	04.30-06.13	Восточная периферия антициклона
11.10.2018	1500-100/120-20	4	15.12-18.00	Северная периферия антициклона
03.07.2018	1100-100/50-30	5	00.30-04.00	Северная часть циклона
10.09.2018	700-100/60-30	1	01.00-05.00	Западная периферия антициклона
05.09.2018	750-100/100	1	20.00-22.00	Барический гребень
06.09.2018	400-100/50-20	2	01.00-06.00	Барический гребень
17.10.2018	1400-150/60-30	2	03.00-05.00	Западная периферия антициклона
06.05.2019	450-200/40-30	1	03.30-04.30	Северная периферия антициклона
18.11.2019	1400-100	1	04.00-05.00	Тыловая часть гребня
26.09.2019	250-100/50-30	2	21.00-00.00	Теплый сектор циклона
10.01.2020	550-300/50	1	17.00-17.30	Малоградиентное поле повышенного давления
06.06.2020	1000-150	1	19.00-19.47	Фронт окклюзии
31.08.2021- 01.09.2021	800-100	2	19.30-10.30	Седловина
27.09.2021	1200-250	1	22.30- 23.17	Барический гребень

По данным таблицы 2.2.1 была проанализирована повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром (таблица 2.2.2) [4].

Таблица 2.2.2 – Повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром

	Количество	Повторяемость, %
Периферия антициклона	10	38
Фронт окклюзии	1	4
Седловина	2	8
Северная часть циклона	5	19
Гребень	4	15
Тыловая часть гребня	1	4
Теплый сектор циклона	2	8
Малогradientное поле повышенного давления	1	4
Всего	26	100

На рисунке 2.2.1 представлена повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром.

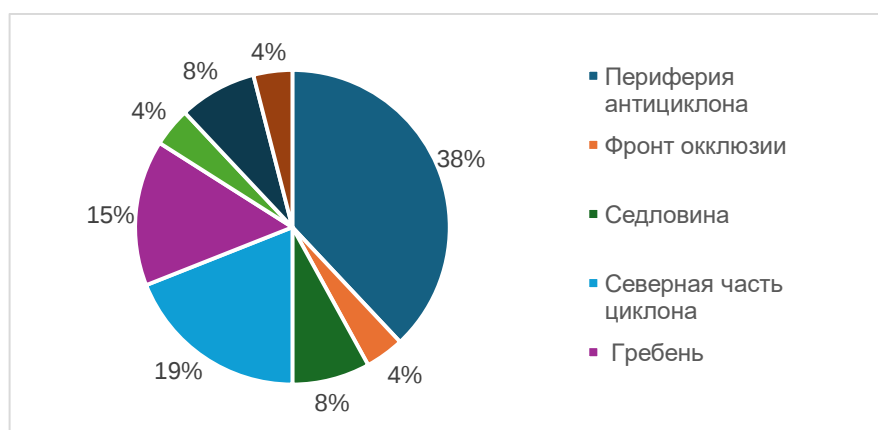


Рисунок 2.2.1 – Повторяемость типовых синоптических ситуаций в случае возникновения явлений погоды, приводящих к задержкам и уходам на запасной аэродром

Большинство случаев ухода на запасной аэродром было при периферии антициклона – 38 %, при северной части циклона – 19 % и при гребне антициклона - 15 %.

Меньше случаев было при фронте окклюзии – 4 %, седловине – 8%, тыловой части гребня – 4%, теплом секторе циклона – 8 % и при малоградиентном поле повышенного давления – 4 %.

2.3 Характеристики ветра, приводящие к задержкам и уходам на запасной аэродром

Проведя анализ данных показателей ветра из журнала АВ-6, предоставленных аэродромом Пулково за период 2018-2023 гг., была составлена таблица 2.5.1 бокового ветра [6].

Расположение обеих ВПП в аэродроме Пулково 100 и 280 градусов. Боковой ветер – 190 и 10 градусов. Ветер близкий к боковому – 10-55, 145-190, 235-280, 325-10 градусов.

Проведя анализ полученных данных, можно сказать, что сильный боковой ветер наблюдался 25.12.2018 года и 11.01.2019 года. В эти дни также были осадки в виде снега. Взлетно-посадочные полосы были засыпаны снегом - что привело к невозможности принимать воздушные суда.

В остальные дни наблюдался ветер близкий к боковому и мог повлиять на посадку.

Таблица 2.5.1 – Случаи уходов на запасной аэродром из-за бокового ветра

Дата	Время	Направление, град	Скорость, м/с	Порывы, м/с	
25.12.2018	17.30-19.30	170-210	От 3 до 10	до 14	Боковой ветер
05.03.2019	14.30-18.00	320-360	от 4 до 10	до 13	Ветер близкий к боковому
02.03.2019	17.00-20.00	200-250	от 4 до 12	до 16	Ветер близкий к боковому

11.01.2019	07.00-13.30	170-230	от 4 до 11	до 16	Боковой ветер
23.12.2021	14.00-19.00	210-230	от 5 до 12	до 16	Ветер близкий к боковому
12.12.2022	00.00-07.00	30-70	от 6 до 12	до 15	Ветер близкий к боковому
14.12.2022	21.00-22.00	170-180	от 5 до 11	до 16	Ветер близкий к боковому
13.01.2023	02.00-07.00	150-180	от 3 до 5	до 8	Ветер близкий к боковому
14.03.2023	01.00-02.30	140-170	от 5 до 8	до 14	Ветер близкий к боковому

3. СИНОПТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ ТИПОВЫХ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ ИЗ-ЗА СЛОЖНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ

3.1 Разбор типовых синоптических ситуаций по ветру и осадкам

1) Обзор синоптической положения по СПб за 06.00 UTC 18.11.2020 –
ливневой снег, ливневой снег с дождем, ухудшение видимости до 1700-1100 м (с
05.00 до 07.30 UTC) (рисунок 3.1.1 и 3.1.2) [4-5].

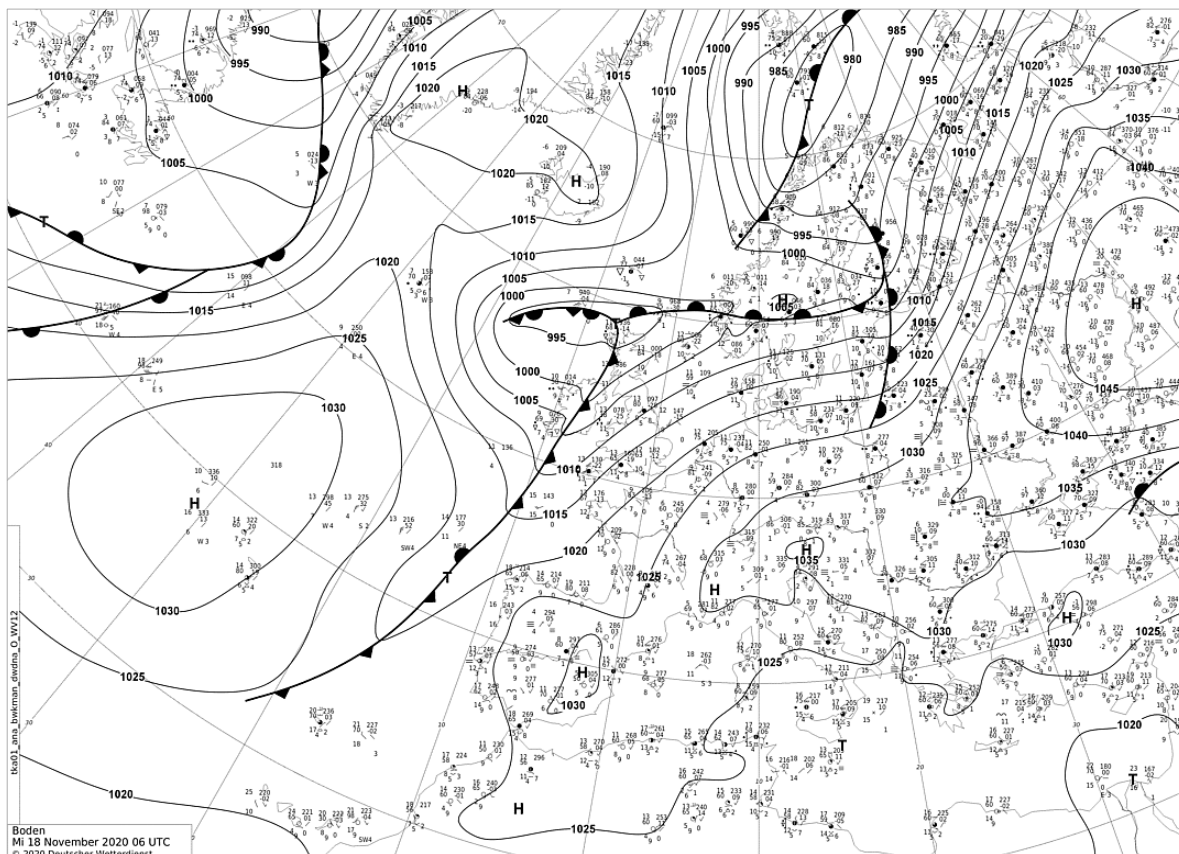


Рисунок 3.1.1 - Приземная карта за 18.11.2020 06.00 UTC

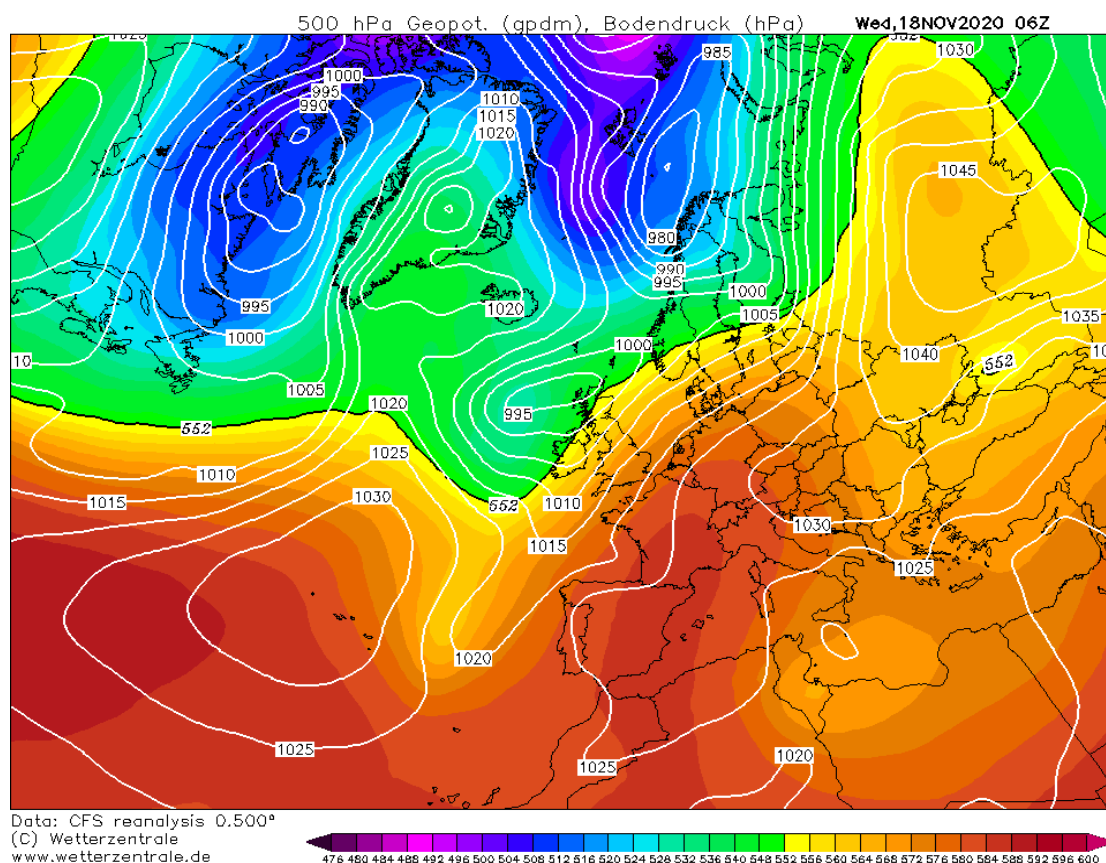


Рисунок 3.1.2 - АТ-500 за 18.11.2020 06.00 UTC

Скандинавия в зоне действия циклонического барического образования с центром возле Западного Шпицбергена. давление в центре за 6 часов не изменилось. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является средним. Циклон сдвинулся на северо-восток. Циклон находился в стадии максимального развития.

Центральная часть РФ в зоне действия антициклона с центром в районе Казани. Давление в центре уменьшилось на 0.8 гПа. Антициклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего можно сделать вывод, что данное барическое образование является средним. Антициклон сместился на юг, был малоподвижен. Находится в стадии разрушения.

Восточная часть Скандинавии и западная часть РФ Находятся в зоне действия фронта. Фронт смещается на восток. Погода в Санкт-Петербурге

определяется теплым фронтом. В этот день 12 рейсов были перенаправлены на запасной аэродром.

2) Обзор синоптической положения по СПб за 18.00-00.00 UTC 07.12.2019 – ливневой снег, ухудшение видимости до 1700-1000 м (с 22.00 до 23.30 UTC) (рисунок 3.1.3 – 3.1.5) [4-5].

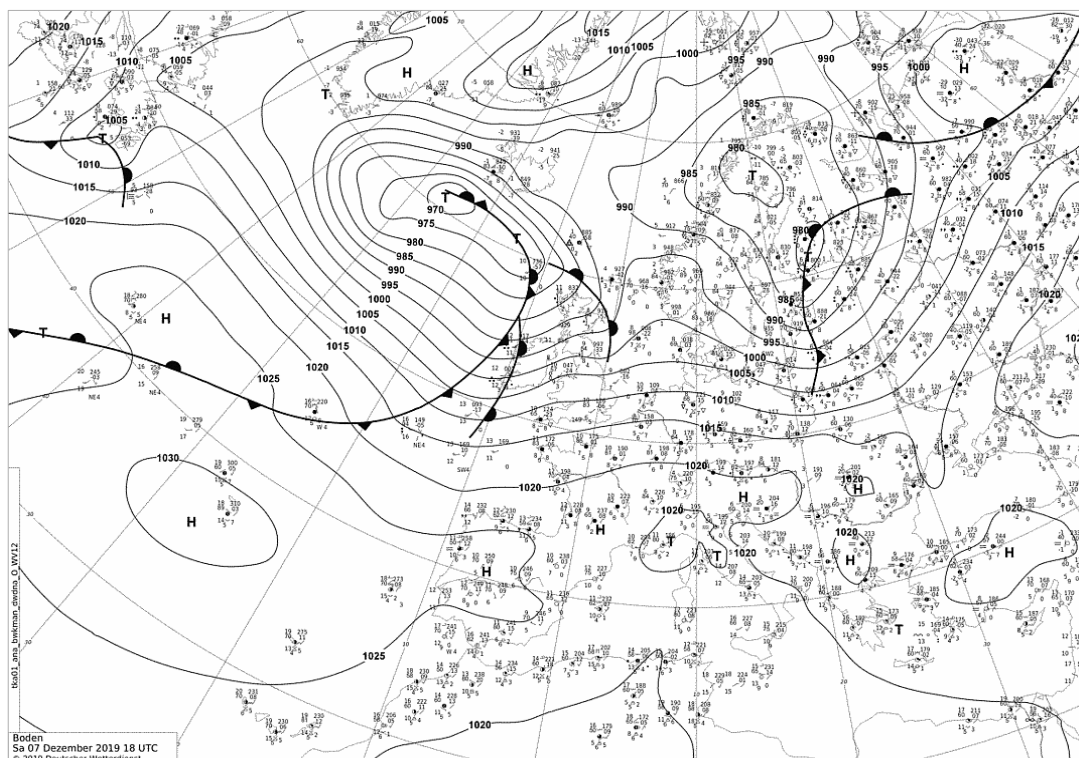


Рисунок 3.1.3 - Приземная карта за 07.12.2019 18.00 UTC

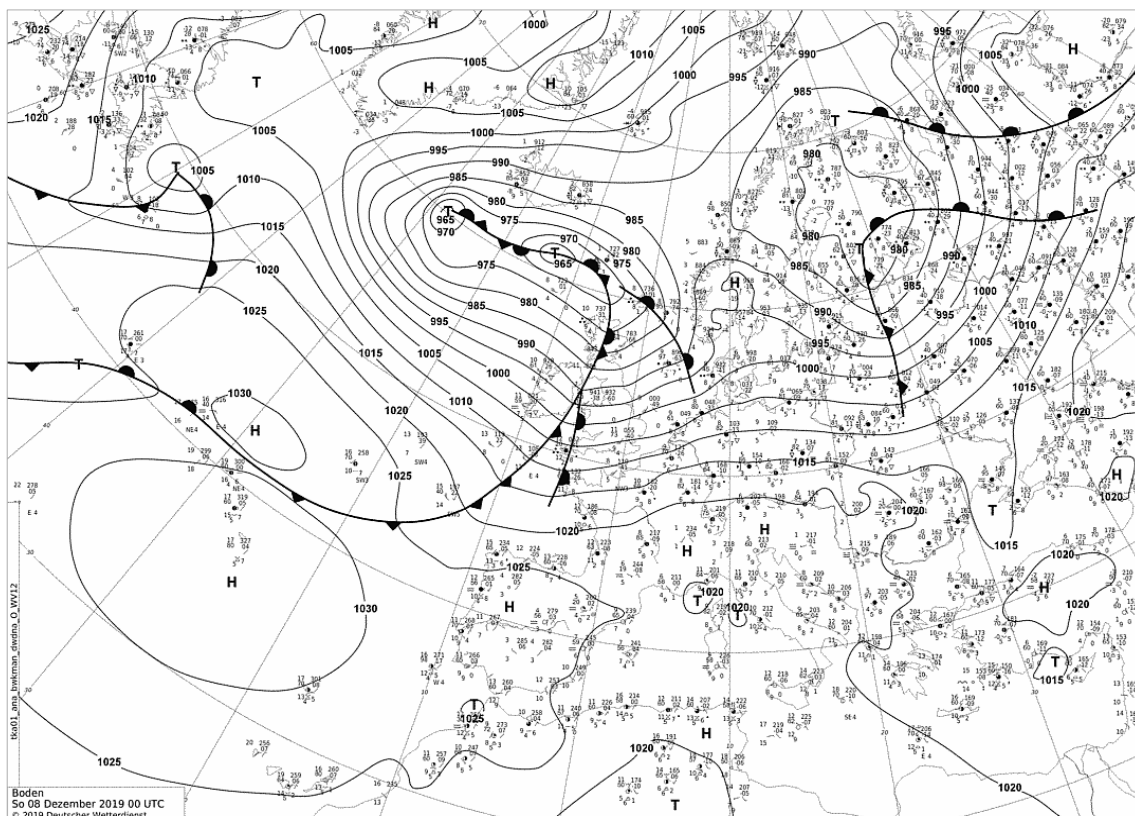


Рисунок 3.1.4 - Приземная карта за 08.12.2019 00.00 UTC

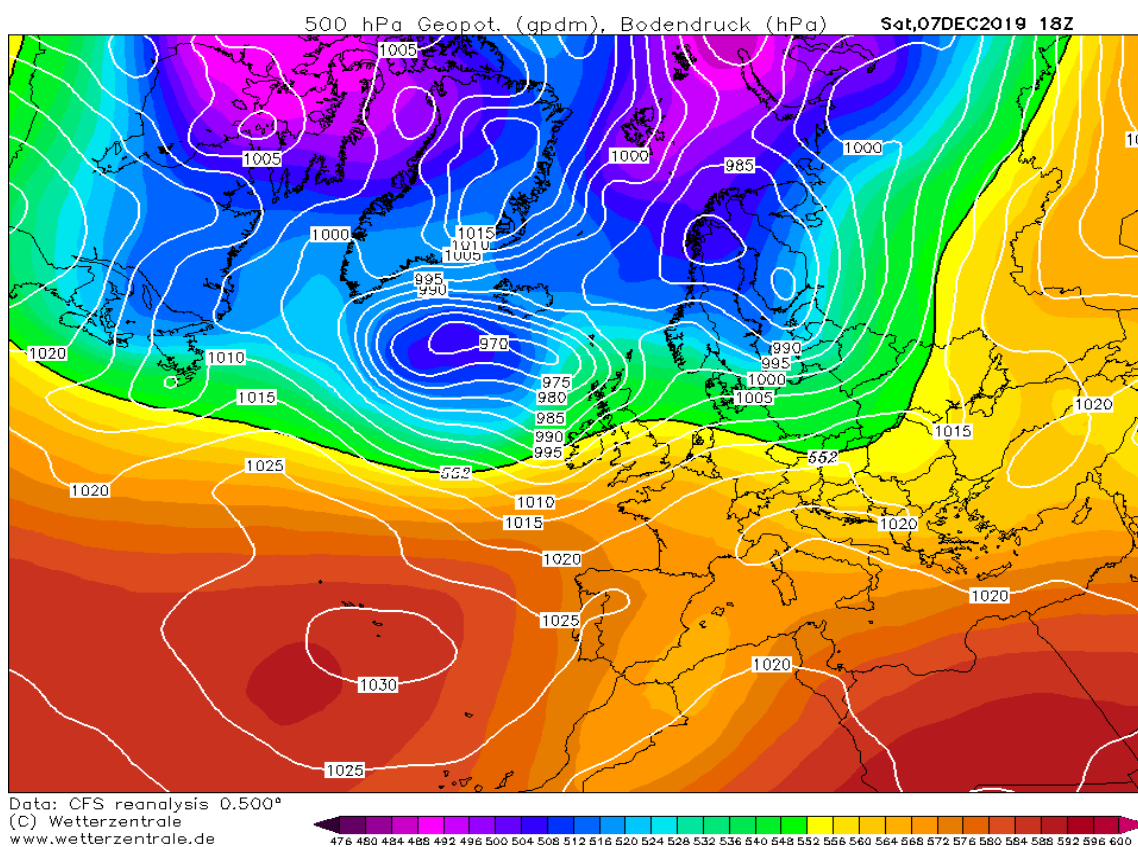


Рисунок 3.1.5 - AT-500 за 07.12.2019 18.00 UTC

Северо-западная часть РФ и северо-восточная часть Скандинавии в зоне действия циклона с двумя центрами. Первый центр в районе Хельсинки, второй в районе залива Порсангерфьорд. Давление уменьшилось за 12 часов на 2.1 гПа. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего можно сделать вывод, что данное барическое образование является средним. Циклон сместился на восток. Находится в стадии молодого циклона.

Восточная часть Скандинавии и северо-западная часть РФ находятся в зоне действия фронта. Фронт смещается на северо-восток. Погода в Санкт-Петербурге определяется холодным фронтом. В этот день 3 рейса были перенаправлены на запасной аэродром.

3) Обзор синоптической положения по СПб за 06.00-12.00 UTC 09.03.2019 – низовая метель, сильный ветер, ухудшение видимости до 1700-250 м (с 07.30 до 10.30 UTC) (рисунок 3.1.6 - 3.1.8) [4-5].

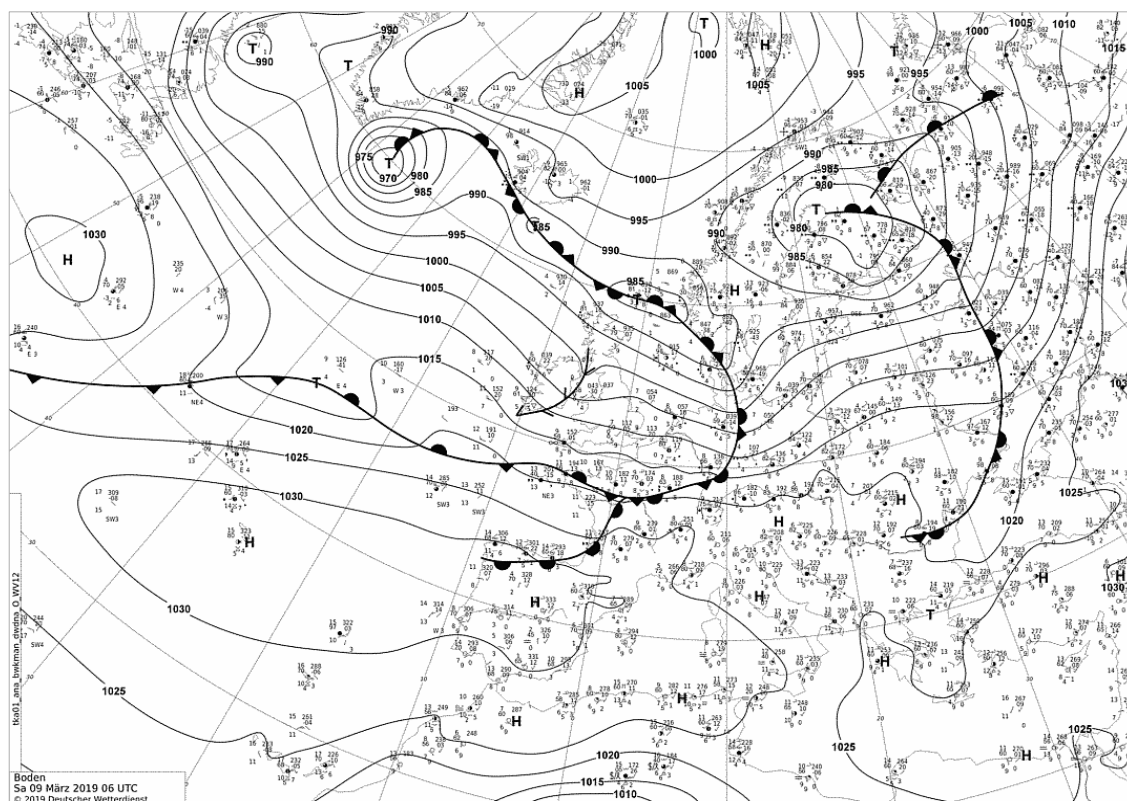


Рисунок 3.1.6 - Приземная карта за 09.03.2019 06.00 UTC

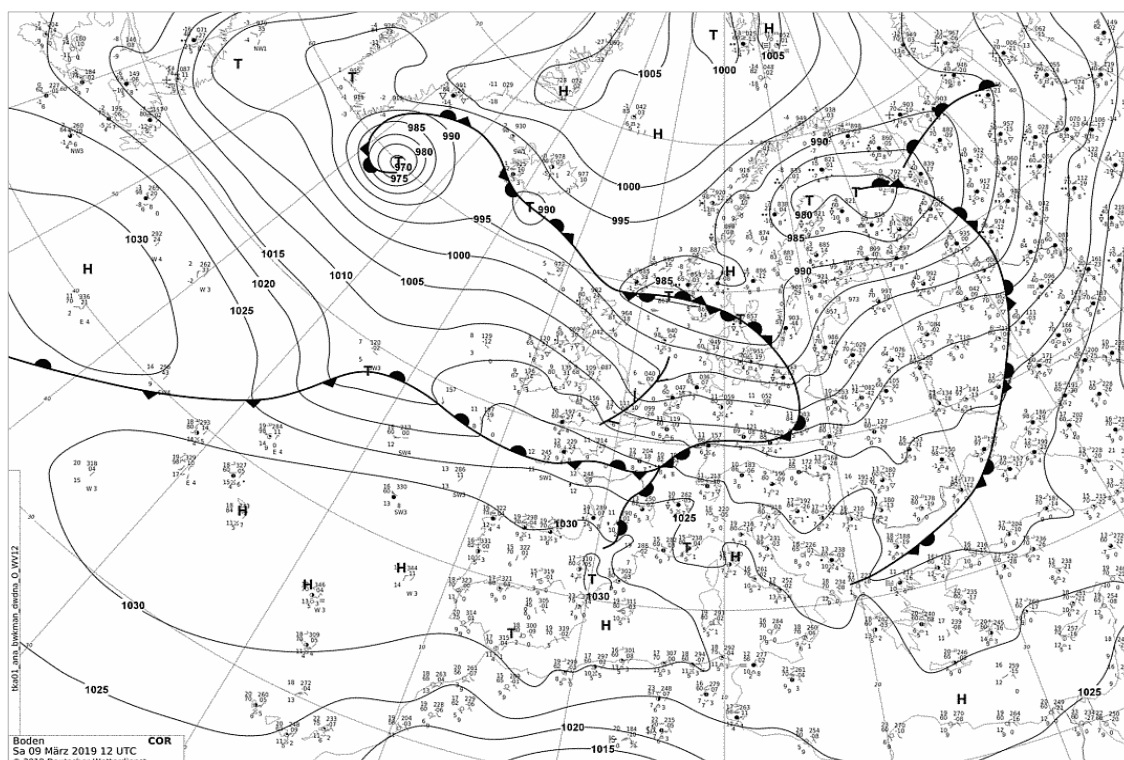


Рисунок 3.1.7 - Приземная карта за 09.03.2019 12.00 UTC

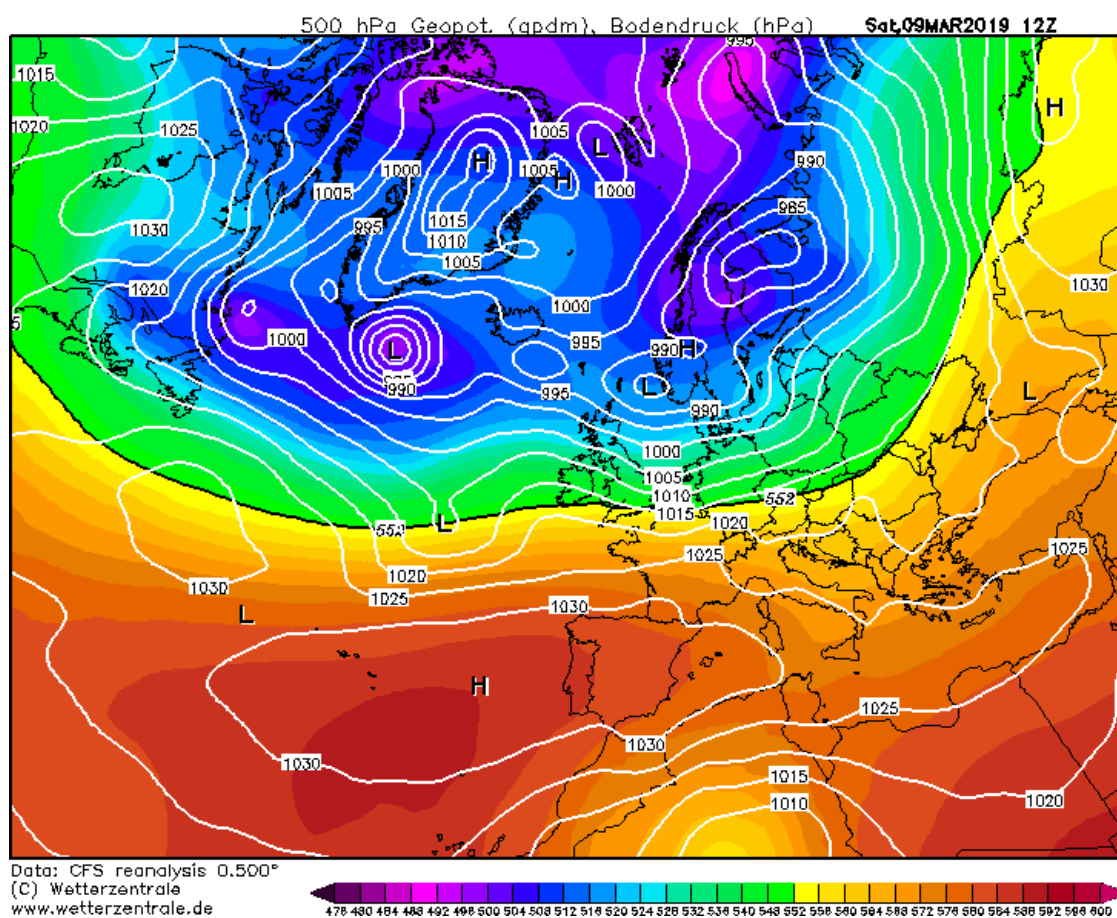


Рисунок 3.1.8 - AT-500 за 09.03.2019 12.00 UTC

Северо-западная часть РФ и северо-восточная часть Скандинавии в зоне действия циклона. Центр в районе Пудусъярви. Давление за 6 часов уменьшилось на 3.1 гПа, за следующие 6 часов повысилось на 3.1 гПа. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего можно сделать вывод, что данное барическое образование является средним. Циклон сместился на северо-восток. Находится в стадии заполнения, также начинается регенерация циклона и образование нового из старого.

Восточная часть Скандинавии и западная часть РФ находятся в зоне действия фронта. Фронт смещается на восток. Погода в Санкт-Петербурге определяется передней частью барической ложбины. В этот день 15 рейсов были перенаправлены на запасной аэродром.

4) Обзор синоптической положения по СПб за 18.00 UTC 23.12.2021 – низовая метель, сильный ветер, ливневой снег (с 14.00 до 19.00 UTC) (рисунок 3.1.9 - 3.1.11) [4-5].

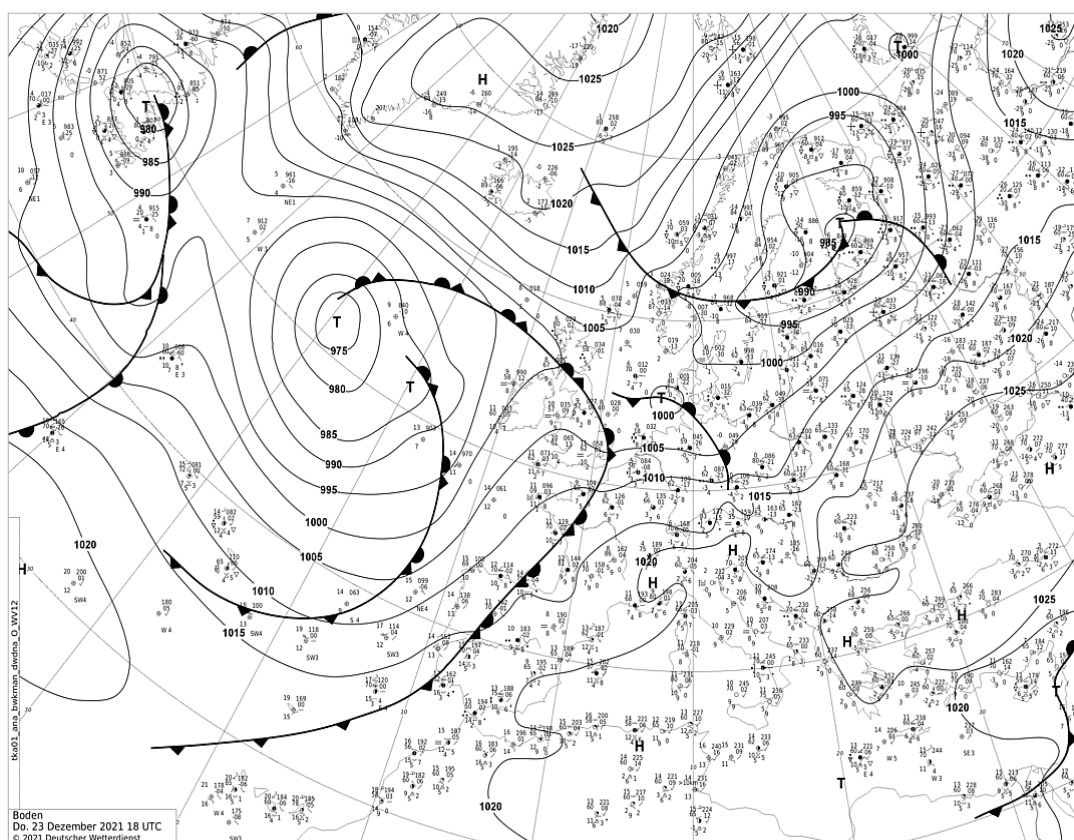


Рисунок 3.1.9 - Приземная карта за 23.12.2021 18.00 UTC

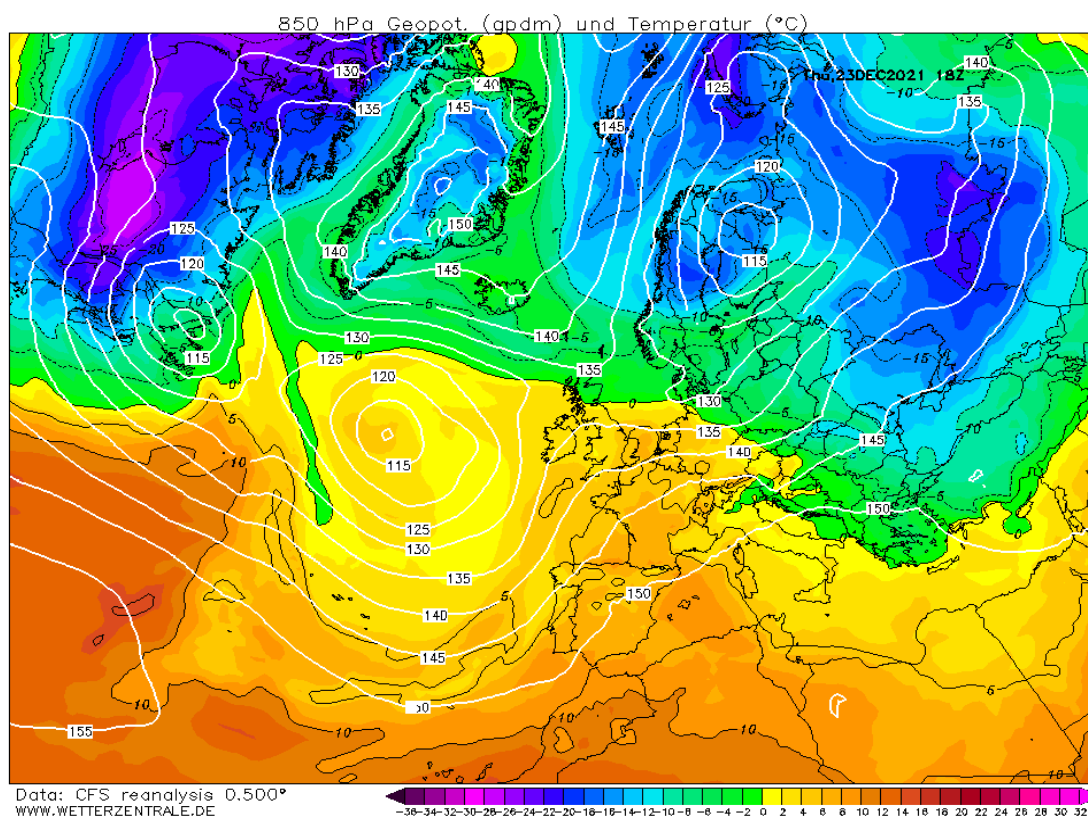


Рисунок 3.1.10 - АТ-850 за 23.12.2021 18.00 UTC

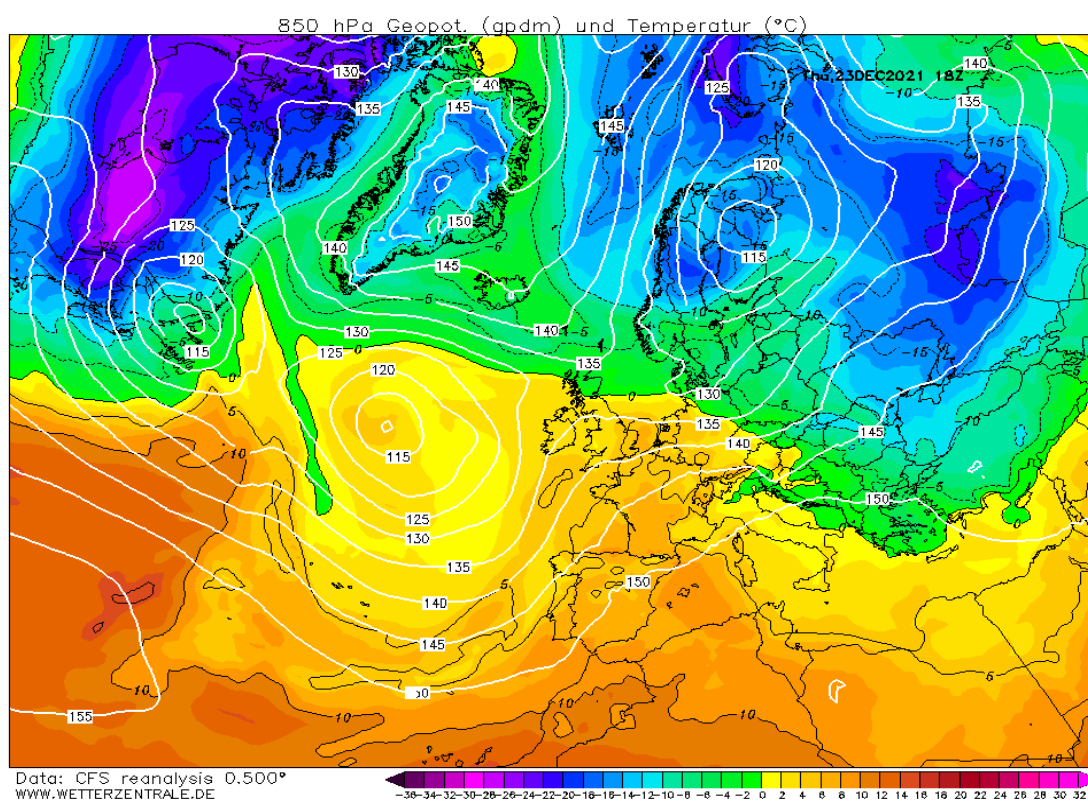


Рисунок 3.1.11 - АТ-500 за 23.12.2021 18.00 UTC

Скандинавия в зоне действия циклонического барического образования с центром в районе Костомукши. Давление в центре за 12 часов не изменилось. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего можно сделать вывод, что данное барическое образование является средним. Циклон переместился на юг. Циклон находился в стадии максимального развития.

Юго-западная часть РФ в зоне действия антициклона с центром в районе Ставрополи. Давление в центре уменьшилось на 3 гПа. Антициклон не прослеживается на высотных картах, из чего можно сделать вывод, что данное барическое образование является низким. Антициклон сместился на северо-восток. Находится в стадии разрушения.

Восточная часть Скандинавии и северо-западная часть РФ находятся в зоне действия фронта. Фронт смещается на юг. Погода в Санкт-Петербурге определяется теплым сектором циклона. В этот день 7 рейсов были перенаправлены на запасной аэродром.

5) Обзор синоптической положения по СПб за 06.00 UTC 13.01.2023 – низовая метель, сильный ветер, сильный ливневой снег, интенсивность ухудшения видимости 1800-450 м (с 04.53 до 07.00 UTC) (рисунок 3.1.12 и 3.1.13) [4-5].

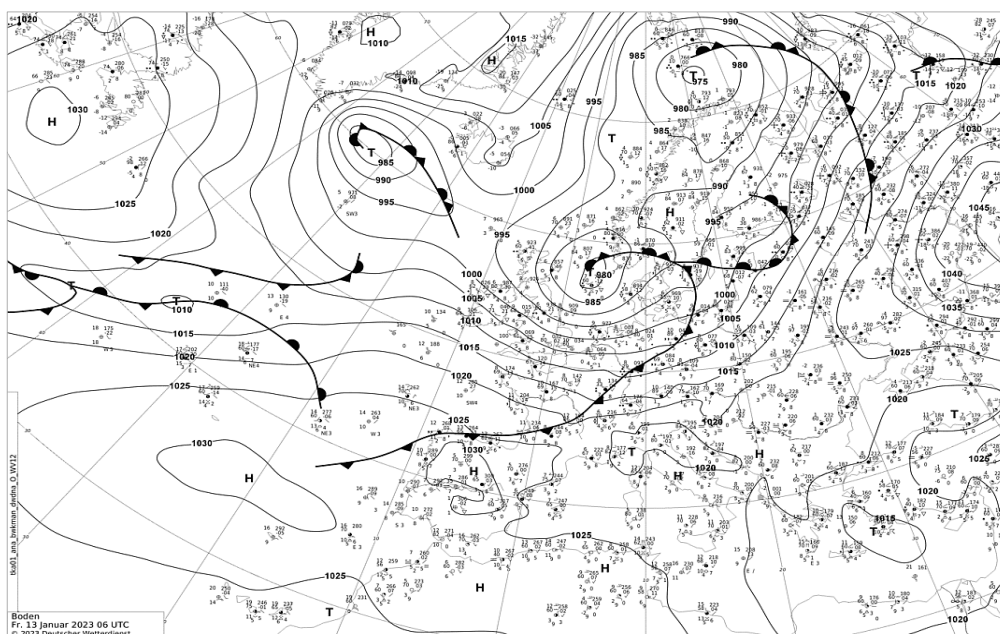


Рисунок 3.1.12 - Приземная карта за 13.01.2023 06.00 UTC

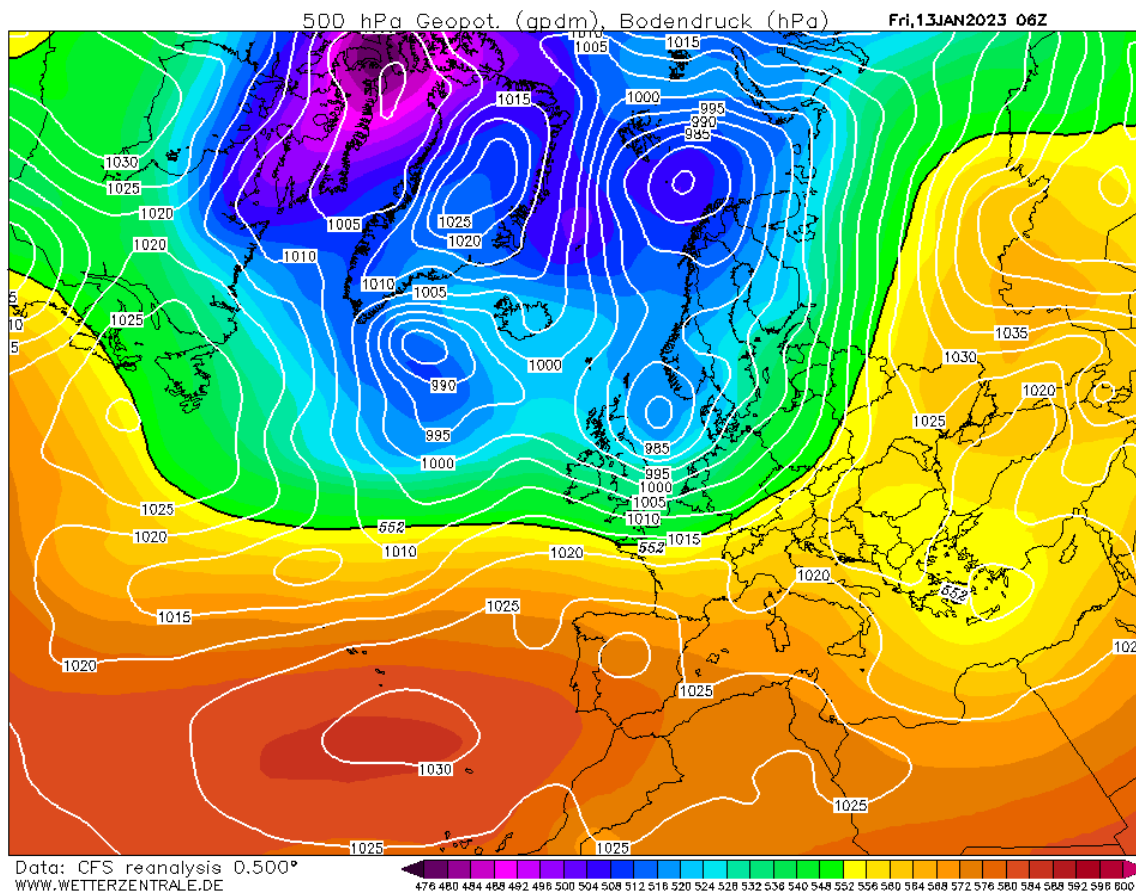


Рисунок 3.1.13 - АТ-500 за 13.01.2023 06.00 UTC

Северная и южная части Скандинавии в зоне действия двух циклонических барических образований. Первый центр в районе Северного моря, второй – в районе Норвежского моря. Давление в первом центре увеличилось на 5 гПа, во втором уменьшилось на 5 гПа. Циклоны прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данные барические образования являются средними. Северный циклон сдвинулся на восток, южный циклон сдвинулся на север. Северный циклон в стадии заполнения, южный - в стадии молодой циклон.

Центральная часть РФ в зоне действия антициклона. Антициклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данные барические образования являются средними. Антициклон малоподвижен. Находится в стадии разрушения.

Южная часть Скандинавии и северо-западная часть РФ и Европа находятся в зоне действия фронта. Фронт смещается на восток. Погода в Санкт-Петербурге определяется фронтом окклюзии. В этот день 24 рейса были перенаправлены на запасной аэродром.

3.2 Разбор типовых синоптических ситуаций по туманам

1) Обзор синоптической положения по СПб за 18.00 UTC 11.10.2018 – радиационный туман, ухудшение видимости до 1500-100 м (с 15.12 до 18.00 UTC) (рисунок 3.2.1 и 3.2.2) [4-5].

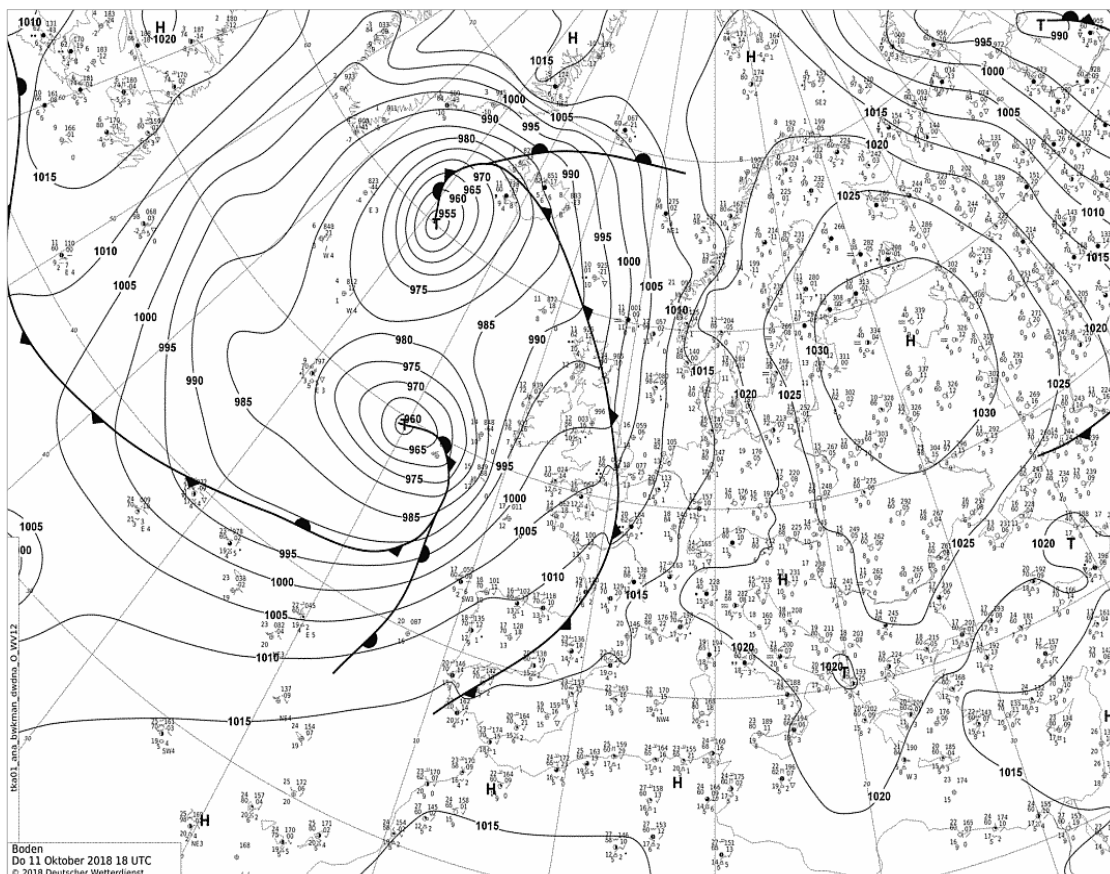


Рисунок 3.2.1 - Приземная карта за 11.10.2018 18.00 UTC

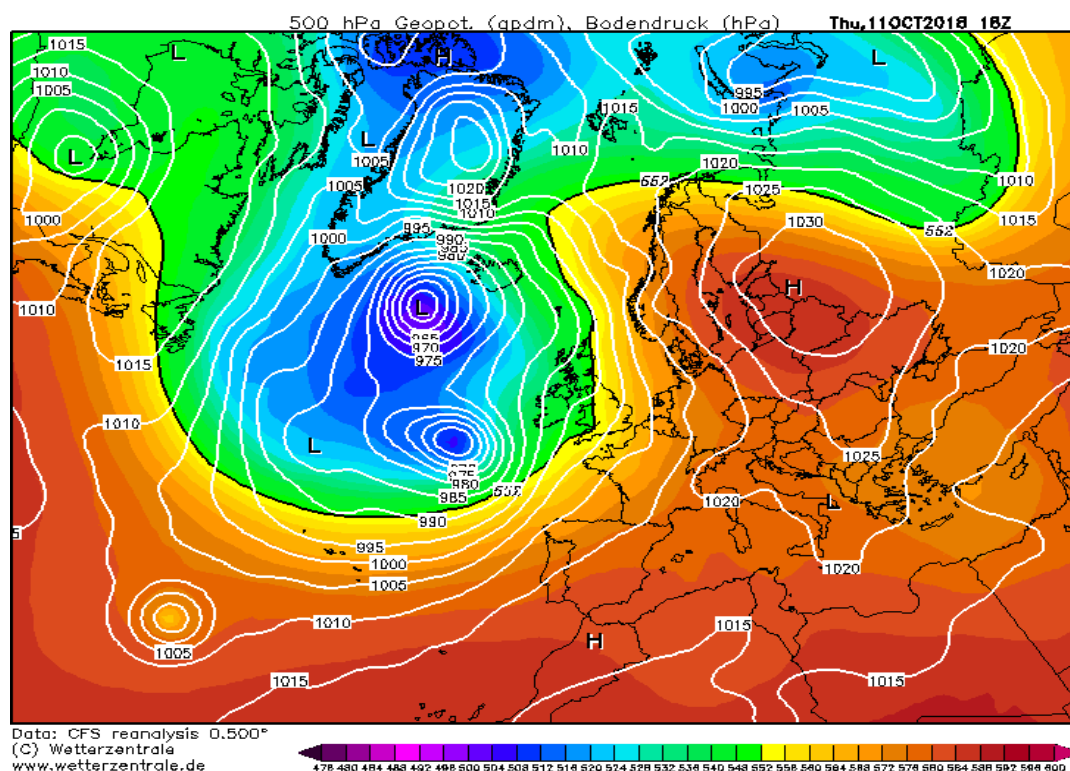


Рисунок 3.2.2 - АТ-500 за 11.10.2018 18.00 UTC

Западная часть РФ зоне действия антициклонического барического образования. Центр антициклона в районе Великого Новгорода. Давление в центре увеличилось на 3,1 гПа. Антициклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является средним. Антициклон переместился на северо-восток, антициклон в стадии молодого антициклона. Погода в Санкт-Петербурге определяется северной периферией антициклона. В этот день 4 рейса были перенаправлены на запасной аэродром.

2) Обзор синоптической положения по СПб за 18.00-00.00 UTC 06.06.2020 – фронтальный туман, ухудшение видимости до 1000-150 м (с 19.00 до 19.47 UTC) (рисунок 3.2.3 – 3.2.5) [4-5].

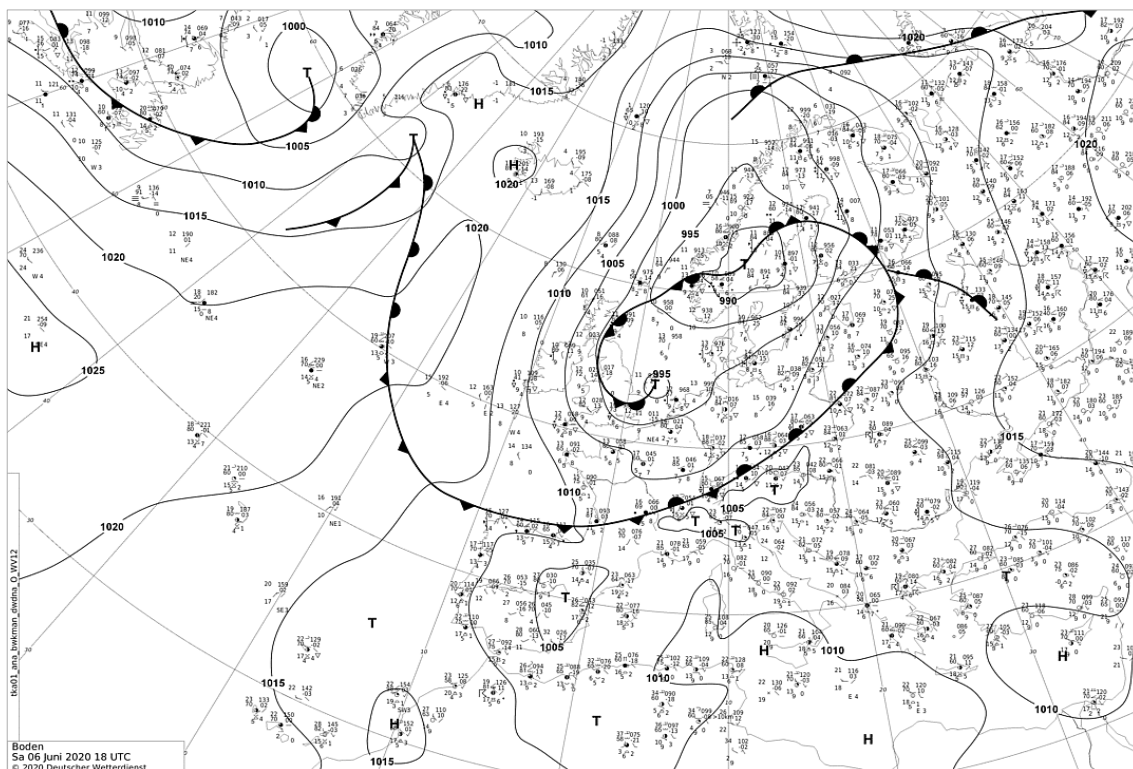


Рисунок 3.2.3 - Приземная карта за 06.06.2020 18.00 UTC

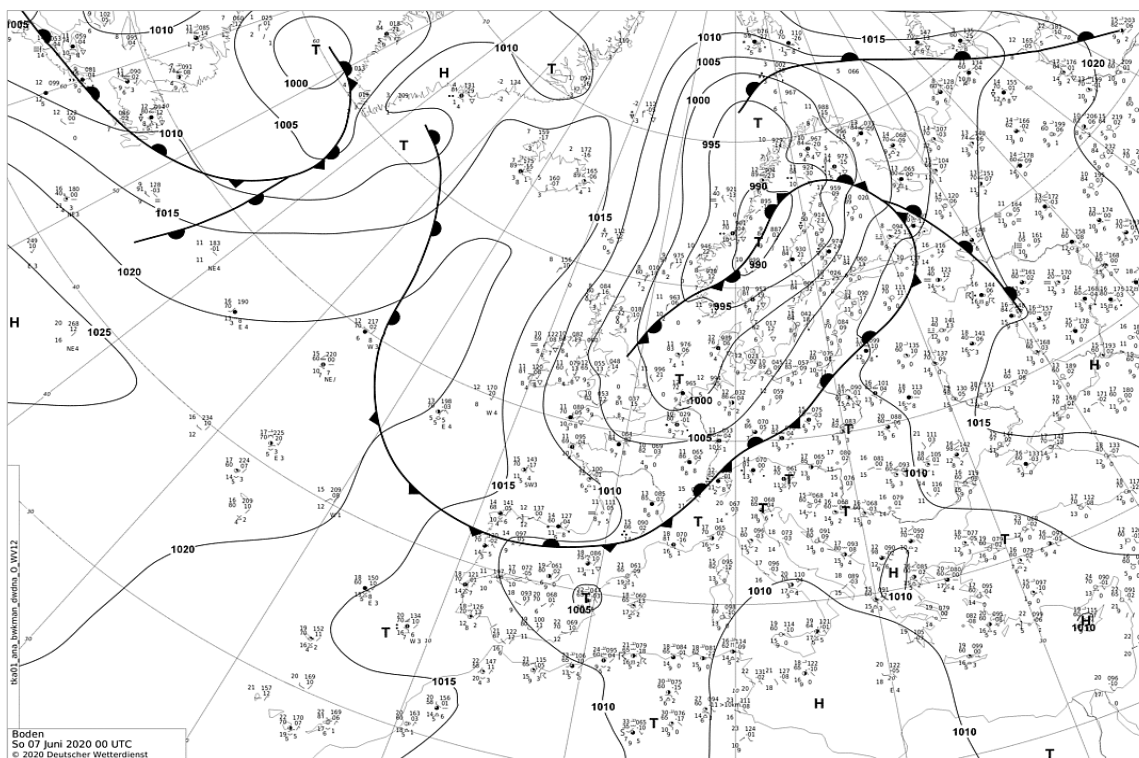


Рисунок 3.2.4 - Приземная карта за 07.06.2020 00.00 UTC

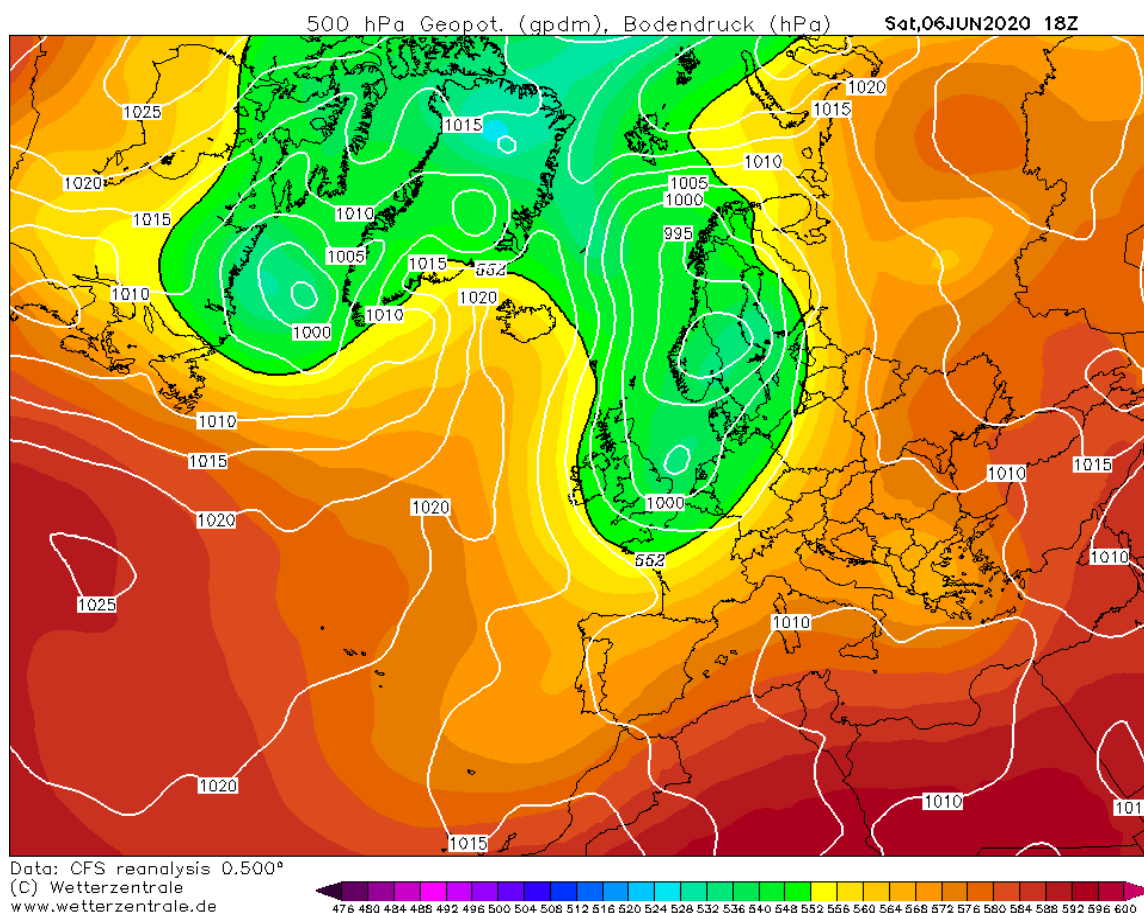


Рисунок 3.2.5 - АТ-500 за 06.06.2020 18.00 UTC

Южная часть Скандинавии в зоне действия циклонического барического образования с центром в районе г. Шиен (Норвегия). Давление в центре за 12 часов уменьшилось на 7 гПа. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является средним. Циклон переместился на юг. Циклон находился в стадии молодого циклона.

Европа, Скандинавия и северо-западная часть РФ находятся в зоне действия фронта. Фронт смещается на северо-восток. Погода в Санкт-Петербурге определяется фронтом окклюзии. В этот день 1 рейс был перенаправлен на запасной аэродром.

3) Обзор синоптической положения по СПб за 00.00 UTC 01.09.2021 – радиационный туман, ухудшение видимости до 800-150 м (с 19.30 31.08 до 10.30 01.09 UTC) (рисунок 3.2.6 и 3.2.7) [4-5].

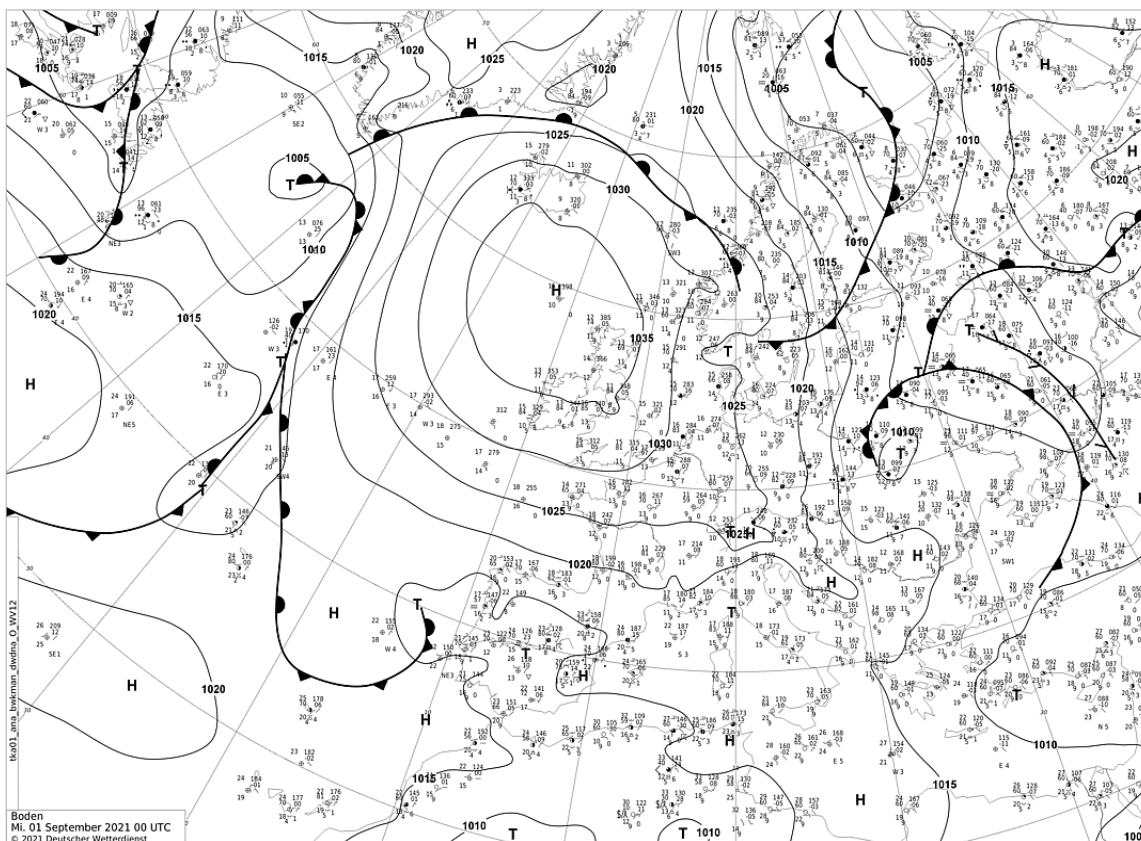


Рисунок 3.2.6 - Приземная карта за 01.09.2021 00.00 UTC

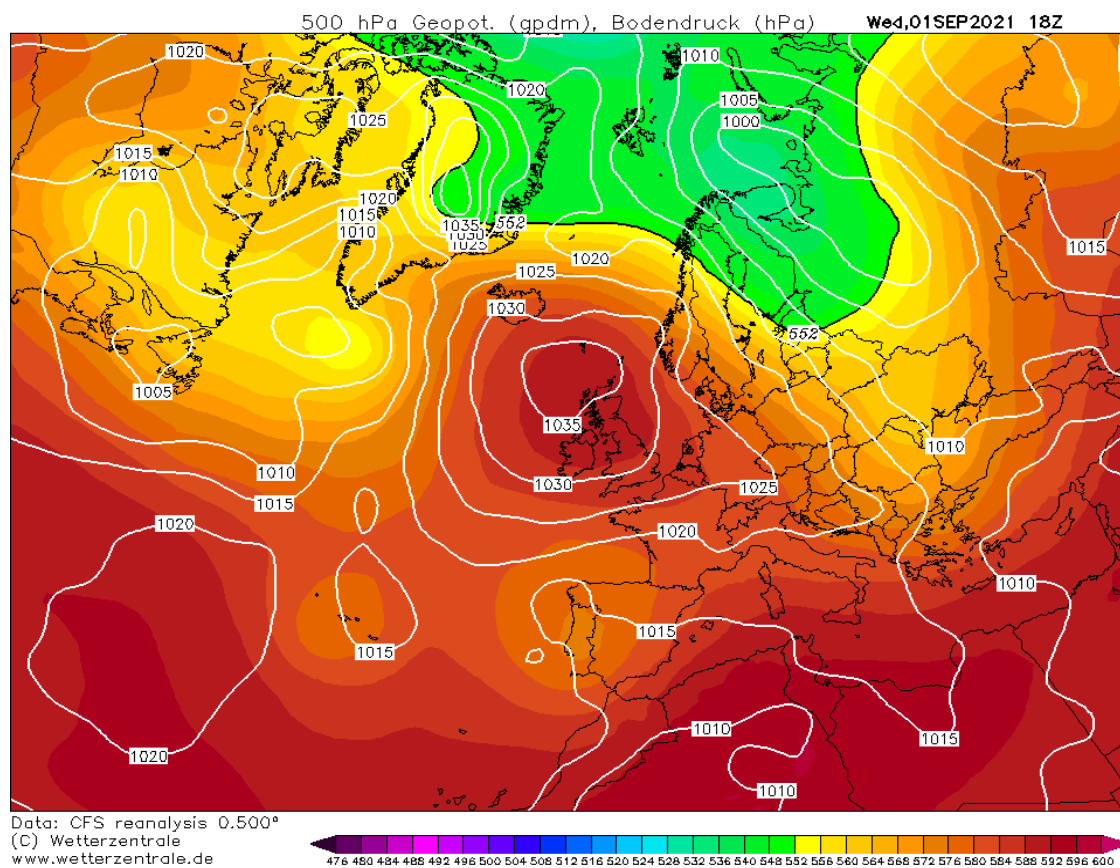


Рисунок 3.2.7 - AT-500 за 01.09.2021 00.00 UTC

Остров Стреймой и южная часть Великобритании в зоне действия антициклонического барического образования с центром в районе Мехамн. Давление в центре за 12 часов уменьшилось на 0.3 гПа. Антициклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является средним. Антициклон малоподвижен. Антициклон находился в стадии максимального развития.

Северо-западная часть РФ находится в зоне действия циклонического барического образования с центром в районе острова Стреймор. Давление в центре за 12 часов увеличилось на 1.5 гПа. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 500 гПа, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является средним. Циклон сместился на юго-запад. Циклон находился в стадии заполнения.

Северная часть РФ в зоне действия антициклонического барического образования с центром в районе Воркуты. Давление в центре за 12 часов увеличилось на 0.2 гПа. Антициклон не прослеживается на высотных картах, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является низким. Антициклон переместился на юго-запад. Антициклон находился в стадии максимального развития.

Западная часть РФ находится в зоне действия циклонического барического образования с центром в районе Великого Новгорода. Давление в центре за 12 часов уменьшилось на 2 гПа. Циклон не прослеживается на высотных картах, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является низким. Циклон сместился на северо-восток. Циклон находился в стадии волны.

Северо-западная часть РФ находится в зоне действия фронта. Фронт смещается на юго-запад. Погода в Санкт-Петербурге определяется барической седловиной. В этот день 2 рейса были перенаправлены на запасной аэродром.

4) Обзор синоптической положения по СПб за 00.00-06.00 UTC 03.07.2018 – фронтальный туман, ухудшение видимости до 1100-100м. (с 00.30 до 04.00 UTC) (рисунок 3.2.8 – 3.2.10) [4-5].

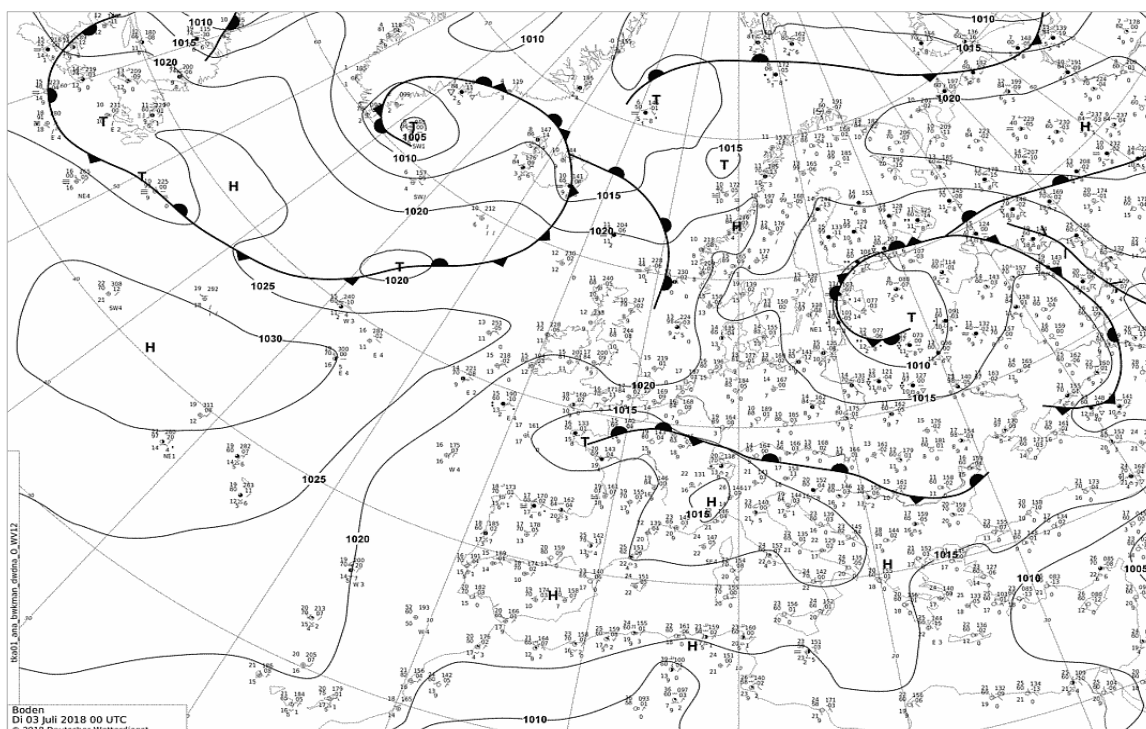


Рисунок 3.2.8 - Приземная карта за 03.07.2018 00.00 UTC

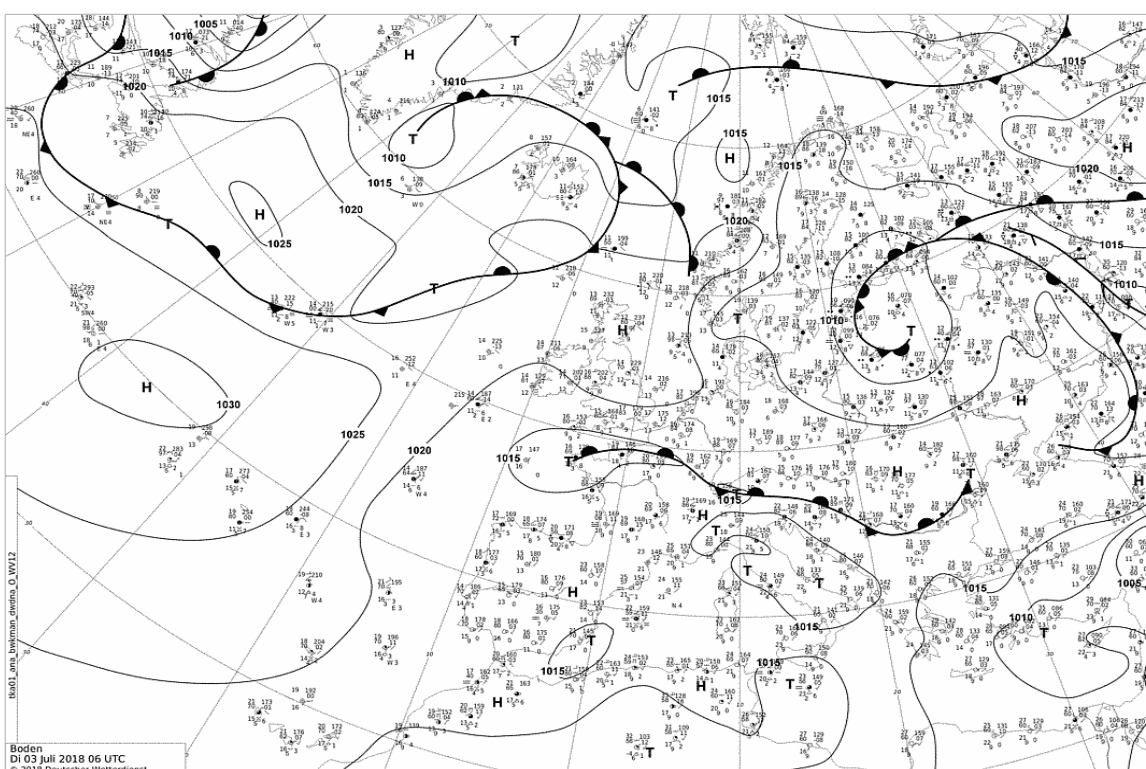


Рисунок 3.2.9 - Приземная карта за 03.07.2018 06.00 UTC

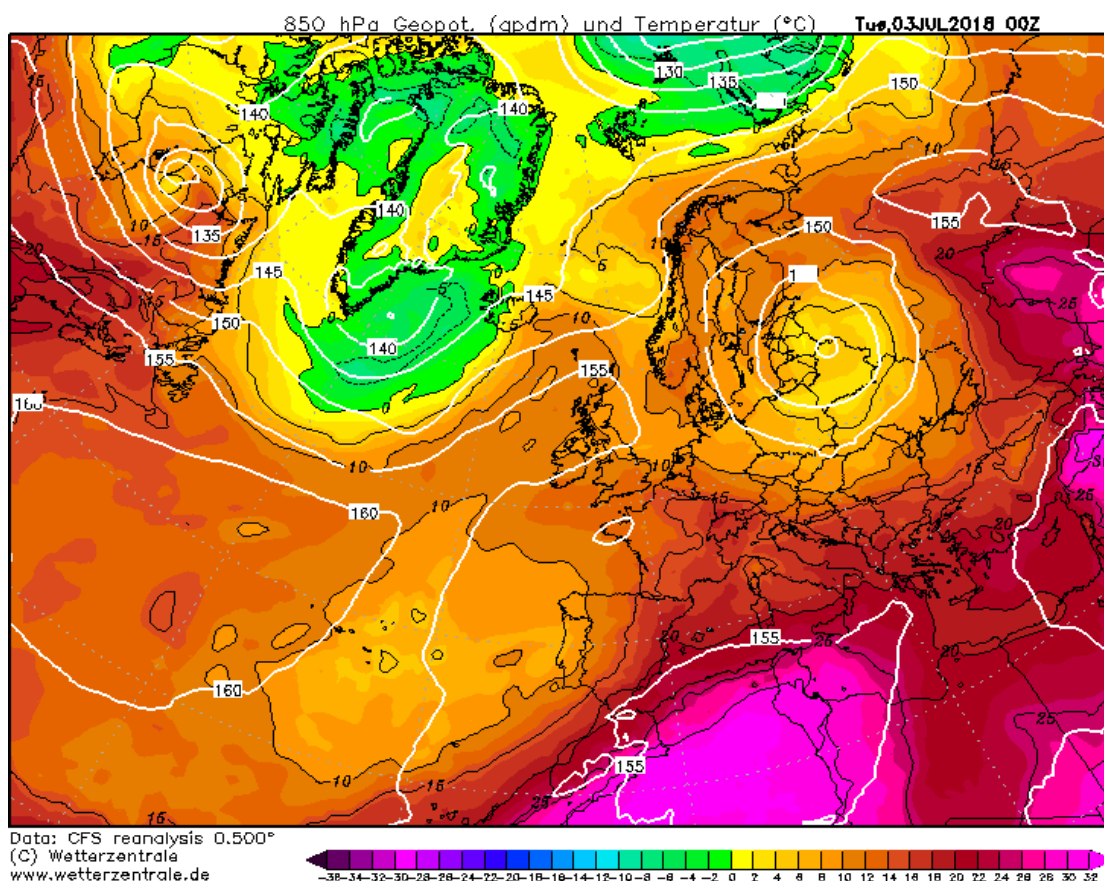


Рисунок 3.2.10 - АТ-850 за 03.07.2018 00.00 UTC

Северо-западная часть РФ находится в зоне действия циклонического барического образования с центром в районе Смоленска. Давление в центре за 12 часов увеличилось на 0.3 гПа. Циклон прослеживается до изобарической поверхности 850 гПа, из чего делаем вывод, что данное барическое образование является низким. Циклон сместился на север. Циклон находился в стадии максимального развития.

Северо-западная часть РФ находится в зоне действия фронта. Фронт малоподвижен. Погода в Санкт-Петербурге определяется северной частью циклона. В этот день 5 рейсов были перенаправлены на запасной аэродром.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безопасность движения самолётов на земле и в воздухе — это самый важный вопрос в гражданской авиации. Каждый полёт самолёта связан с метеорологическими условиями. Успешное проведение полётов возможно исключительно при точном и правильном учёте фактического состояния и ожидаемых изменений погоды. Авиационная метеорология начинается с выбора местоположения аэродрома, определения направления и требуемой длины взлётно-посадочной полосы, составления расписания полётов, содержания и формы передачи на борт информации о характеристиках приземного слоя воздуха, имеющего решающее значение для безопасности приземления самолёта, а также техническое оснащение метеорологических станций, квалифицированное обучение лётного состава для правильной оценки метеорологических условий на земле и в воздухе, чтобы с большей эффективностью выполнять поставленные задачи и обеспечивать безопасность полётов. И всё это зависит от умения руководящего состава, лётного состава и работников служб обслуживания воздушного движения правильно оценивать метеорологическую обстановку и грамотно использовать полученную метеорологическую информацию.

В результате исследования было выявлено, что за период 2018-2023 гг. было 175 воздушных судна, ушедших на запасные аэродромы. Из-за осадков, сильного ветра и гроз 149 самолетов не смогли приземлиться в Санкт-Петербурге и 26 из-за туманов.

По итогам анализа воздушные суда уходили на запасной аэродром из-за сильного ветра в 60 % случаев — 90 рейсов, из-за осадков в 37 % случаев — 54 рейса и из-за гроз в 3 % случаев — 5 рейсов. Большинство случаев ухода на запасной аэродром было при фронте окклюзии — 36 % - 54 рейса, при теплом фронте — 19 % - 28 рейсов и при передней части ложбины, также 19 % - 28 рейсов.

Меньше случаев было под влиянием центра циклона – 10 % - 15 рейсов, холодного фронта – 9 % - 13 рейсов и теплого сектора циклона – 7% - 10 рейсов.

В случаях с туманами на запасной аэродром воздушные суда уходили под влиянием периферии антициклона, – 38 % - 10 рейсов, северной части циклона – 19 % - 5 рейсов и гребня антициклона - 15 % - 4 рейса.

Меньше случаев было под влиянием фронта окклюзии – 4 % - 1 рейс, седловины – 8% - 2 рейса, тыловой части гребня – 4%, теплом секторе циклона – 8 % и под влиянием малоградиентного поля повышенного давления – 4 %.

Сильный боковой ветер наблюдался 25.12.2018 года и 11.01.2019 года. В эти дни также были осадки в виде снега. Из-за этого коэффициент сцепления был слишком низкий для посадки.

В остальные дни наблюдался ветер близкий к боковому и мог повлиять на посадку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. Учебник. — СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. - С. 339
- 2) Научная статья профессора Абдукаюмова А. [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-opasnyh-meteorologicheskikh-yavleniy-na-marshrut-poleta-vozdushnogo-sudna/viewer>
- 3) Выдержки из ФАП. [Электронный ресурс] : <https://studylib.ru/doc/2672804/minimumy-dlya-vzleta-i-posadki-vozdushnyh-sudov>
- 4) Архив синоптических карт. [Электронный ресурс]: http://www1.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html
- 5) Архивы реанализа. [Электронный ресурс]: wetterzentrale.de
- 6) Журнал АВ – 6 аэродрома Пулково с 2018 по 2023 гг.
- 7) Журнал задержек и уходов на запасной аэродром аэродрома Пулково с 2018 по 2023 гг.
- 8) [Электронный ресурс] <https://www.ogimet.com/>