



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

Кафедра метеорологических прогнозов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

На тему: «Прогноз минимального давления QNH на аэродромах Мурманск  
и Апатиты и его влияние на безопасность полётов»

Исполнитель Тулякова Ирина Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

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

Волобуева 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)

«11» февраля 2025 г.

Санкт-Петербург  
2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                   | 3  |
| 1. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В<br>АВИАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ.....                                  | 5  |
| 1.1 Атмосферное давление и его единицы измерения.....                                                           | 5  |
| 1.2 Виды атмосферного давления, используемые в авиации.....                                                     | 6  |
| 1.3 Измерение атмосферного давления на аэродромах Мурманск и<br>Апатиты.....                                    | 7  |
| 1.4 Принцип работы высотомера и использование атмосферного давления в<br>авиации.....                           | 9  |
| 2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА АМСГ МУРМАНСК.....                                                               | 11 |
| 2.1 Прогнозирование давления на АМСГ-1 Мурманск.....                                                            | 11 |
| 2.2 Климатическое описание Мурманской области (климатические<br>особенности аэродромов Мурманск и Апатиты)..... | 13 |
| 3. ПРОГНОЗ МИНИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ QNH НА АЭРОДРОМАХ<br>МУРМАНСК И АПАТИТЫ.....                                   | 16 |
| 3.1 Прогноз минимального давления QNH на аэродроме Апатиты в период с<br>апреля 2023 по март 2024 года.....     | 16 |
| 3.2 Прогноз минимального давления QNH на аэродроме Мурманск в период с<br>апреля 2023 по март 2024 года.....    | 55 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                                                 | 78 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....                                                                           | 80 |

## ВВЕДЕНИЕ

Самолет в воздухе летит «по изобаре» или эшелону. Эшелон называется условная высота, рассчитанная при стандартном давлении и отстающая от других высот на величину равных интервалов.

На эшелоне перехода происходит переход от условной к реальной высоте полёта воздушного судна, которая необходима экипажу для выдерживания высот при выполнении схемы захода на посадку, своевременного принятия решения о её возможности.

Давление QNH – давление воздуха в аэропорту, приведённое к среднему уровню моря при стандартных атмосферных условиях. В международной практике QNH используется для установки высотомера. На этапе посадки, при достижении высоты перехода, экипажи устанавливают на барометрических высотомерах давление QNH аэродрома посадки, переданное аэродромной метеорологической службой.

Малая авиация осуществляет полёты на небольших высотах, часто не достигающих высоты перехода на стандартное давление. Поэтому, для обеспечения безопасности таких полётов, экипажу передаются данные о минимальном прогнозируемом давлении QNH по маршруту. Эти данные синоптики получают в виде прогностических карт QNH мин для включения минимального давления в зональные прогнозы по районам полетной информации для обеспечения полетов малой авиации на нижних эшелонах полета.

Цель: Используя данные прогностических полей атмосферного давления QNH, полученные из численных моделей, провести анализ отклонений прогнозируемых значений от фактических данных, зафиксированных на аэродромах. На основе этого анализа определить причины расхождений между прогнозами и фактическими значениями давления. Это позволит разработать рекомендации для повышения точности прогнозов атмосферного давления на аэродромах Мурманск и

Апатиты, что является критически важным для обеспечения безопасности полётов и эффективности работы авиационной инфраструктуры.

Для выполнения оставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Создать и систематизировать данные прогностических полей минимального давления QNH, полученные из численных моделей, за период с апреля 2023 по март 2024 года.
2. Собрать данные о фактическом минимальном атмосферном давлении, зафиксированном на аэродромах Мурманск и Апатиты за тот же период (апрель 2023 – март 2024).
3. Провести сравнение прогностических значений давления QNH с фактическими данными, зафиксированными на выбранных аэродромах, определить допустимый интервал ошибок и выявить случаи значительных расхождений.
4. Исследовать метеорологические условия (синоптические ситуации), при которых наблюдаются наибольшие отклонения прогностических данных от фактических. Установить возможные типы ошибок (синоптическая ситуация, климатические особенности).

На основе анализа отклонений и выявленных причин ошибок будут разработаны рекомендации для улучшения работы численной модели, которая сейчас используется на аэродроме Мурманск, что приведет к повышению точности прогнозов минимального давления QNH в районе ответственности Мурманского МДП. Более точные прогнозы давления позволяют улучшить планирование полётов, минимизировать риски, связанные с изменением атмосферного давления, и повысить безопасность воздушного движения.

# 1. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АВИАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

## 1.1 Атмосферное давление и его единицы измерения.

Земля окружена газообразной оболочкой – атмосферой, которая оказывает давление на поверхность Земли своим весом. Атмосферное давление – это сила, действующая на горизонтальную поверхность площадью  $1 \text{ см}^2$ , которая равна весу воздушного столба, простирающегося от этой поверхности до верхних слоёв атмосферы [3].

На метеорологических станциях аэропортов России, согласно рекомендациям ИКАО, атмосферное давление указывается в гектопаскалях (гПа) или миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Чтобы перевести миллиметры ртутного столба в гектопаскали, разделите давления в миллиметрах ртутного столба на  $3/4$  или умножьте на  $4/3$  [6].

Атмосферное давление измеряется для предсказания погоды, а также для полезных целей. Одна из них – оценка высоты точки измерения над поверхностью Земли. Давление постоянно меняется как на поверхности земли, так и на высоте. Атмосферное давление всегда уменьшается с увеличением высоты над любой точкой земного шара, и обратное ни в коем случае не верно. Об этом свидетельствует основное уравнение атмосферной статики: увеличение высоты над уровнем моря всегда соответствует отрицательному увеличению давления. Давление на высоте около 5000 м составляет половину атмосферного давления у поверхности земли. Кроме того, колебания атмосферного давления являются одной из причин возникновения ветра [1].

## 1.2 Виды атмосферного давления, используемые в авиации.

При организации метеорологического обеспечения полётов, а также при анализе и оценке погодных условий используются пять показателей атмосферного давления, обозначаемых как: QFE, QNH, QNE, QFF, Рмин.прив.

Давление QFE – это атмосферное давление на уровне порога взлётно-посадочной полосы (ВПП) на текущем курсе посадки. Оно указывается в местных метеосводках, передачах ATIS и сообщается диспетчером экипажу воздушного судна перед посадкой для настройки высотомера. QFE передаётся в миллиметрах ртутного столба с округлением в меньшую сторону до целых значений. Если самолёт находится на взлётно-посадочной полосе, а высотомер установлен на давление QFE, то прибор будет показывать нулевую высоту. Авиадиспетчер передаёт это давление экипажу для корректной установки высотомера перед посадкой.

Давление QNH – давление воздуха в аэропорту, приведённое к среднему уровню моря при стандартных атмосферных условиях. Расчёт производится по барометрической формуле. Давление QNH указывается в телеграммах METAR в гектопаскалях, округленных до целых чисел после буквы «Q». В международной практике QNH используется для установки высотомера. Если самолёт находится на взлётно-посадочной полосе и шкала высотомера настроена на давление QNH, высотомер должен с достаточной точностью показывать высоту аэродрома относительно уровня моря, то есть высоту аэропорта над средним уровнем моря. Для обеспечения безопасности полётов экипажам в погоде передаётся давление воздуха не только QFE, но и QNH – зависит это от типа самолёта.

Давление QNE – атмосферное давление на уровне моря в стандартной атмосфере, равное 1013,25 гектопаскалей, которое используется в качестве высотного ориентира на основе давления при использовании эшелона в качестве указателя высоты.

Давление QFF – это барометрическое давление в данном месте, скорректированное на уровень моря, с учётом фактической температуры в момент наблюдения в качестве средней температуры.

Минимальное приведённое давление указывается в прогнозах района GAMET для полётов на малых высотах. В метеорологической практике это давление определяется по картам прогноза и приводится в гПа и мм рт. ст. [4].

### 1.3 Измерение атмосферного давления на аэродромах Мурманск и Апатиты.

На АМСГ-1 Мурманск и АМСГ-4 Апатиты атмосферное давление измеряется датчиками РТВ220 и РТВ330 соответственно. Принцип работы этих двух датчиков основан на измерении ёмкости керамического конденсатора в зависимости от изменения атмосферного давления. В барометрах серии РТВ330 применяется кремниевый ёмкостный датчик абсолютного давления BAROCAP, созданный компанией Vaisala для измерения барометрического давления. Работа цифровых барометров этой серии основан на использовании усовершенствованного RC-генератора и эталонных конденсаторов, по отношению к которым постоянно считываются данные с ёмкостного датчика давления. Микропроцессор устройства корректирует нелинейность давления и температурные погрешности [8-9].

В информационно-измерительной системе АМИС-РФ, установленной на аэродроме Мурманск и Апатиты, измерительный канал давления выполняет приведение данных, полученных от датчика, к уровню порогов взлётно-посадочной полосы (QFE), среднему уровню моря по стандартной атмосфере (QNH) и среднему уровню моря по реальной атмосфере. Кроме того, канал рассчитывает величину и форму барической тенденции. На вход канала поступают сигналы от датчика, содержащие значения

давления, соответствующие высоте установки датчика относительно среднего уровня моря. На выходе формируются следующие данные: давление, приведенное к уровню порога ВПП (QFE), давление, приведенное к среднему уровню моря по стандартной атмосфере (QNH), давление, приведенное к среднему уровню моря по реальной атмосфере (QFF), а также величина и форма барической тенденции. Приведение давления к среднему уровню моря по реальной атмосфере, производится по формуле, вытекающей из основного уравнения статики атмосферы (Лапласа). Величина барической тенденции определяется как разница между текущим значением давления и значением, зафиксированным 3 часа назад. Датчик давления, установленный на АМСГ, включает в себя датчик давления, встроенный датчик температуры и электронную схему, которая преобразует сигналы от датчиков в выходной сигнал. Датчик преобразует изменение давления в пропорциональное изменение ёмкости конденсатора, которое затем преобразуется в напряжение постоянного тока.

Давление на уровне порога взлётно-посадочной полосы (QFE) рассчитывается с точностью до десятых долей гектопаскаля (или миллиметра ртутного столба), округляется до целых чисел в меньшую сторону (десятые доли отбрасываются) и передаётся в метеорологической информации в целых значениях гектопаскаля или миллиметров ртутного столба.

Давление, приведённое к уровню моря по стандартной атмосфере (QNH), вычисляется по формуле, учитывающей изменение давления с высотой в условиях стандартной атмосферы. Полученное значение округляется также, как и QFE.

Давление, приведенное к уровню моря по реальной атмосфере, рассчитывается с использованием барометрической формулы Лапласа в соответствии с «Методическими указаниями по приведению атмосферного



давления к уровню моря и вычислению высот изобарических поверхностей на метеорологических станциях» (издание 1979 года) [5].

#### 1.4 Принцип работы высотомера и использование атмосферного давления в авиации.

Понимание закономерностей изменения атмосферного давления во времени и пространстве важно, как минимум по двум причинам: во-первых, барометрический метод является основным способом определения высоты в авиации; во-вторых, изменения погоды напрямую связаны с колебаниями атмосферного давления во времени и пространстве [4].

Альтиметр – пилотажно-навигационный прибор, указывающий высоту полёта. В российской технической терминологии принят стандартный термин «высотомер». Барометрический высотомер в самолёте основан на принципе измерения высоты по давлению. Поскольку во время полёта высота поддерживается по показаниям барометрического высотомера, то есть полёт происходит при постоянном давлении, фактически полёт осуществляется на изобарической поверхности. Однако во время полёта в реальной атмосфере, при пересечении атмосферных фронтов, циклонов, антициклонов и других барических образований, фактическая высота соответствующей изобарической поверхности при одинаковых показаниях приборов может значительно отличаться, особенно на больших высотах [3].

При снижении для выполнения захода на посадку пилот переключает шкалу барометрического высотомера со стандартного давления (760 миллиметров ртутного столба) на давление, актуальное для аэропорта (на уровне взлётно-посадочной полосы). Это переключение осуществляется в горизонтальном полёте на эшелоне перехода после получения разрешения от службы управления воздушным движением (руководителя полётов)

аэродрома на снижение до высоты полёта по кругу. Для самолётов, оснащенных автоматизированной системой захода на посадку, переключение происходит на расстоянии, соответствующем рубежу начала снижения.

Фактическое атмосферное давление на уровне взлётно-посадочной полосы (в миллиметрах ртутного столба) измеряется специалистами метеорологической службы и передаётся руководителю полётами, который сообщает его экипажу самолёта, выполняющего посадку. Ошибка в определении давления на уровне ВПП может привести к авиационным происшествиям или создать предпосылки для них. В настоящее время в большинстве стран перед взлётом высотомер настраивается на давление, приведённое к уровню моря по стандартной атмосфере (QNH), и отображает высоту над уровнем моря в стандартных атмосферных условиях. Однако вскоре после взлёта экипаж переключает высотомер на стандартное давление 760 мм. рт. ст. Высота, на которой устанавливается стандартное давление, называется высотой перехода. В России высота и эшелон перехода определяются для каждого аэродрома индивидуально, и эта информация обычно доступна через систему АТИС (служба автоматической передачи информации в районе аэродрома) [2]. Например, на аэродроме Мурманск высота перехода составляет 1800 метров, что соответствует эшелону 60 (FL060). На аэродроме Апатиты высота перехода аналогичная.

## 2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА АМСГ МУРМАНСК

### 2.1 Прогнозирование давления на АМСГ-1 Мурманск.

Необходимость прогнозирования минимального значения давления QNH появилась с внедрением новых форм метеорологического обеспечения международной аэронавигации на малых высотах, в частности, зональных прогнозов для районов полетной информации (РПИ) GAMET. В прогноз GAMET должна быть включена информация о минимальном ожидаемом значении давления (MNM QNH) в районе на период действия прогноза.

В современных условиях прогноз давления, приведенного к уровню моря по стандартной атмосфере, может рассчитываться в узлах сетки численных моделей прогноза погоды на основе прогностических полей давления GRIB. Если у синоптика нет доступа к численному прогнозу QNH по данным региональной или глобальной модели, он может самостоятельно определить его, используя тенденцию изменения давления на основе кольцевых карт, поступающих каждые 3 часа, и диагностической карты QNH за исходный срок. Например, экстраполируя тенденцию изменения давления за последние 3 часа на следующие 3, можно получить будущее значение QNH на соседней станции, сложив исходное значение QNH с измеренной тенденцией [7].

Применительно к аэродрому Мурманск: значение минимального QNH в прогнозе GAMET предоставляется на период действия прогноза по району ответственности Мурманского МДП (6 часов).

Для определения минимального значения QNH района по площадям прогнозирования (с 1 по 12, горные 1А,4А,5А,6А,9А,10А,10В,12А и морская 13М) в пределах Мурманского МДП начальник дежурной смены

использует карты минимального давления QNH, которые размещает АМЦ «Пулково» и которые обновляются 4 раза в сутки (04:25, 10:25, 16:25, 22:25 UTC).

Значения QNH MNM автоматически рассчитываются для 6-часового периода по прогностическим данным значений давления в узлах сетки, полученным в коде GRIB2, и отображаются в картографическом виде. Для включения в прогнозы GAMET выбирается наименьшее значение давления из значений, представленных на карте в пределах Мурманского МДП, для периода, соответствующего периоду прогноза GAMET [8-9].

Пример карты с прогностическими значениями давления QNH, применительно для Мурманского МДП представлен на рисунке 1.

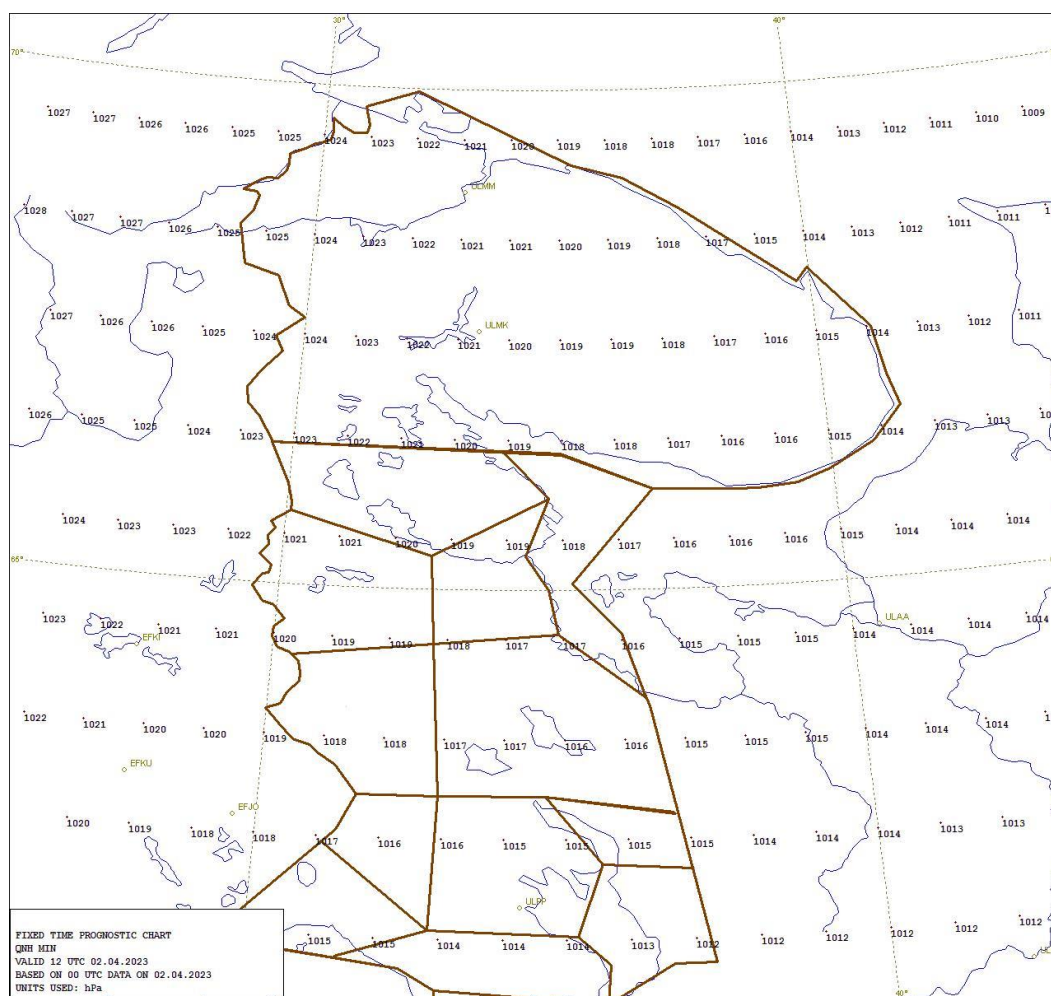


Рисунок 1 - Пример прогностической карты минимального давления применимая для Мурманского МДП

## 2.2 Климатическое описание Мурманской области (климатические особенности аэродромов Мурманск и Апатиты).

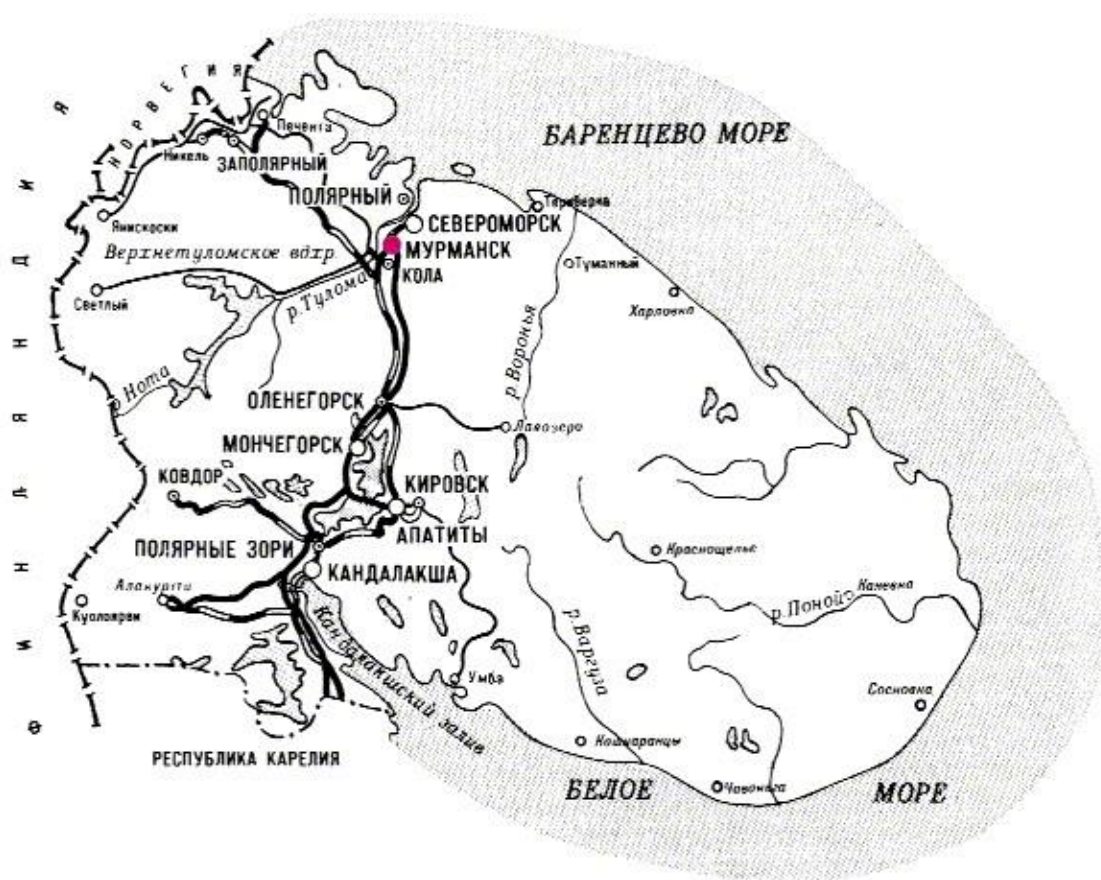


Рисунок 2 - Карта Мурманской области

Мурманская область расположена на крайнем северо-западе Российской Федерации, почти полностью за Полярным кругом. На севере область омывается Баренцевым морем, на востоке и юго-востоке – Белым, на юге граничит с республикой Карелия, на западе – с Финляндией и Норвегией. Площадь области составляет 144, 9 тыс. кв. км, население на 2024 год насчитывает 654, 1 тыс. человек. Большая часть Мурманской области расположена на Кольском полуострове.

Регион относится к Атлантико-Арктической зоне умеренного климата, где преобладают тёплые воздушные массы с Северной Атлантики и холодные – из Атлантического сектора Арктики. Для этой зоны характерно увеличение частоты циклонов в холодное время года и

антициклонов – в тёплое. Близость тёплого течения Гольфстрим приводит к аномально высоким зимним температурам воздуха, а значительные температурные контрасты между Баренцевым морем и материком в летние и зимние месяцы вызывают резкие изменения температуры при смене направления ветра. В большинстве районов ветер имеет муссонный характер. Зимой, в период наибольшей активности циклонов над Норвежским и Баренцевыми морями, преобладают южные и юго-западные ветры; летом, с увеличением частоты антициклонов, направление ветра становится менее устойчивым, но заметно преобладание восточных румбов. В Апатитах (Хибинах) на протяжении года доминируют юго-восточные ветры.

Аэродром Мурманск находится в зоне субарктического климата, который является переходным от морского к умеренно-континентальному [10].

Аэродром Апатиты находится в центральной части Кольского полуострова. Аэродром расположен в зоне субарктического климата. Его удаленность от морских побережий придаёт климату выраженную континентальность. Преобладающее направление воздушных масс – с запада на восток. Основной путь выходящих на аэродром циклонов – с запада и юго-запада.

В осенне-зимний сезон погоду на Кольском полуострове формирует активное развитие циклонической деятельности на полярном и арктическом фронтах. Южные циклоны перемещаются далеко к северу из районов Средиземного и Черного морей, а с севера на юг продвигаются так называемые «ныряющие» циклоны, зарождающиеся в районе островов Шпицберген. Проходя через район аэродром, такие циклоны создают характерные местные климатические особенности.

Летом над Арктическим бассейном устанавливается область высокого давления, что способствует увеличению антициклональной активности, которая обеспечивает устойчивую погоду. Циклоны в

основном перемещаются севернее или южнее района аэродрома с запада на восток. Лишь отдельные циклоны проходят через Кольский полуостров, вызывая ухудшения погодных условий ниже установленного минимума [11].

### 3. ПРОГНОЗ МИНИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ QNH НА АЭРОДРОМАХ МУРМАНСК И АПАТИТЫ

3.1 Прогноз минимального давления QNH на аэродроме Апатиты в период с апреля 2023 по март 2024 года.

В представленной магистерской диссертации рассмотрен процесс прогнозирования минимального давления QNH на аэродроме Апатиты, проанализированы значительные отклонения прогнозируемых значений от фактических данных и определены причины таких расхождений.

В ходе исследования с использованием архива прогностических карт минимального давления QNH были определены прогностические значения минимального давления QNH для аэродрома Апатиты. На основе архива фактических метеорологических данных (METAR ULMK) были выделены минимальные значения давления за 6-часовые промежутки. После этого была вычислена разница между прогностическими и фактическими значениями давления для оценки величины отклонений. Фрагмент рабочей таблицы, демонстрирующий полученные результаты, представлен в таблице 1.

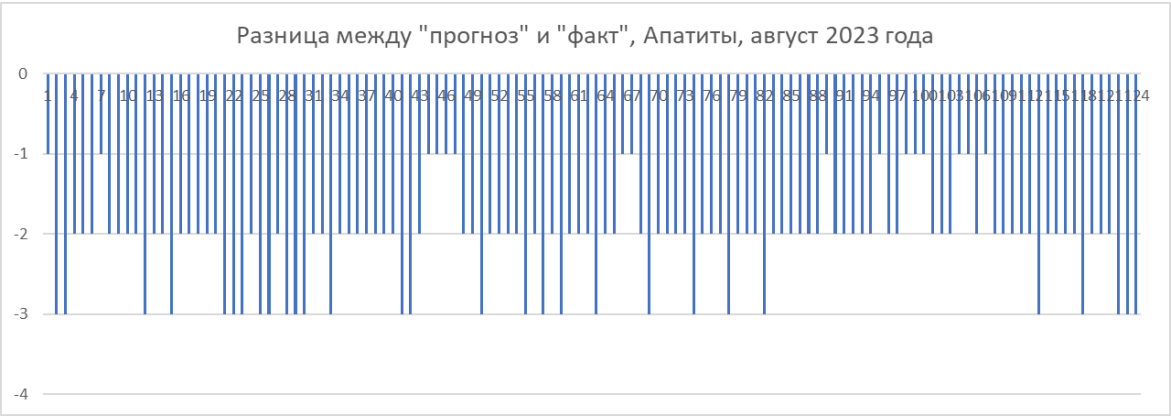
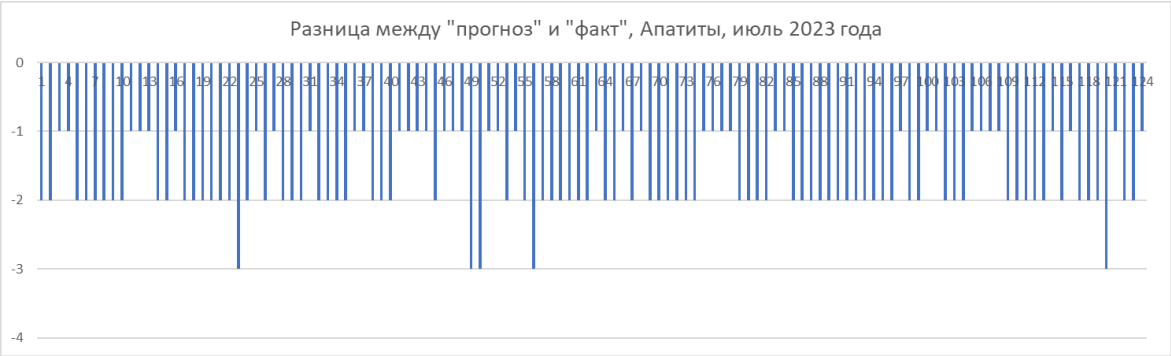
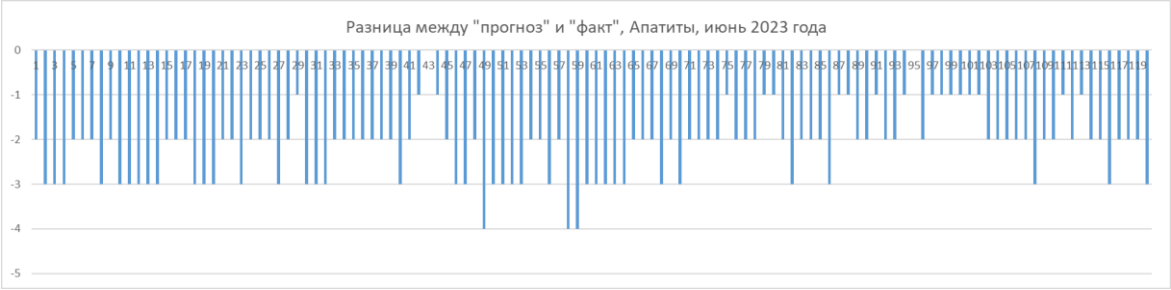


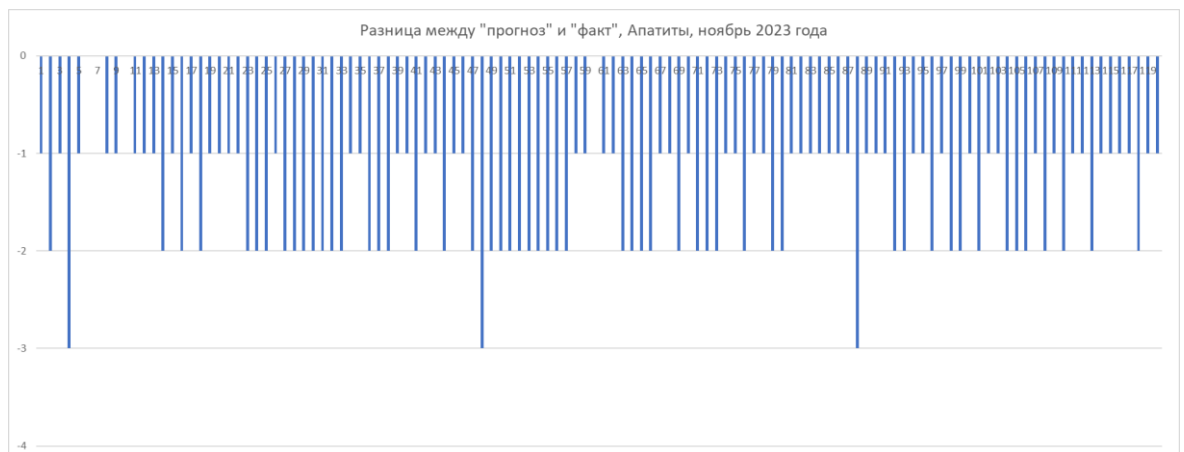
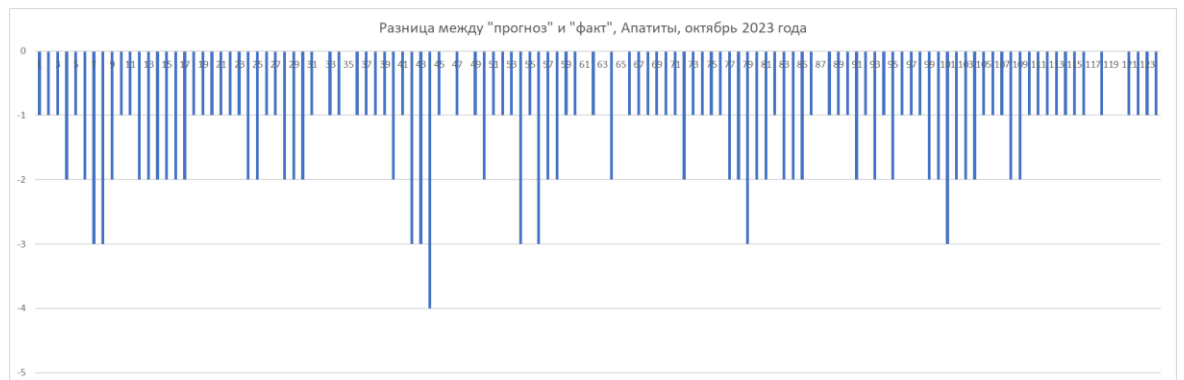
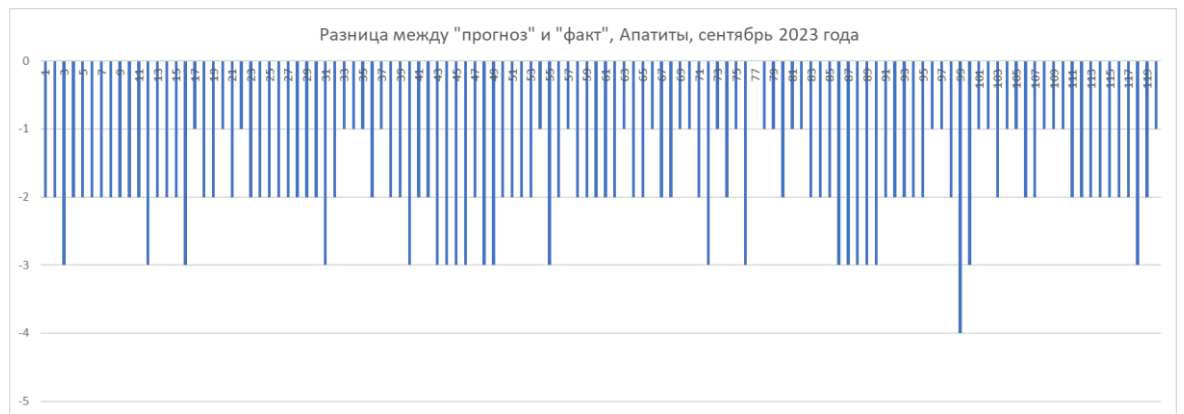
Таблица 1 - Фрагмент рабочей таблицы по аэродрому Апатиты с 2 до 7 апреля 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 02.04.2023 | 00-06 | 1014               | 1015            | -1      |
|            | 06-12 | 1021               | 1022            | -1      |
|            | 12-18 | 1026               | 1028            | -2      |
|            | 18-00 | 1030               | 1032            | -2      |
| 03.04.2023 | 00-06 | 1032               | 1034            | -2      |
|            | 06-12 | 1031               | 1033            | -2      |
|            | 12-18 | 1028               | 1030            | -2      |
|            | 18-00 | 1025               | 1028            | -3      |
| 04.04.2023 | 00-06 | 1022               | 1024            | -2      |
|            | 06-12 | 1021               | 1023            | -2      |
|            | 12-18 | 1021               | 1023            | -2      |
|            | 18-00 | 1021               | 1023            | -2      |
| 05.04.2023 | 00-06 | 1022               | 1025            | -3      |
|            | 06-12 | 1024               | 1027            | -3      |
|            | 12-18 | 1026               | 1029            | -3      |
|            | 18-00 | 1028               | 1030            | -2      |
| 06.04.2023 | 00-06 | 1028               | 1031            | -3      |
|            | 06-12 | 1028               | 1030            | -2      |
|            | 12-18 | 1027               | 1028            | -1      |
|            | 18-00 | 1026               | 1028            | -2      |
| 07.04.2023 | 00-06 | 1026               | 1028            | -2      |
|            | 06-12 | 1024               | 1026            | -2      |
|            | 12-18 | 1022               | 1024            | -2      |
|            | 18-00 | 1019               | 1021            | -2      |

В таблице 1 представлены следующие данные: в первом столбце – дата, во втором – срок прогноза, в третьем – прогностические значения давления QNH для аэродрома Апатиты, в четвертом – фактические минимальные значения давления QNH за выбранный период, в пятом – вычисленная разница между прогностическими и фактическими значениями давления.

На основе полученных табличных данных были построены гистограммы, отражающие отклонения за каждый срок для каждого месяца за выбранный период с апреля 2023 по март 2024 года. Построенные гистограммы представлены на рисунке 3.





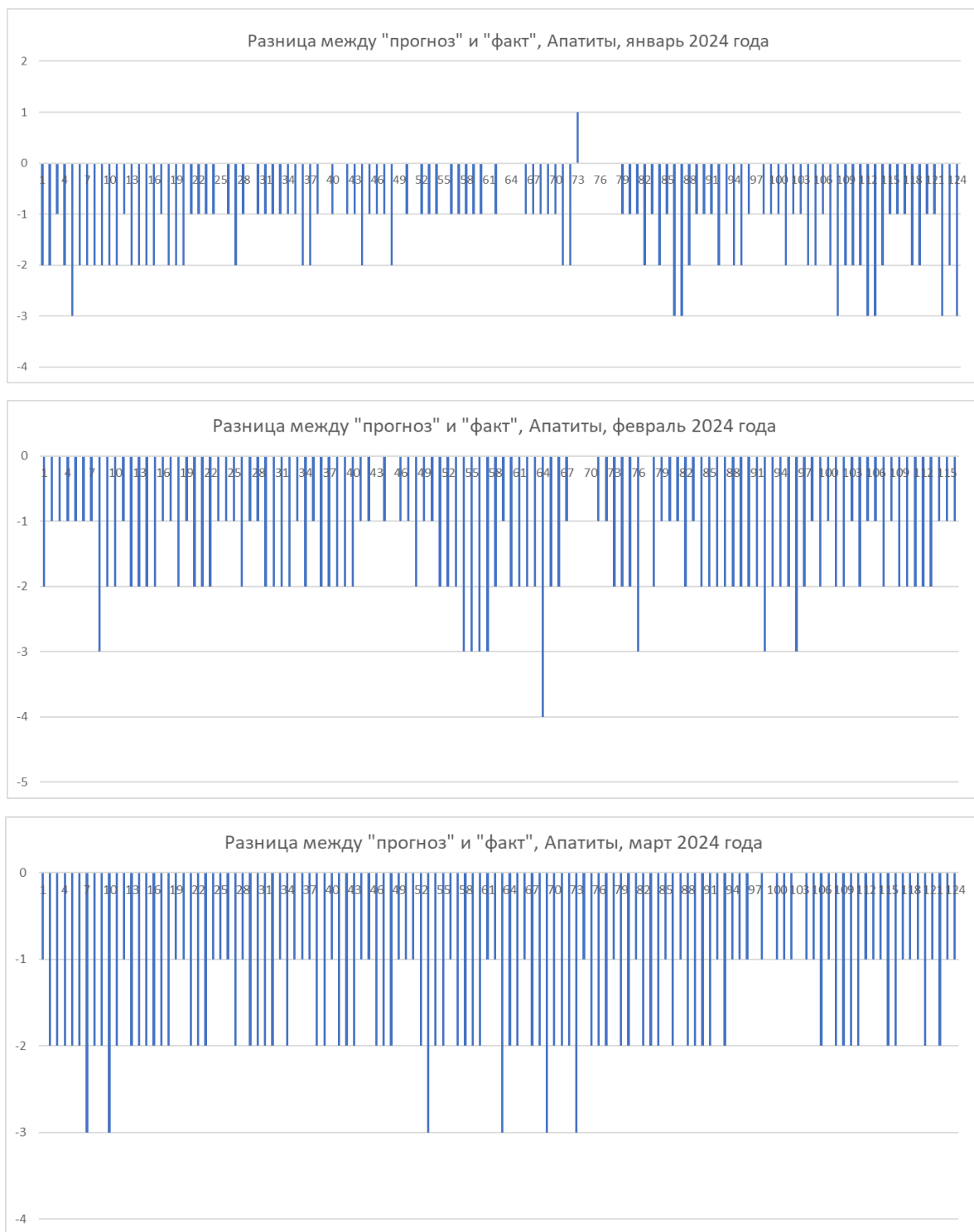


Рисунок 3 - Разница между прогностическими и фактическими значениями за каждый срок каждого месяца за период с апреля 2023 по март 2024 года для аэродрома Апатиты

Также на основе всех собранных данных была создана общая таблица с рассчитанными суммами количества отклонений за каждый месяц, а также

общая сумма каждого отклонения за год для аэродрома Апатиты. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Количество отклонений за каждый месяц выбранного периода для аэродрома Апатиты

| Месяц / Разница | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Сумма |
|-----------------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|--------|---------|------|-------|
| 1               | 0      | 0   | 0    | 0    | 0      | 0        | 0       | 0      | 1       | 1      | 0       | 0    | 2     |
| 0               | 2      | 0   | 2    | 0    | 0      | 1        | 11      | 4      | 7       | 17     | 6       | 3    | 53    |
| -1              | 14     | 8   | 18   | 41   | 16     | 29       | 67      | 60     | 58      | 58     | 41      | 47   | 457   |
| -2              | 64     | 52  | 60   | 78   | 79     | 68       | 37      | 53     | 53      | 40     | 60      | 68   | 712   |
| -3              | 40     | 55  | 37   | 5    | 29     | 21       | 8       | 3      | 4       | 8      | 8       | 6    | 224   |
| -4              | 0      | 9   | 3    | 0    | 0      | 1        | 1       | 0      | 1       | 0      | 1       | 0    | 16    |

На основе таблицы 2 была построена диаграмма распределения отклонений за год для аэродрома Апатиты. Полученная диаграмма представлена на рисунке 4.

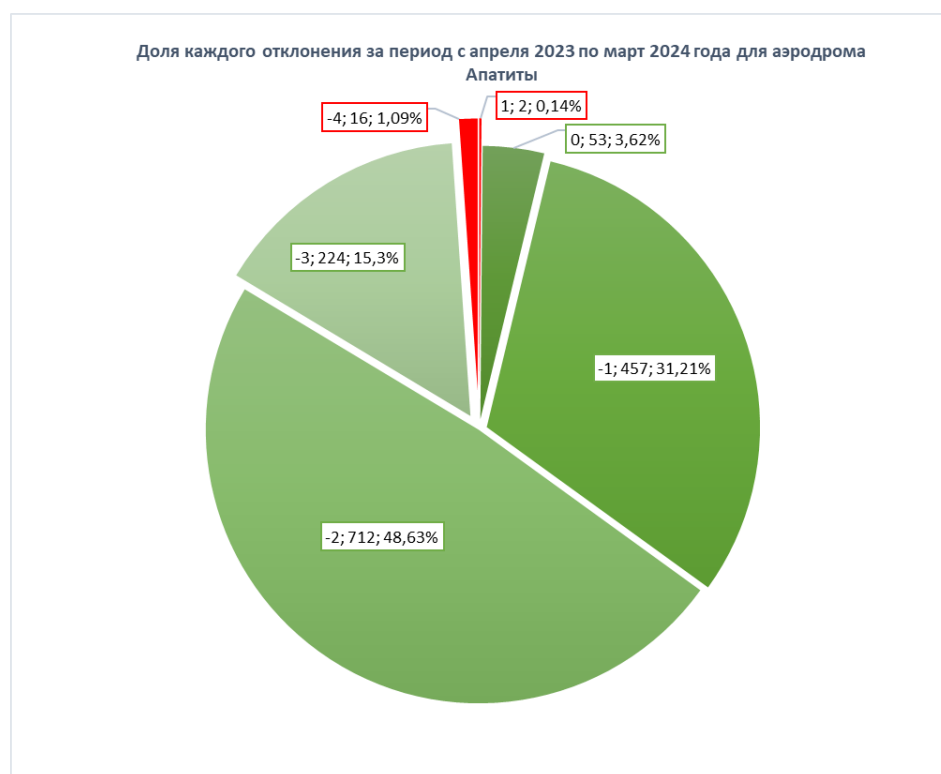


Рисунок 4. Распределение количества отклонений для аэродрома Апатиты.

Для аэродрома Апатиты были определены критические значения отклонений: положительные отклонения (когда фактическое давление оказалось ниже прогнозируемого – неоправдавшийся прогноз) и отрицательные отклонения, равные -4 гПа и ниже (сильно перестраховочный прогноз). В ходе анализа на аэродроме Апатиты было зафиксировано 11 случаев значительных отклонений. Каждый из этих случаев будет рассмотрен отдельно с целью выявления синоптических ситуаций, в которых наиболее часто наблюдались сильные отклонения или неоправдавшиеся прогнозы.

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 12 мая 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 3 можно заметить, что 12 мая 2023 года прогностические карты указывали на повышение минимального давления QNH на аэродроме Апатиты на 3 гПа в период с 12 до 18 UTC. Однако фактически давление увеличилось на 5 гПа, что привело к разнице между прогнозом и фактическими данными в -4 гПа. Такое отклонение характеризуется как сильно перестраховочный прогноз минимального давления QNH для аэродрома.

Таблица 3 - Фрагмент рабочей таблицы за 12 мая 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 12.05.2023 | 00-06 | 1011               | 1013            | -2      |
|            | 06-12 | 1011               | 1013            | -2      |
|            | 12-18 | 1014               | 1018            | -4      |
|            | 18-00 | 1018               | 1021            | -3      |

На кольцевой карте погоды, представленной на рисунке 5, наблюдается прохождение холодного фронта через Кольский полуостров, который постепенно размывается в области гребня антициклона,

расположенного в Северном море у побережья Великобритании. Ложбина, связанная с этим фронтом, имеет центр между Архангельском и Воркутой. Она перемещалась из Баренцева моря в сторону материка, двигаясь по траектории юго-юго-восток. Фронтальная система в этой ложбине начала приобретать волнообразную структуру, так как ложбина стала растягиваться. В результате на Кольский полуостров, включая аэродром Апатиты, пришлось прохождение холодного фронта.

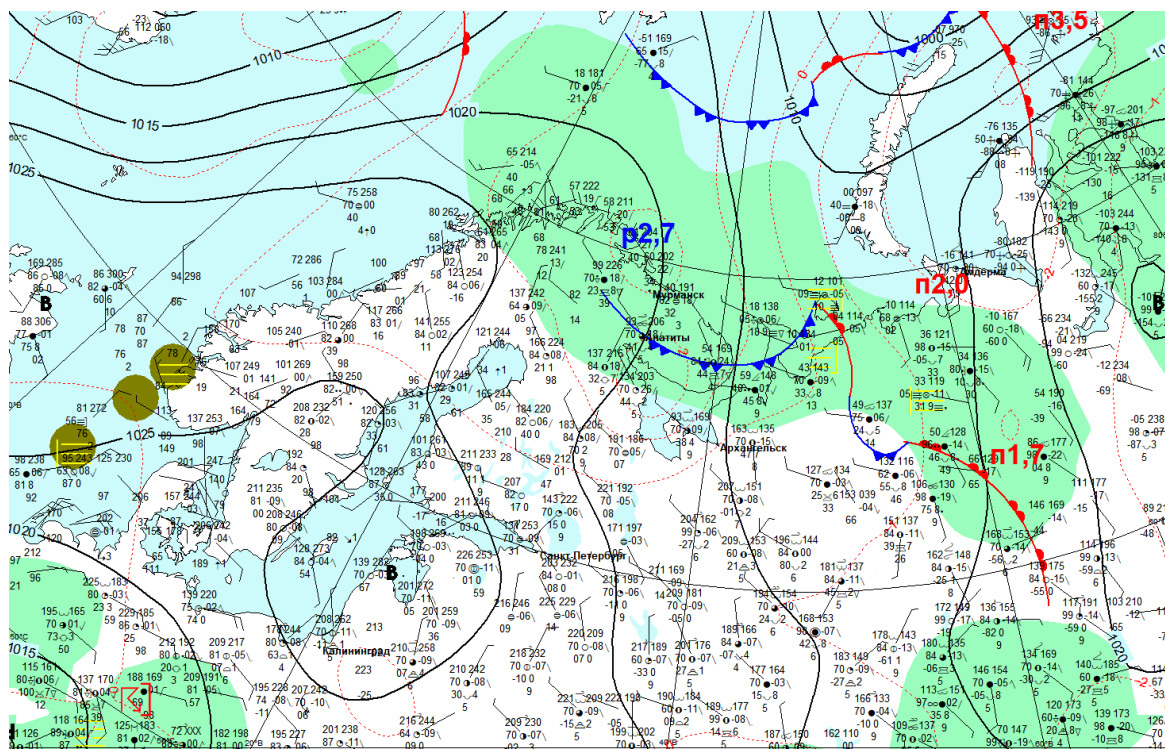


Рисунок 5 - Кольцевая карта погоды за 15 UTC 12 мая 2023 года

Согласно фактическим метеорологическим данным, ливневые осадки отсутствовали, однако было отмечено усиление северного и северо-западного направлений.

Сводки фактической погоды за период с 12 до 18 UTC 12 мая 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 121200Z 32008MPS 9999 SCT029CB BKN050 09/04 Q1018  
R29/090060 NOSIG RMK QFE750=

METAR ULMK 121300Z 34009MPS 9999 SCT025CB BKN050 09/04 Q1018  
R29/090060 NOSIG RMK QFE750=

METAR ULMK 121400Z 33009MPS 9999 SCT025CB BKN050 08/04 Q1019  
R29/090060 NOSIG RMK QFE751=

METAR ULMK 121500Z AUTO 33009MPS 9999 ///030 08/04 Q1019 RMK  
QFE750=

METAR ULMK 121600Z AUTO 36005G11MPS 9999 ///033 09/03 Q1020  
RMK QFE751=

METAR ULMK 121700Z AUTO 31003MPS 9999 ///036 08/04 Q1021 RMK  
QFE752=

METAR ULMK 121800Z AUTO 33004MPS 9999 ///050 07/04 Q1021 RMK  
QFE752=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 16 и 17 мая 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в эти дни.

По данным из таблицы 4 можно заметить, что согласно прогностическим картам, ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты снизится на 9 гПа в период с 12 UTC 16 мая до 12 UTC 17 мая 2023 года. Однако фактически давление понизилось только на 6 гПа, что привело к разнице между прогнозом и фактическими данными на -4 гПа. Такое отклонение указывает на сильно перестраховочный прогноз минимального давления QNH для аэродрома.



Таблица 4 - Фрагмент рабочей таблицы за 16 и 17 мая 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 16.05.2023 | 00-06 | 1012               | 1014            | -2      |
|            | 06-12 | 1012               | 1013            | -1      |
|            | 12-18 | 1011               | 1012            | -1      |
|            | 18-00 | 1008               | 1011            | -3      |
| 17.05.2023 | 00-06 | 1005               | 1009            | -4      |
|            | 06-12 | 1003               | 1007            | -4      |
|            | 12-18 | 1002               | 1006            | -4      |
|            | 18-00 | 1003               | 1006            | -3      |

Анализ кольцевой карты, представленной на рисунке 6, показывает, что в течение суток (с 12 UTC 16 мая до 12 UTC 17 мая 2023 года) к Кольскому полуострову приближался циклон с юго-запада, который сформировался из глубокой ложбины. Впоследствии центр этого циклона оказался в районе города Калининград. Кольцевая карта за 06 UTC 17 мая 2023 года представлена на рисунке 6.

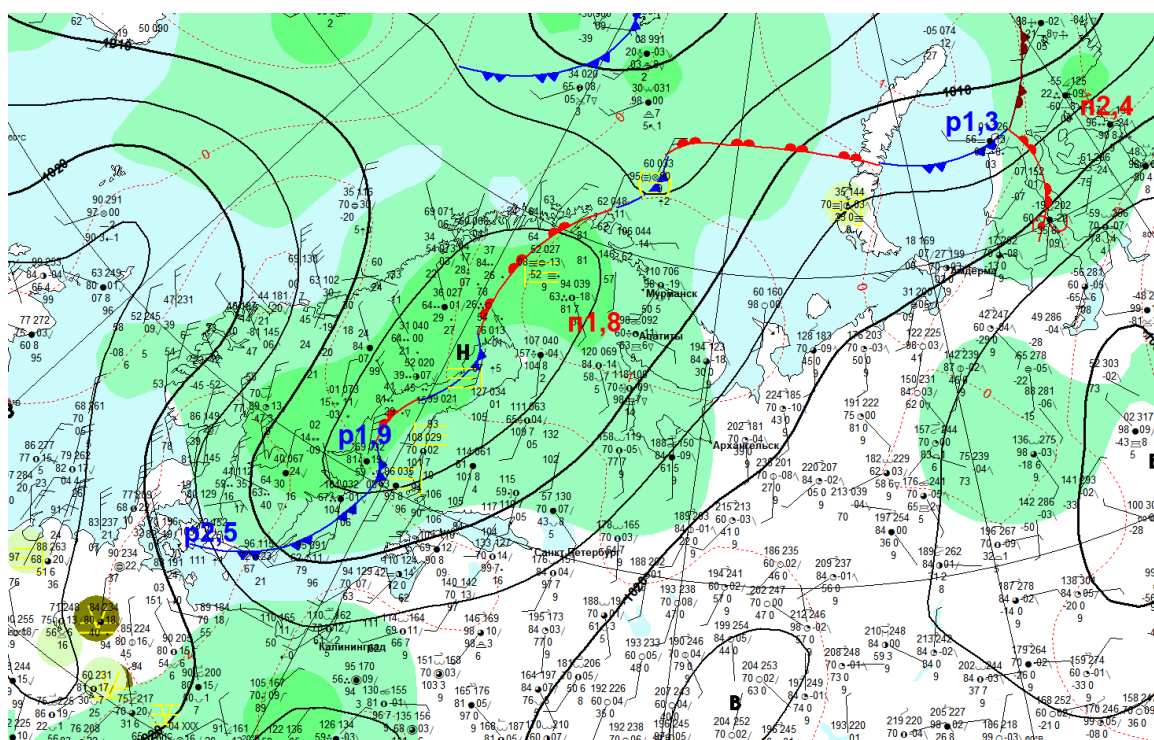


Рисунок 6 - Кольцевая карта за 06 UTC 17 мая 2023 года

16 мая 2023 года над Кольским полуостровом наблюдался антициклональный изгиб изобар, при этом центр антициклона располагался над Ханты-Мансийском. Погода на полуострове формировалась под влиянием западной периферии этого антициклона. Данные с аэродрома подтверждают, что основное воздействие на погоду оказывала именно периферия антициклона, а не ложбина циклона, который смещался с северо-запада от Калининграда в сторону Кольского полуострова.

Сводки фактической погоды за период с 12 до 21 UTC 16 мая 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 161200Z 23004MPS 9999 NSC 21/03 Q1013 R29/090060  
NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMK 161300Z 24005MPS 9999 FEW050 21/03 Q1013 R29/090060  
NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMK 161400Z 25005MPS 9999 FEW050 20/03 Q1013 R29/090060  
NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMK 161500Z 21004MPS 9999 FEW050 20/06 Q1012 R29/090060  
NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMK 161600Z 21005MPS 9999 FEW050 20/04 Q1012 R29/090060  
NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMK 161700Z 19003MPS 9999 FEW050 19/05 Q1012 R29/090060  
NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMK 161800Z 15003MPS 9999 NSC 17/06 Q1013 R11/090060  
NOSIG RMK QFE745=

METAR ULMK 161900Z 15003MPS 9999 NSC 15/07 Q1012 R11/090060  
NOSIG RMK QFE745=

METAR ULMK 162000Z AUTO 13002MPS 9999 NCD 14/06 Q1012 RMK  
QFE745=

METAR ULMK 162100Z AUTO 10003MPS 9999 NCD 12/06 Q1012 RMK QFE745=

17 мая 2023 года на аэродром Апатиты начало оказывать влияние ложбина циклона, приближающегося со стороны Калининграда в направлении Кольского полуострова. К 12 UTC центр циклона уже находился над городом Кеми (Финляндия). Фактические погодные условия на аэродроме подтверждают это: отмечались незначительные осадки и увеличение облачности.

Сводки фактической погоды за период с 06 до 15 UTC 17 мая 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 170600Z 09002MPS 9999 -RA BKN057 09/07 Q1009 R11/190060 NOSIG RMK QFE742=

METAR ULMK 170700Z 14004MPS 9999 BKN050 10/07 Q1009 R11/190060 NOSIG RMK QFE742=

METAR ULMK 170800Z 12004MPS 9999 -SHRA SCT033CB BKN055 10/09 Q1008 R11/190060 NOSIG RMK QFE742=

METAR ULMK 170900Z 17005MPS 9999 SCT022CB BKN049 12/09 Q1007 R11/190060 NOSIG RMK QFE741=

METAR ULMK 171000Z 21005MPS 9999 BKN020CB BKN046 13/09 Q1007 R11/190060 NOSIG RMK QFE741=

METAR ULMK 171100Z 21006MPS 9999 BKN026CB 14/09 Q1007 R11/090060 NOSIG RMK QFE741=

METAR ULMK 171200Z 21005MPS 9999 BKN028CB 14/09 Q1007 R11/090060 NOSIG RMK QFE741=

METAR ULMK 171300Z 22006MPS 9999 BKN030CB 14/09 Q1007 R11/090060 NOSIG RMK QFE741=

METAR ULMK 171400Z 21004MPS 9999 BKN030CB 14/09 Q1007 R11/090060 NOSIG RMK QFE741=

METAR ULMK 171500Z 21004MPS 9999 SCT027CB BKN049 14/09 Q1007  
R11/090060 NOSIG RMK QFE741=

Фронтальная система не пересекала Кольский полуостров и не оказывала воздействия на аэродром Апатиты. Она соединяла центр циклона, расположенный над городом Кеми (Финляндия), с другой ложбиной этого же циклона в Баренцевом море, проходя западнее полуострова.

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 23 и 24 мая 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в эти дни.

По данным из таблицы 5 можно заметить, что согласно прогностическим картам, ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты снизится на 2 гПа в период с 12 UTC 23 мая до 00 UTC 24 мая 2023 года. Однако фактически давление осталось практически неизменным (1014 гПа). В дальнейшем прогностические и фактические значения давления изменялись синхронно, но изначальная разница между ними сохранялась на уровне -4 гПа, что указывает на сильно перестраховочный прогноз минимального давления QNH для аэродрома.

Таблица 5 - Фрагмент рабочей таблицы за 23 и 24 мая 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 23.05.2023 | 00-06 | 1017               | 1019            | -2      |
|            | 06-12 | 1014               | 1017            | -3      |
|            | 12-18 | 1012               | 1014            | -2      |
|            | 18-00 | 1010               | 1014            | -4      |
| 24.05.2023 | 00-06 | 1008               | 1012            | -4      |
|            | 06-12 | 1005               | 1009            | -4      |
|            | 12-18 | 1005               | 1007            | -2      |
|            | 18-00 | 1004               | 1007            | -3      |

По кольцевой карте, представленной на рисунке 7, мы можем увидеть, что в течение суток (от 12 UTC 23 мая до 12 UTC 24 мая 2023 года) погода Кольского полуострова определялась ложбиной циклона с центром в том же городе Кеми (Финляндия), но со временем центр сместился в Баренцево море. Фронтальных систем через аэродром Апатиты не проходило. Фронтальная система соединяла центр циклона (Кеми, Финляндия) и другую ложбину этого же циклона в Баренцевом море, а значит проходила западнее полуострова.

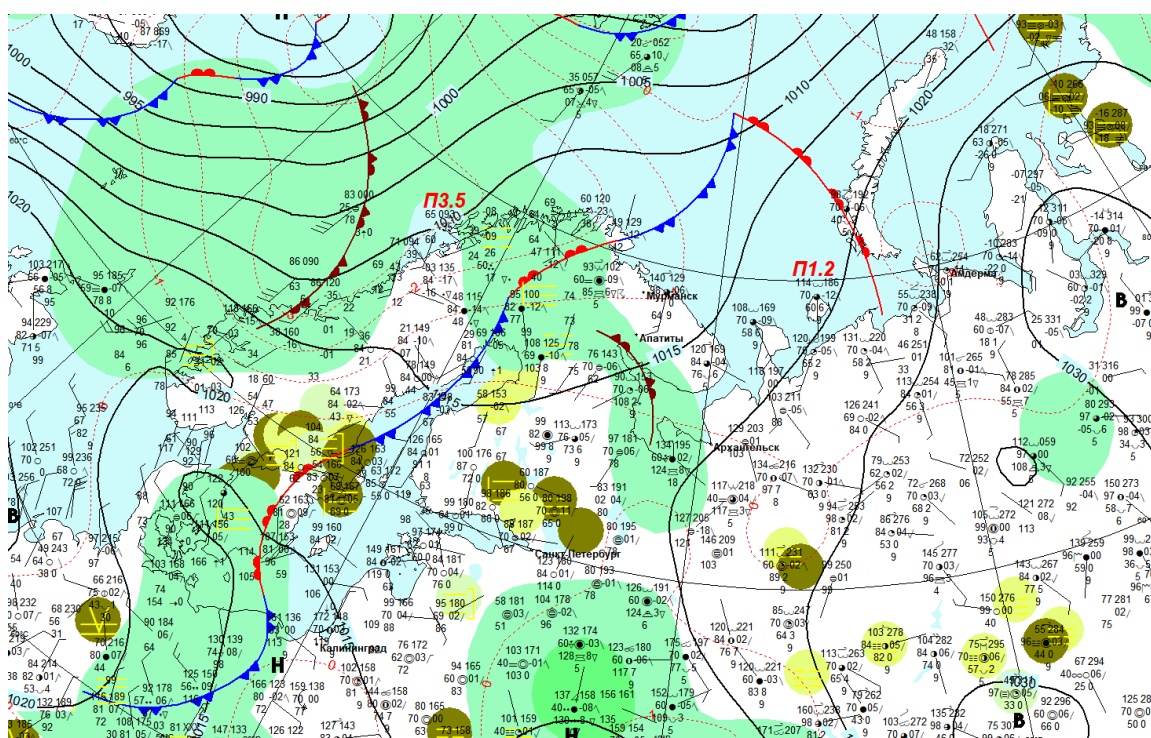


Рисунок 7 - Кольцевая карта за 00 UTC 24 мая 2023 года

С 12 UTC 23 мая 2023 года ожидалось прохождение фронта окклюзии через полуостров и по прогностическим картам минимального давления ожидалось соответствующее понижение давления, но по фактическим данным на аэродроме давление существенно не изменилось и составило 1014 гПа. Сводки METAR на аэродроме Апатиты отмечали небольшие ливневые осадки и усиление Ю-ЮЗ ветра, но облачность оставалась неизменно высокой.

Сводки фактической погоды за период с 12 до 21 UTC 23 мая 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 231200Z 20007MPS 9999 BKN041 20/09 Q1016

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 231300Z 21006MPS 9999 BKN048 21/08 Q1016

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 231400Z 17007G12MPS 9999 BKN048 19/11 Q1015

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=

METAR ULMK 231500Z 19006MPS 9999 BKN048 19/10 Q1015

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=

METAR ULMK 231600Z 17006MPS 9999 BKN048 18/09 Q1015

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=

METAR ULMK 231700Z 17004MPS 9999 BKN048 18/09 Q1015

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=

METAR ULMK 231800Z 20003MPS 9999 -SHRA BKN030CB 17/09 Q1014

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=

METAR ULMK 231900Z 20003MPS 9999 -SHRA BKN025CB 15/10 Q1014

R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=

METAR ULMK 232000Z AUTO 12002MPS 9999 -DZ NCD 13/11 Q1014

RMK QFE746=

METAR ULMK 232100Z AUTO 12002MPS 9999 ///066 12/11 Q1014 RMK

QFE746=

24 мая 2023 года центр циклона переместился в северном направлении в Северный Ледовитый океан и над Кольским полуостровом погоду определяла ложбина циклона, центр которого располагался в Гренландском море между о. Исландия и о-вами Шпицберген. По сводкам фактической погоды METAR на аэродроме Апатиты наблюдались незначительные осадки и увеличение облачности. А также отмечалось усиление ветра юго-западного направления.

Сводки фактической погоды за период с 03 до 12 UTC 24 мая 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 240300Z AUTO 13002MPS 9000 -RA ///044 10/10 Q1013  
RMK QFE745=

METAR ULMK 240400Z AUTO 13002MPS 9999 -RA ///004 11/11 Q1012  
RMK OBST OBSC QFE745=

METAR ULMK 240500Z AUTO 14002MPS 9999 ///008 13/13 Q1012 RMK  
OBST OBSC QFE745=

METAR ULMK 240600Z 22003MPS 170V280 9999 FEW032 15/09 Q1011  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE745=

METAR ULMK 240700Z 23005MPS 9999 SCT036CB 15/09 Q1011  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE745=

METAR ULMK 240800Z 22005MPS 9999 SCT041CB 17/07 Q1010  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE745=

METAR ULMK 240900Z 21004MPS 9999 SCT050CB 18/08 Q1010  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE744=

METAR ULMK 241000Z 23006MPS 9999 SCT050CB 19/09 Q1010  
R29/CLRD70 TEMPO 25009G16MPS -TSRA RMK QFE744=

METAR ULMK 241100Z 23005MPS 9999 SCT050CB 19/08 Q1009  
R29/CLRD70 TEMPO 25009G16MPS -TSRA RMK QFE744=

METAR ULMK 241200Z 21006G11MPS 9999 SCT045CB 20/08 Q1009  
R29/CLRD70 TEMPO 25009G16MPS -TSRA RMK QFE743=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 28 мая 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 6 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 11 гПа в период с 00 UTC 28 мая до 00 UTC 29 мая 2023 года,

а оно понизилось на 9 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 6 - Фрагмент рабочей таблицы за 28 мая 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 28.05.2023 | 00-06 | 1011               | 1015            | -4      |
|            | 06-12 | 1008               | 1011            | -3      |
|            | 12-18 | 1006               | 1009            | -3      |
|            | 18-00 | 1002               | 1006            | -4      |

По кольцевой карте, представленной на рисунке 8, мы можем увидеть, что в течение суток (от 00 UTC 28 мая до 00 UTC 29 мая 2023 года) погоду Кольского полуострова определял фронт окклюзии, который смещался с запада на восток. Центр циклона, с которым связан этот фронт, располагался на севере Норвегии. По фактической погоде на аэродроме Апатиты нельзя сказать о приближении фронта: облачность высокая и незначительная, осадков нет, но усиление ветра юго-западного направления присутствует.



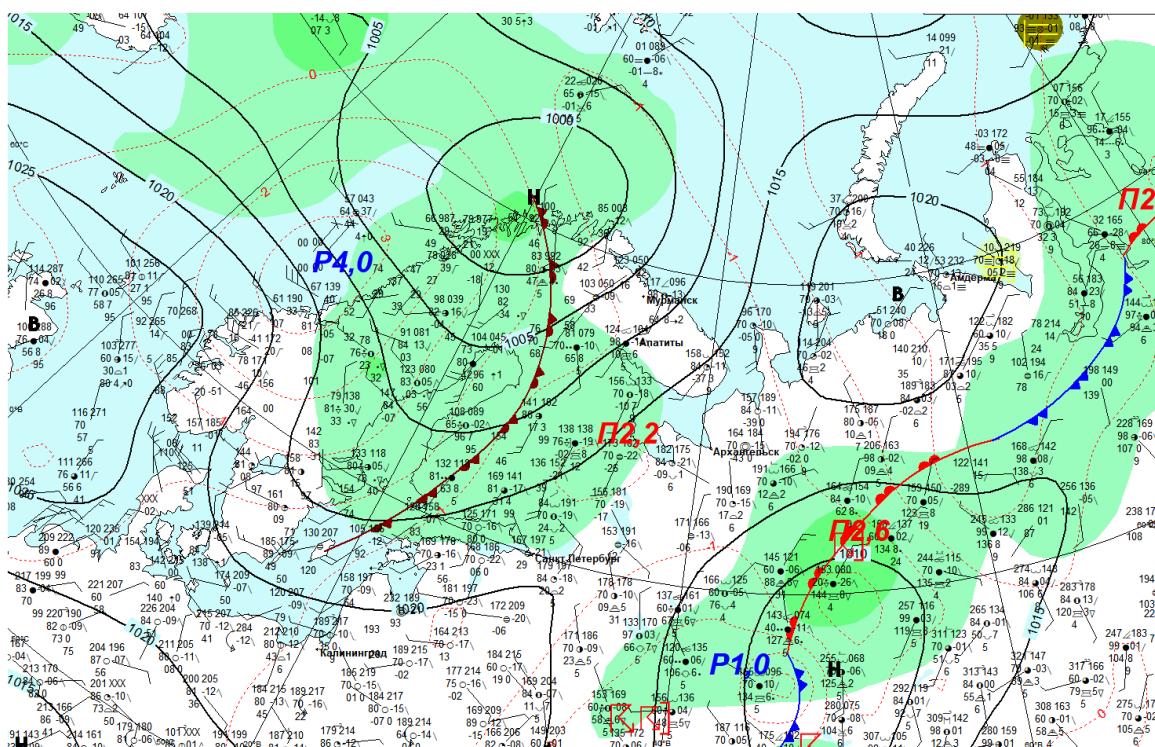


Рисунок 8 - Кольцевая карта за 12 UTC 28 мая 2023 года

Сводки фактической погоды за период с 00 UTC 28 мая до 00 UTC 29 мая 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 280000Z AUTO VRB02G08MPS 9999 NCD 02/M00 Q1016  
RMK QFE748=

METAR ULMK 280100Z AUTO 11001MPS 9999 NCD 03/03 Q1015 RMK  
QFE747=

METAR ULMK 280200Z AUTO 13001MPS 9999 NCD 03/02 Q1016 RMK  
QFE747=

METAR ULMK 280300Z AUTO 13002MPS 9999 NCD 04/01 Q1015 RMK  
QFE747=

METAR ULMK 280400Z AUTO 19003MPS 9999 NCD 07/M01 Q1015 RMK  
QFE747=

METAR ULMK 280500Z AUTO 22005MPS 9999 NCD 09/M02 Q1015 RMK  
QFE747=

METAR ULMK 280600Z 21005MPS 9999 NSC 10/M02 Q1014  
R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE747=  
METAR ULMK 280700Z 21005MPS 9999 NSC 11/M03 Q1014  
R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE746=  
METAR ULMK 280800Z 20005G10MPS 9999 NSC 12/M02 Q1013  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE746=  
METAR ULMK 280900Z 19006MPS 9999 SCT056 12/M00 Q1012  
R29/CLRD70  
TEMPO 20007G15MPS RMK QFE746=  
METAR ULMK 281000Z 19006MPS 9999 BKN056 12/M01 Q1011  
R29/CLRD70 TEMPO 20007G15MPS RMK QFE745=  
METAR ULMK 281100Z 22007MPS 9999 BKN060 12/M02 Q1011  
R11/CLRD70 TEMPO 20007G15MPS RMK QFE744=  
METAR ULMK 281200Z 21006MPS 9999 BKN056 13/M01 Q1010  
R11/CLRD70 TEMPO 20007G15MPS RMK QFE744=  
METAR ULMK 281300Z 22008G13MPS 9999 BKN052 12/01 Q1010  
R11/CLRD70 TEMPO 20007G15MPS RMK QFE744=  
METAR ULMK 281400Z AUTO 21009MPS 9999 ///050 12/02 Q1010 RMK  
QFE743=  
METAR ULMK 281500Z AUTO 22005MPS 9999 -RA ///040 10/03 Q1010  
RMK QFE743=  
METAR ULMK 281600Z AUTO 19004MPS 9999 -RA ///051 10/04 Q1010  
RMK QFE743=  
METAR ULMK 281700Z AUTO 17004MPS 9999 -DZ ///041 11/04 Q1009  
RMK QFE743=  
METAR ULMK 281800Z AUTO 17004MPS 9999 ///040 11/04 Q1009 RMK  
QFE743=  
METAR ULMK 281900Z AUTO 15003MPS 9999 ///042 10/04 Q1009 RMK  
QFE742=

METAR ULMK 282000Z AUTO 14003MPS 9999 NCD 10/04 Q1008 RMK QFE742=

METAR ULMK 282100Z AUTO 18004MPS 9999 -DZ ///045 10/05 Q1008 RMK QFE742=

METAR ULMK 282200Z AUTO 14003MPS 9999 -RA NCD 09/06 Q1007 RMK QFE741=

METAR ULMK 282300Z AUTO 12003MPS 9999 -RA ///062 08/06 Q1006 RMK QFE740=

METAR ULMK 290000Z AUTO 13002MPS 9999 -RA ///040 08/06 Q1005 RMK QFE740=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 13 июня 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 7 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 2 гПа в период с 18 UTC 12 июня до 12 UTC 13 июня 2023 года, а оно существенно не изменилось, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 7 - Фрагмент рабочей таблицы за 12 и 13 июня 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 12.06.2023 | 00-06 | 1013               | 1015            | -2      |
|            | 06-12 | 1012               | 1015            | -3      |
|            | 12-18 | 1009               | 1012            | -3      |
|            | 18-00 | 1007               | 1009            | -2      |
| 13.06.2023 | 00-06 | 1005               | 1009            | -4      |
|            | 06-12 | 1006               | 1009            | -3      |
|            | 12-18 | 1008               | 1011            | -3      |
|            | 18-00 | 1012               | 1015            | -3      |

По кольцевой карте, представленной на рисунке 9, мы можем увидеть, что погоду на Кольском полуострове определяла ложбина циклона, центр которого располагался над о-вами Шпицберген. Чуть севернее полуострова, в Баренцевом море проходила фронтальная система, которая с наступлением 13 июня переместилась южнее и аэродром Апатиты оказался под влиянием фронта, который находился в стадии волны. После 12 UTC 13 июня 2023 года фронт сместился южнее аэродрома и него начала влиять тыловая часть циклона.

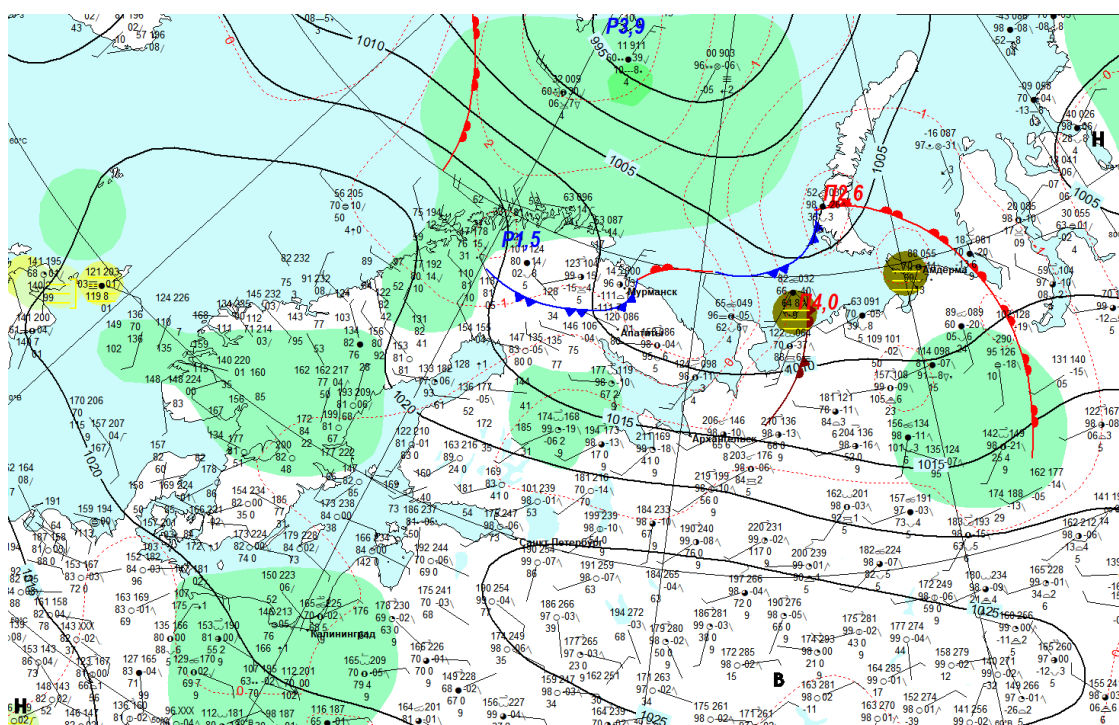


Рисунок 9 - Кольцевая карта за 06 UTC 13 июня 2023 года

По фактической погоде на аэродроме видно, что за выбранный период выпало незначительное количество осадков, а также наблюдалось усиление ветра северо-западного направления.

Сводки фактической погоды за период с 00 до 12 UTC 13 июня 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 130000Z AUTO 30007MPS 9999 -RA ///047 13/11 Q1009  
 RMK QFE743=

METAR ULMK 130100Z AUTO 31004MPS 9999 -RA ///041 12/12 Q1009  
 RMK QFE743=

METAR ULMK 130200Z AUTO 29003MPS 9999 -RA NCD 12/12 Q1009  
 RMK QFE743=

METAR ULMK 130300Z AUTO 29004MPS 9999 ///022 13/13 Q1009 RMK  
 QFE743=

METAR ULMK 130400Z AUTO 31004MPS 9999 ///016 13/13 Q1009 RMK  
 QFE743=

METAR ULMK 130500Z AUTO 31004MPS 9999 ///018 14/11 Q1009 RMK  
 QFE742=

METAR ULMK 130600Z 31005MPS 9999 BKN022CB BKN030 15/09 Q100  
 9 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE743=

METAR ULMK 130700Z 29004MPS 240V310 9999 BKN033CB BKN066 15  
 /08 Q1009 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE743=

METAR ULMK 130800Z 30004MPS 270V340 9999 BKN040CB BKN066 15  
 /06 Q1009 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE744=

METAR ULMK 130900Z 34010MPS 9999 BKN040CB BKN060 13/07 Q101  
 0 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE744=

METAR ULMK 131000Z 31004MPS 9999 BKN033CB BKN066 15/06 Q101  
 0 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE744=

METAR ULMK 131100Z 33007MPS 9999 BKN033CB BKN063 16/05 Q101  
 0 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE744=

METAR ULMK 131200Z 33007MPS 9999 BKN033CB BKN063 17/03 Q101  
 1 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE745=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 15.06.2023  
 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот  
 день.

По данным из таблицы 8 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 1 гПа в период с 00 UTC до 12 UTC 15 июня 2023 года, а оно повысилось на 1 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 8 - Фрагмент рабочей таблицы за 15 июня 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 15.06.2023 | 00-06 | 1012               | 1014            | -2      |
|            | 06-12 | 1011               | 1015            | -4      |
|            | 12-18 | 1014               | 1018            | -4      |
|            | 18-00 | 1016               | 1019            | -3      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 10, видно, что с Баренцева моря смещался фронтальный раздел в сторону Кольского полуострова. Вместе с этим с северо-запада на полуостров начал давить антициклон с центром в Норвежском море и начал образовываться гребень, вследствие этого фронтальный раздел начал размываться в этом гребне.

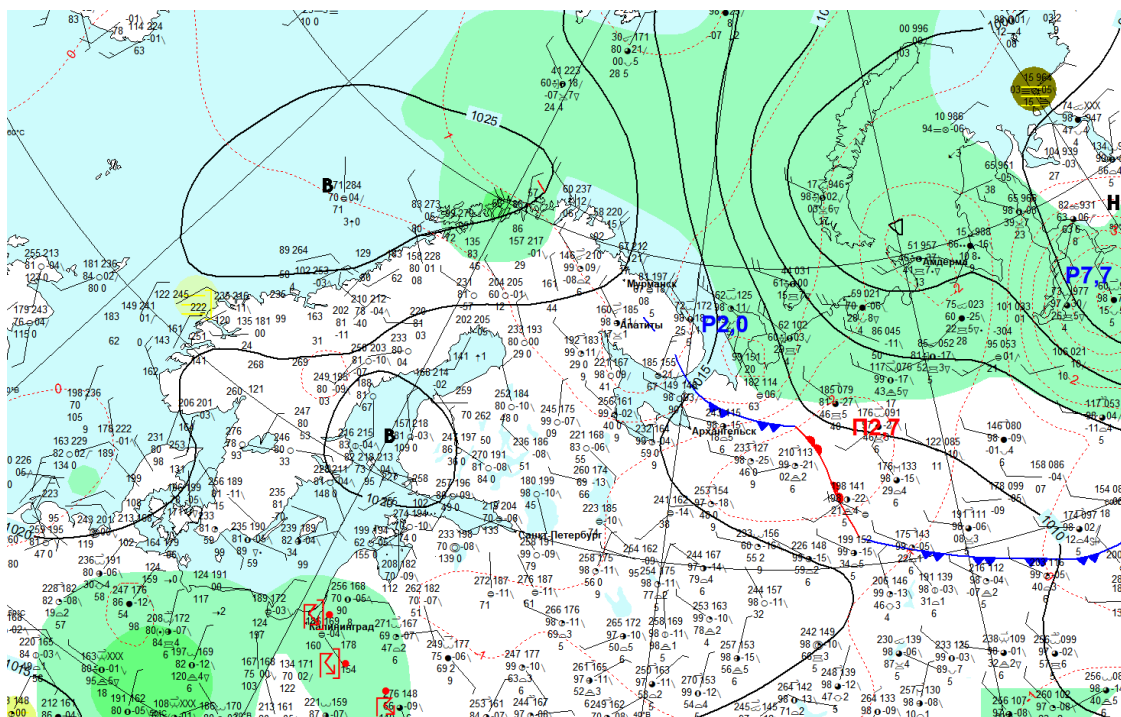


Рисунок 10 - Кольцевая карта погоды за 12 UTC 15 июня 2023 года

По фактическим данным видно, что фронтальный раздел никак не повлиял на погоду на аэродроме: без осадков и без облачности, но вместе с этим усиление северного, северо-западного ветра присутствует.

Сводки фактической погоды за период с 06 до 21 UTC 15 июня 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 150600Z 31006MPS 9999 NSC 15/04 Q1015 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 150700Z 33007MPS 9999 NSC 15/03 Q1015 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 150800Z 32007G12MPS 9999 NSC 14/04 Q1016 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE749=

METAR ULMK 150900Z 33009MPS 9999 NSC 14/03 Q1016 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE749=

METAR ULMK 151000Z 32009MPS 9999 NSC 15/03 Q1017 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE749=



METAR ULMK 151100Z 32007MPS 9999 NSC 16/02 Q1017 R29/CLRD70  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMK 151200Z 32008G13MPS 9999 NSC 16/01 Q1018  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMK 151300Z 32007MPS 9999 NSC 16/00 Q1018 R29/CLRD70  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMK 151400Z 33007MPS 9999 NSC 16/M00 Q1018  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMK 151500Z AUTO 33008MPS 9999 NCD 15/M00 Q1018 RMK  
QFE750=  
METAR ULMK 151600Z AUTO 33007MPS 300V010 9999 NCD 15/M02  
Q1019 RMK QFE751=  
METAR ULMK 151700Z AUTO 33007MPS 9999 NCD 14/M01 Q1019 RMK  
QFE751=  
METAR ULMK 151800Z AUTO 33006MPS 9999 NCD 14/M01 Q1019 RMK  
QFE751=  
METAR ULMK 151900Z AUTO 35004MPS 9999 NCD 13/M01 Q1019 RMK  
QFE751=  
METAR ULMK 152000Z AUTO 36002MPS 9999 NCD 11/00 Q1020 RMK  
QFE751=  
METAR ULMK 152100Z AUTO 09002MPS 9999 NCD 09/03 Q1020 RMK  
QFE751=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 25 сентября 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 9 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 2 гПа в период с 06 UTC до 18 UTC 25 сентября 2023 года, а оно существенно не изменилось, вследствие этого разница между



прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 9 - Фрагмент рабочей таблицы за 25 сентября 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 25.09.2023 | 00-06 | 1013               | 1014            | -1      |
|            | 06-12 | 1014               | 1016            | -2      |
|            | 12-18 | 1012               | 1016            | -4      |
|            | 18-00 | 1007               | 1010            | -3      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 11, видно, что на аэродром Апатиты существенное влияние оказывает северная периферия антициклона и ожидалось, что ложбина циклона, центр которого расположен в Норвежском море опустится вглубь Кольского полуострова, но изобара 1015 гПа существенно не поменяла своё положение. С Ботнического залива в сторону полуострова двигался тёплый фронт, перед которым давление должно максимально падать, но аэродром Апатиты оставался под влиянием периферии антициклона, а фронт в свою очередь размывался в антициклональном изгибе и существенно не повлиял ни на давление, ни на погоду на аэродроме.

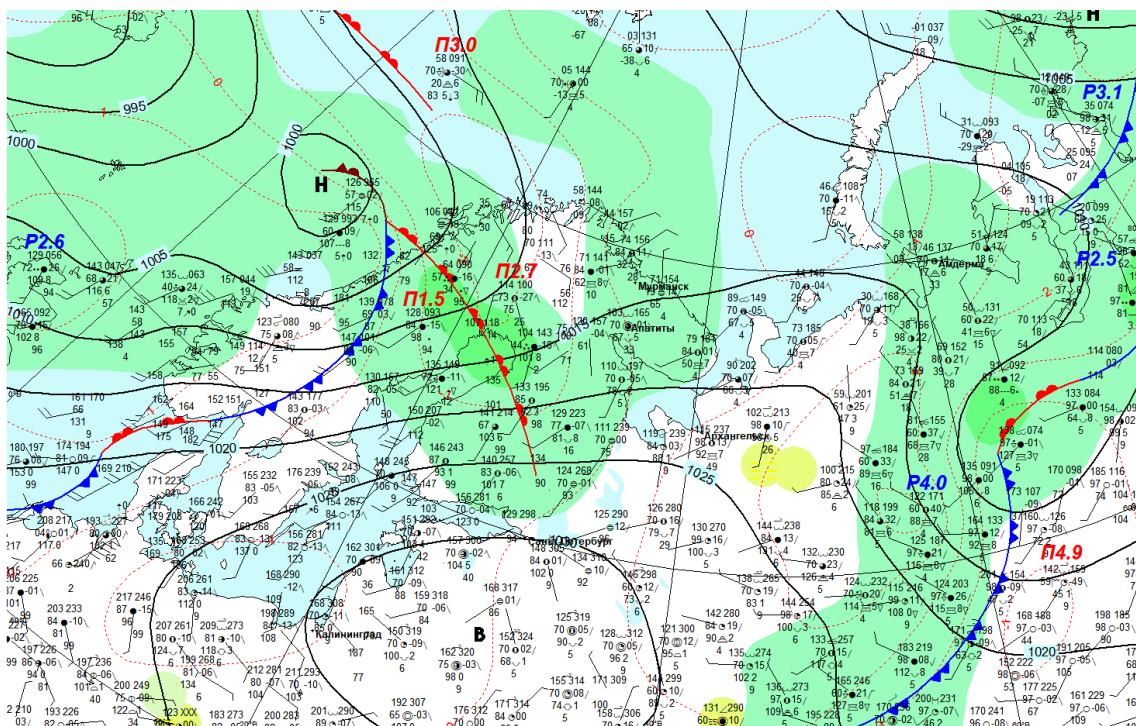


Рисунок 11 - Кольцевая карта погоды за 15 UTC 25 сентября 2023 года

Сводки фактической погоды за период с 06 до 21 UTC 25 сентября 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 250600Z 23001MPS 9999 FEW003 BKN014 06/06 Q1017  
R11/CLRD70 TEMPO 0500 FG VV001 RMK QBB100 OBST OBSC  
QFE748=

METAR ULMK 250700Z 18002MPS 9999 BKN013 06/06 Q1016  
R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 250800Z 15002MPS 9999 FEW005 BKN020 07/07 Q1016  
R11/CLRD70 NOSIG RMK QBB150 OBST OBSC QFE748=

METAR ULMK 250900Z 15002MPS 110V180 9999 BKN006 BKN040 08/08  
Q1016 R11/CLRD70 NOSIG RMK OBST OBSC QFE748=

METAR ULMK 251000Z VRB01MPS 9999 BKN012CB BKN028 09/08  
Q1016 R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 251100Z 25006MPS 9999 BKN013CB 09/08 Q1016  
R11/CLRD70 NOSIG RMK QFE748=

METAR ULMK 251200Z 25003MPS 9999 BKN013CB 09/08 Q1016  
R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE749=  
METAR ULMK 251300Z VRB01MPS 9999 BKN017CB BKN038 09/08  
Q1016 R29/CLRD70 NOSIG RMK QFE749=  
METAR ULMK 251400Z AUTO 26003MPS 9999 ///022 10/08 Q1016 RMK  
QFE748=  
METAR ULMK 251500Z AUTO VRB01MPS 9999 ///033 10/08 Q1016 RMK  
QFE748=  
METAR ULMK 251600Z AUTO 19002MPS 9999 ///036 10/08 Q1016 RMK  
QFE748=  
METAR ULMK 251700Z AUTO 09001MPS 9999 ///036 09/08 Q1016 RMK  
QFE748=  
METAR ULMK 251800Z AUTO 12002MPS 9999 ///042 08/08 Q1015 RMK  
QFE747=  
METAR ULMK 251900Z AUTO 12002MPS 9999 ///038 08/08 Q1015 RMK  
QFE747=  
METAR ULMK 252000Z AUTO 11002MPS 9999 UP ///056 08/08 Q1014  
RMK QFE746=  
METAR ULMK 252100Z AUTO 12003MPS 7000 -RA ///024 08/08 Q1013  
RMK QFE745=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 11 октября 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 10 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 19 гПа в период с 06 UTC 11 октября до 00 UTC 12 октября 2023 года, а оно понизилось на 18 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 10 - Фрагмент рабочей таблицы за 11 октября 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 11.10.2023 | 00-06 | 999                | 1000            | -1      |
|            | 06-12 | 992                | 995             | -3      |
|            | 12-18 | 984                | 987             | -3      |
|            | 18-00 | 973                | 977             | -4      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 12, видно приближение тёплого фронта с юга к аэродрому Апатиты. Центр циклона, из которого тянется фронт, расположен в Норвежском море, с 12 UTC дополнительный центр циклона образовался в ложбине над Ботническим заливом. На картах до 12 UTC видно, что на аэродром действует антициклональный изгиб и дополнительно, перед тёплым фронтом и на этом изгибе на аэродроме в утренние часы наблюдался замерзающий туман. После 12 UTC на аэродром начинает полностью влиять ложбина циклона.

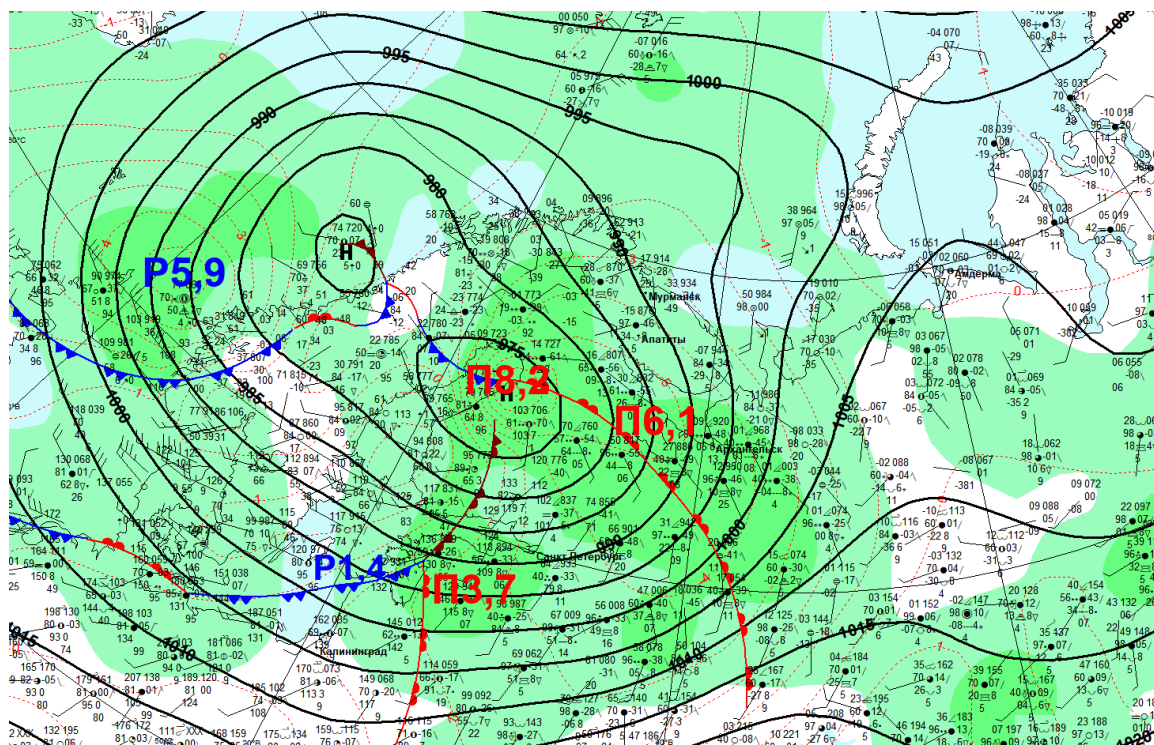


Рисунок 12 - Кольцевая карта погоды за 18 UTC 11 октября 2023 года

По сводкам фактической погоды на аэродроме видно, что ветер соответствовал «предфронтовому» и составлял около 110-120 градусов. Также заметно понижение нижней границы облачности с 900 м до 270 м за 9 часов (с 15 до 00 UTC).

Сводки фактической погоды за период с 15 UTC 11 октября до 00 UTC 12 октября 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 111500Z 12006MPS 9999 BKN014CB BKN030 M01/M01  
Q0990 R11/490243 NOSIG RMK QFE729=

METAR ULMK 111600Z 12007MPS 9999 -SHSN BKN014CB BKN027  
M00/M01 Q0989 R11/490243 NOSIG RMK QFE728=

METAR ULMK 111700Z 12007MPS 9999 -SHSN BKN016CB M00/M01  
Q0988 R11/490243 NOSIG RMK QFE727=

METAR ULMK 111800Z 12007MPS 9999 -SHSN BKN012CB M00/M01  
Q0986 R11/490243 NOSIG RMK QFE726=

METAR ULMK 111900Z 12007MPS 9999 -SHSN BKN011CB M00/M00  
Q0985 R11/490243 NOSIG RMK QFE725=

METAR ULMK 112000Z AUTO 11007MPS 9999 -SN ///009 M00/M00  
Q0983 RMK OBST OBSC QFE723=

METAR ULMK 112100Z AUTO 12007MPS 9999 -SN ///011 M00/M01  
Q0981 RMK QFE722=

METAR ULMK 112200Z AUTO 12007G13MPS 9999 -FZDZ ///011  
M00/M01 Q0979 RMK QFE720=

METAR ULMK 112300Z AUTO 12008G14MPS 2500 R11/2000N -SN ///009  
M01/M01 Q0977 RMK OBST OBSC QFE719=

METAR ULMK 120000Z AUTO 11009MPS 2200 -SN ///009 M00/M00  
Q0975 RMK OBST OBSC QFE718=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 16 и 17 декабря 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 11 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 10 гПа в период с 06 UTC до 18 UTC 16 декабря 2023 года, а оно понизилось на 8 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме. А также в период с 18 UTC 16 декабря до 06 UTC 17 декабря 2023 года ожидалось понижение давления на 2 гПа, а давление упало на 6 гПа, и разница составила +1, что является неоправдавшимся (и даже опасным для авиации) прогнозом.

Таблица 11 - Фрагмент рабочей таблицы за 16 и 17 декабря 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 16.12.2023 | 00-06 | 1009               | 1010            | -1      |
|            | 06-12 | 1004               | 1006            | -2      |
|            | 12-18 | 994                | 998             | -4      |
|            | 18-00 | 983                | 986             | -3      |
| 17.12.2023 | 00-06 | 981                | 980             | 1       |
|            | 06-12 | 979                | 980             | -1      |
|            | 12-18 | 979                | 980             | -1      |
|            | 18-00 | 977                | 978             | -1      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 13, мы видим, что погоду Кольского полуострова 16 декабря 2023 года определяет передняя часть циклона и ожидается прохождение окклюзированной фронтальной системы. В период до 18 UTC эта фронтальная система перемещалась медленно и лишь после 18 часов она начала быстро перемещаться в сторону Кольского полуострова.



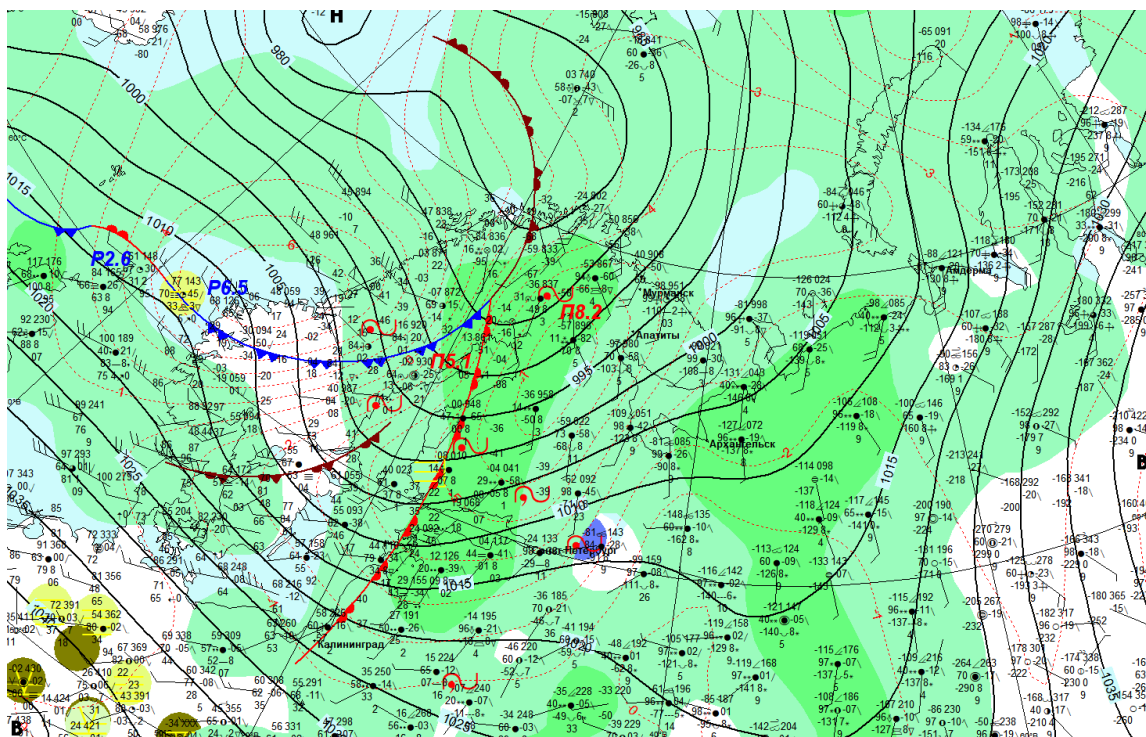


Рисунок 13 - Кольцевая карта погоды за 18 UTC 16 декабря 2023 года

По фактической погоде можно проследить низкую «предфронтовую» облачность и дымку. А также почти безветрие до 18 часов, а после – усиление ЮВ ветра.

Сводки фактической погоды за период с 12 до 21 UTC 16 декабря 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 161200Z 19001MPS 9999 BKN005 M10/M10 Q1005

R11/390137 NOSIG RMK OBST OBSC QFE740=

METAR ULMK 161300Z 14001MPS 9999 OVC001 M10/M10 Q1004

R11/390137 NOSIG RMK QBB050 OBST OBSC QFE739=

METAR ULMK 161400Z AUTO 11001MPS 9999 ///002 M10/M10 Q1002

RMK OBST OBSC QFE738=

METAR ULMK 161500Z AUTO 15002MPS 9999 ///003 M10/M10 Q1001

RMK OBST OBSC QFE737=

METAR ULMK 161600Z AUTO 14002MPS 9999 ///003 M10/M10 Q0999

RMK OBST OBSC QFE736=

METAR ULMK 161700Z AUTO 13002MPS 9000 ///003 M10/M10 Q0998  
 RMK OBST OBSC QFE734=  
 METAR ULMK 161800Z AUTO 13002MPS 9999 ///004 M10/M10 Q0996  
 RMK OBST OBSC QFE733=  
 METAR ULMK 161900Z AUTO 12003MPS 5000 BR ///003 M09/M09  
 Q0994 RMK OBST OBSC QFE732=  
 METAR ULMK 162000Z AUTO 13003MPS 4900 BR ///002 M09/M09  
 Q0992 RMK OBST OBSC QFE730=  
 METAR ULMK 162100Z AUTO 13003MPS 5000 2100W -PL ///013  
 M08/M08 Q0989 RMK QFE728=

Далее, проанализировав кольцевую карту погоды, представленную на рисунке 14, можно сделать вывод, что в ночные часы с 00 до 03 UTC фронт прошёл через аэродром и именно в этот период прогноз оказался неоправдавшимся и понижение давления оказалось сильнее, чем ожидалось.

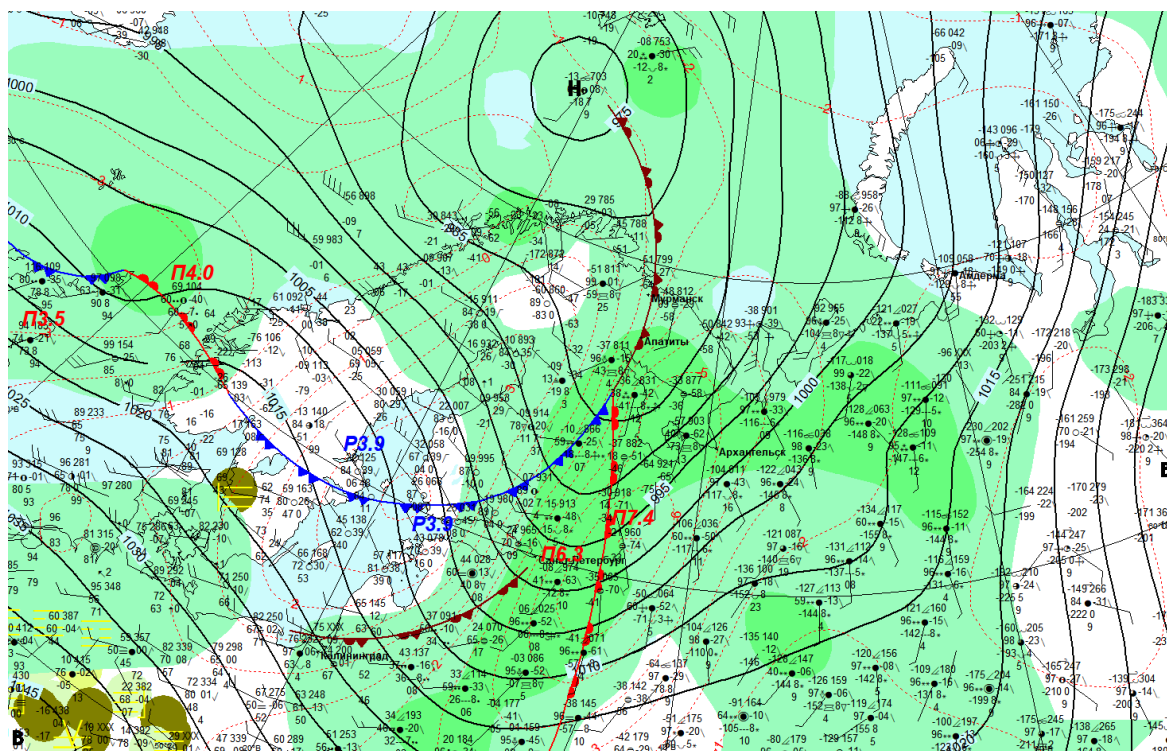


Рисунок 14 - Кольцевая карта погоды за 03 UTC 17 декабря 2023 года



По фактической погоде видно низкую фронтальную облачность, умеренные осадки (в том числе замерзающий дождь).

Сводки фактической погоды за период с 00 до 09 UTC 17 декабря 2023 года представлены ниже:

METAR ULMK 170000Z AUTO 13003MPS 1600 R11/1500U SN ///018  
M07/M07 Q0984 RMK QFE724=

METAR ULMK 170100Z AUTO 14003MPS 2400 R11/1900D -SN ///014  
M07/M07 Q0982 RMK QFE723=

METAR ULMK 170200Z AUTO 12002MPS 1300 1000E R11/1300D SN  
///014 M06/M06 Q0981 RMK QFE722=

METAR ULMK 170300Z AUTO 10001MPS 2300 -SN ///008 M06/M06  
Q0980 RMK OBST OBSC QFE721=

METAR ULMK 170400Z AUTO 10001MPS 3800 -PL ///024 M06/M06  
Q0980 RMK QFE721=

METAR ULMK 170500Z AUTO 00000MPS 9999 -FZRA ///009 M06/M06  
Q0980 RMK OBST OBSC QFE721=

METAR ULMK 170600Z 31002MPS 4600 -SN OVC011 M06/M06 Q0980  
NOSIG RMK QFE721=

METAR ULMK 170700Z 31003MPS 9000 SCT011 M06/M06 Q0980 NOSIG  
RMK QFE722=

METAR ULMK 170800Z 31002MPS 9999 FEW035 M07/M07 Q0981  
R11/490235 NOSIG RMK QFE722=

METAR ULMK 170900Z 28002MPS 9999 NSC M09/M09 Q0981  
R29/490136 NOSIG RMK QFE723=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 19 января 2024 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 12 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 6 гПа в период с 18 UTC 18 января до 06 UTC 19 января 2024 года, а давление упало на 9 гПа, и разница составила +1, что является неоправдавшимся (и даже опасным для авиации) прогнозом.

Таблица 12 - Фрагмент рабочей таблицы за 18 и 19 января 2024 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 18.01.2024 | 00-06 | 997                | 998             | -1      |
|            | 06-12 | 997                | 998             | -1      |
|            | 12-18 | 996                | 998             | -2      |
|            | 18-00 | 992                | 994             | -2      |
| 19.01.2024 | 00-06 | 986                | 985             | 1       |
|            | 06-12 | 984                | 984             | 0       |
|            | 12-18 | 984                | 984             | 0       |
|            | 18-00 | 985                | 985             | 0       |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 15, видно, что на северо-западе России расположился многоцентральной циклон, один центр которого располагается немногим севернее Финского залива, в Финляндии. Второй центр расположился у берегов Северной Земли. С юга на Кольский полуостров двигался фронт окклюзии.

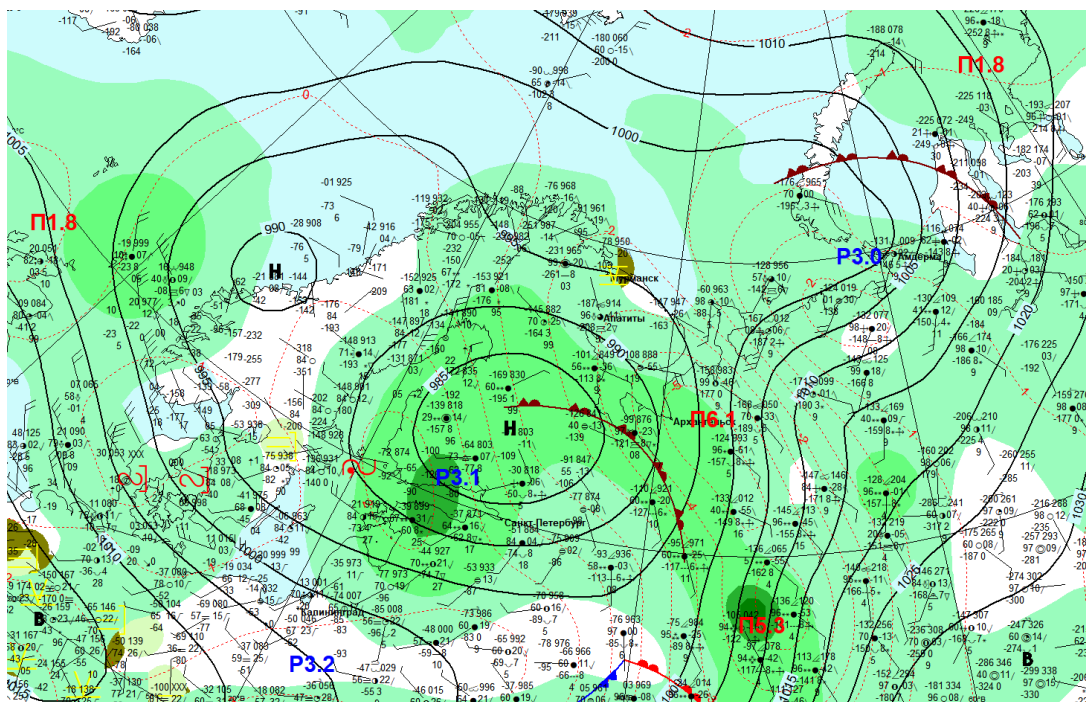


Рисунок 15 - Кольцевая карта погоды за 03 UTC 19 января 2024 года

По фактической погоде видно, что фронтальные осадки начались с 06 UTC, а также в это время усилился восточный, юго-восточный ветер. По прогнозу понижение давления на аэродроме оказалось не такое сильное, как было по факту.

Сводки фактической погоды за период с 00 до 09 UTC 19 января 2024 года представлены ниже:

METAR ULMK 190000Z AUTO VRB01MPS 9999 -SN ///007 M25/M27  
Q0993 RMK OBST OBSC QFE730=

METAR ULMK 190100Z AUTO 30001MPS 9999 -SN ///002 M24/M25  
Q0991 RMK OBST OBSC QFE730=

METAR ULMK 190200Z AUTO 31001MPS 9999 NCD M22/M24 Q0990  
RMK QFE728=

METAR ULMK 190300Z AUTO 09004MPS 9999 -SN NCD M10/M11  
Q0988 RMK QFE727=

METAR ULMK 190400Z AUTO 10006G11MPS 9999 -SN ///065 M10/M11  
Q0987 RMK QFE726=

METAR ULMK 190500Z AUTO 09007G12MPS 9999 -SN NCD M09/M13  
Q0985 RMK QFE725=  
METAR ULMK 190600Z 16006MPS 9999 DRSN SCT043 M10/M14 Q0985  
NOSIG RMK QFE725=  
METAR ULMK 190700Z 10004MPS 2700 R11/1700U -SHSN BKN010  
BKN016CB M11/M12 Q0985 TEMPO 0800 +SHSN RMK QFE725=  
METAR ULMK 190800Z 11004MPS 1600 1300W R11/1300D SHSN  
BKN009 BKN015CB M12/M13 Q0985 TEMPO 0800 +SHSN RMK OBST  
OBSC QFE725=  
METAR ULMK 190900Z 12003MPS 1900 R11/1800D SHSN BKN010  
BKN017CB M12/M13 Q0985 R11/490331 TEMPO 0800 +SHSN RMK  
QFE725=

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 16 февраля 2024 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 13 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Апатиты понизится на 5 гПа в период с 12 UTC 16 февраля до 00 UTC 17 февраля 2024 года, а оно понизилось на 3 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -4, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 13 - Фрагмент рабочей таблицы за 16 февраля 2024 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 16.02.2024 | 00-06 | 1021               | 1023            | -2      |
|            | 06-12 | 1020               | 1022            | -2      |
|            | 12-18 | 1017               | 1019            | -2      |
|            | 18-00 | 1012               | 1016            | -4      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 16, мы видим, что погоду Кольского полуострова 16 февраля 2024 года определяет передняя часть циклона и ожидается прохождение тёплого фронта. Тёплый фронт прошёл в период с 21 до 00 UTC следующих суток.

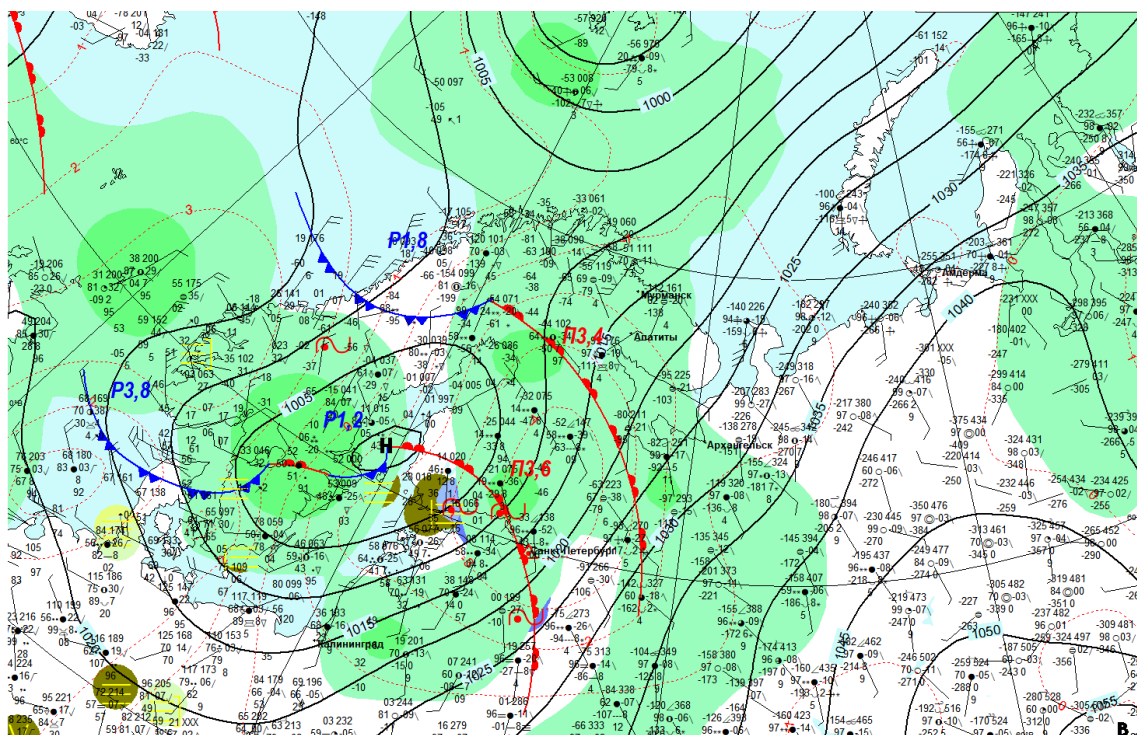


Рисунок 16 - Кольцевая карта погоды за 21 UTC 16 февраля 2024 года

По фактической погоде видно низкую фронтальную облачность, которая опустилась после 18 UTC и обложные осадки, усиление юго-восточного ветра.

Сводки фактической погоды за период с 18 UTC 16 февраля до 03 UTC 17 февраля 2024 года представлены ниже:

METAR ULMK 161800Z 13003MPS 9000 -SHSN BKN008 BKN013CB

M13/M13 Q1019 R11/490235 NOSIG RMK OBST OBSC QFE750=

METAR ULMK 161900Z 12003MPS 9999 -SN BKN006 M12/M13 Q1018

R11/490235 NOSIG RMK OBST OBSC QFE749=

METAR ULMK 162000Z 12003MPS 7000 -SN BKN006 M12/M13 Q1018  
R11/490235 NOSIG RMK OBST OBSC QFE749=  
METAR ULMK 162100Z AUTO 13003MPS 8000 -SN ///006 M12/M12  
Q1017 RMK OBST OBSC QFE749=  
METAR ULMK 162200Z AUTO 13003MPS 9999 -SN ///004 M11/M12  
Q1017 RMK OBST OBSC QFE748=  
METAR ULMK 162300Z AUTO 12003MPS 9000 -SN ///004 M11/M12  
Q1016 RMK OBST OBSC QFE748=  
METAR ULMK 170000Z AUTO 12003MPS 9000 -SN ///006 M11/M11  
Q1015 RMK OBST OBSC QFE747=  
METAR ULMK 170100Z AUTO 13004MPS 5000 -SN ///008 M10/M10  
Q1014 RMK OBST OBSC QFE746=  
METAR ULMK 170200Z AUTO 12004MPS 4800 -SN ///026 M10/M10  
Q1013 RMK QFE745=  
METAR ULMK 170300Z AUTO 13004MPS 6000 2800W -SN ///033  
M10/M10 Q1011 RMK QFE744=

Таким образом, проведя анализ каждого случая и определив синоптическую ситуацию для каждого из них, можно заключить: значительные расхождения между прогностическим и фактическим минимальным давлением QNH на аэродроме Апатиты в основном наблюдаются при прохождении фронтальных разделов (приближение тёплого фронта, ослабление холодного фронта, прохождение фронта окклюзии). Положительные отклонения (зафиксированные в двух случаях за весь рассмотренный период) были связаны с прохождением фронта окклюзии через район аэродрома.

При прохождении фронтальных разделов происходят изменения в поле давления, которые можно охарактеризовать следующим образом:

- Перед тёплым фронтом давление обычно понижается, так как тёплый воздух, будучи менее плотным, вытесняет холодный воздух;

- После прохождения тёплого фронта давление стабилизируется или начинает медленно повышаться;
- Перед холодным фронтом давление также может понижаться, но более резко, чем перед тёплым фронтом;
- После прохождения холодного фронта давление быстро повышается, так как холодный воздух более плотный и создает более высокое давление у поверхности земли;
- Фронт окклюзии сочетает в себе характеристики тёплого и холодного фронтов, поэтому давление перед фронтом окклюзии обычно понижается, а после его прохождения может как повышаться, так и оставаться стабильным, в зависимости от типа окклюзии (тёплой или холодной).

В целом, фронтальные разделы связаны с зонами низкого давления (циклоны), и их прохождение сопровождается динамичными изменениями в поле давления, что может приводить к значительным отклонениям в прогнозах атмосферного давления, особенно вблизи аэродромов или других локаций, чувствительных к таким изменениям.

### 3.2 Прогноз минимального давления QNH на аэродроме Мурманск в период с апреля 2023 по март 2024 года.

В представленной магистерской диссертации рассмотрен процесс прогнозирования минимального давления QNH на аэродроме Мурманск, проанализированы значительные отклонения прогнозируемых значений от фактических данных и определены причины таких расхождений.

В процессе исследования с использованием архива прогностических карт минимального давления QNH были определены прогностические значения минимального давления QNH на аэродроме Мурманск. На основе архива фактических метеорологических данных (METAR ULMM) были выделены минимальные значения давления за 6-часовые промежутки

времени. Затем была рассчитана разница между прогностическими и фактическими значениями давления для определения величины отклонений. Фрагмент рабочей таблицы, иллюстрирующий результаты, приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Фрагмент рабочей таблицы по аэродрому Мурманск за период с 3 до 9 апреля 2023 года

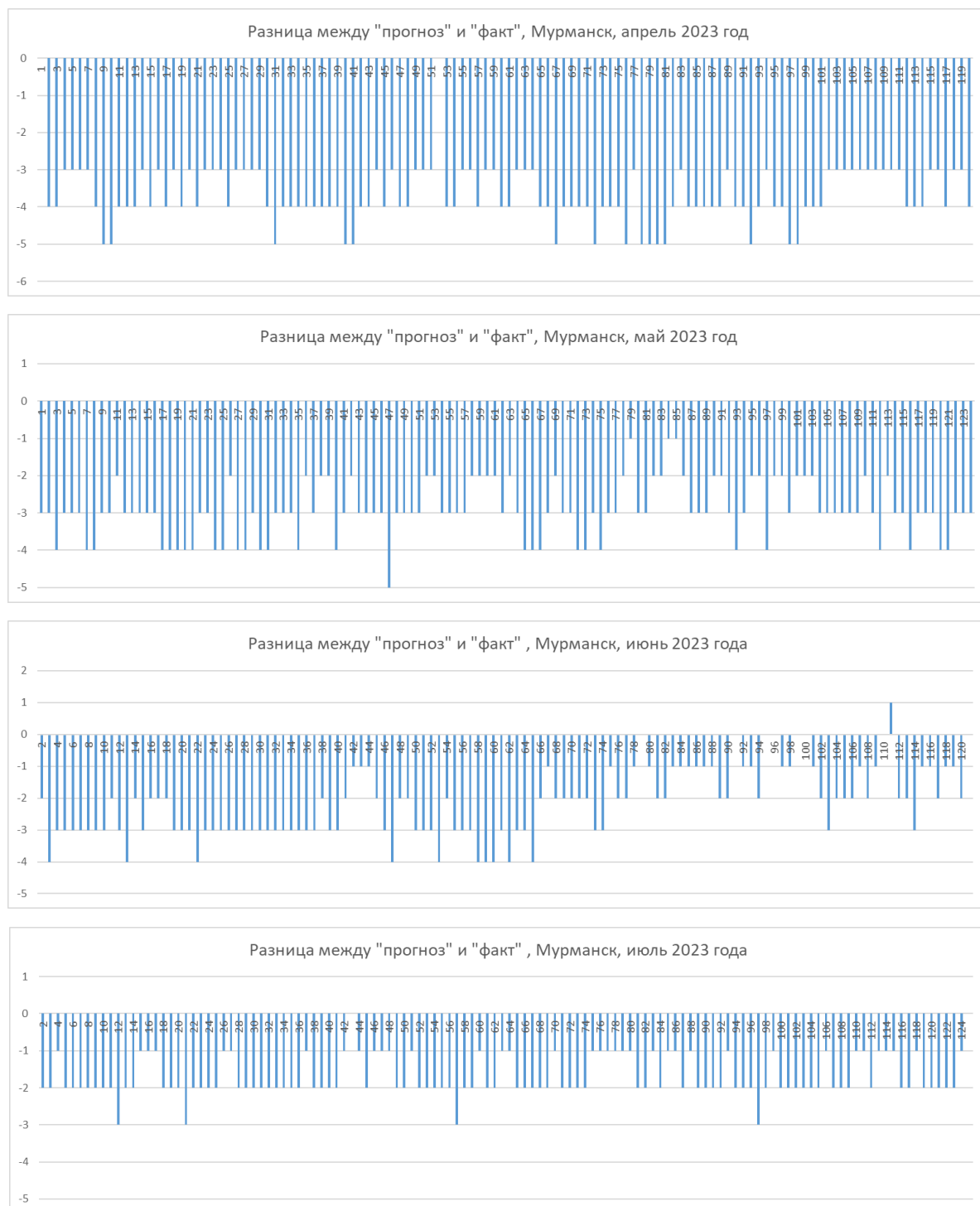
| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 03.04.2023 | 00-06 | 1030               | 1035            | -5      |
|            | 06-12 | 1026               | 1031            | -5      |
|            | 12-18 | 1022               | 1026            | -4      |
|            | 18-00 | 1020               | 1024            | -4      |
| 04.04.2023 | 00-06 | 1017               | 1021            | -4      |
|            | 06-12 | 1018               | 1021            | -3      |
|            | 12-18 | 1018               | 1022            | -4      |
|            | 18-00 | 1019               | 1022            | -3      |
| 05.04.2023 | 00-06 | 1021               | 1025            | -4      |
|            | 06-12 | 1024               | 1027            | -3      |
|            | 12-18 | 1025               | 1029            | -4      |
|            | 18-00 | 1026               | 1029            | -3      |
| 06.04.2023 | 00-06 | 1025               | 1029            | -4      |
|            | 06-12 | 1024               | 1027            | -3      |
|            | 12-18 | 1022               | 1025            | -3      |
|            | 18-00 | 1022               | 1025            | -3      |
| 07.04.2023 | 00-06 | 1021               | 1025            | -4      |
|            | 06-12 | 1021               | 1024            | -3      |
|            | 12-18 | 1018               | 1021            | -3      |
|            | 18-00 | 1014               | 1017            | -3      |
| 08.04.2023 | 00-06 | 1013               | 1016            | -3      |
|            | 06-12 | 1013               | 1017            | -4      |
|            | 12-18 | 1017               | 1022            | -5      |
|            | 18-00 | 1023               | 1027            | -4      |
| 09.04.2023 | 00-06 | 1026               | 1030            | -4      |
|            | 06-12 | 1028               | 1032            | -4      |
|            | 12-18 | 1028               | 1032            | -4      |
|            | 18-00 | 1026               | 1030            | -4      |

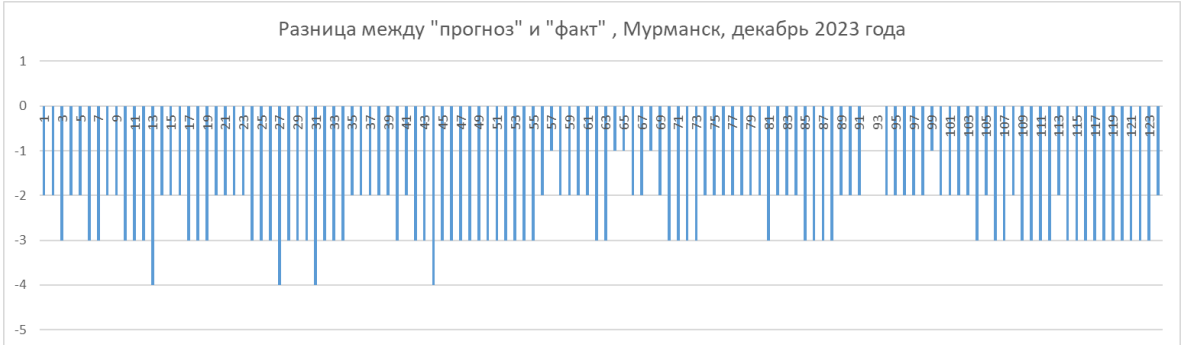
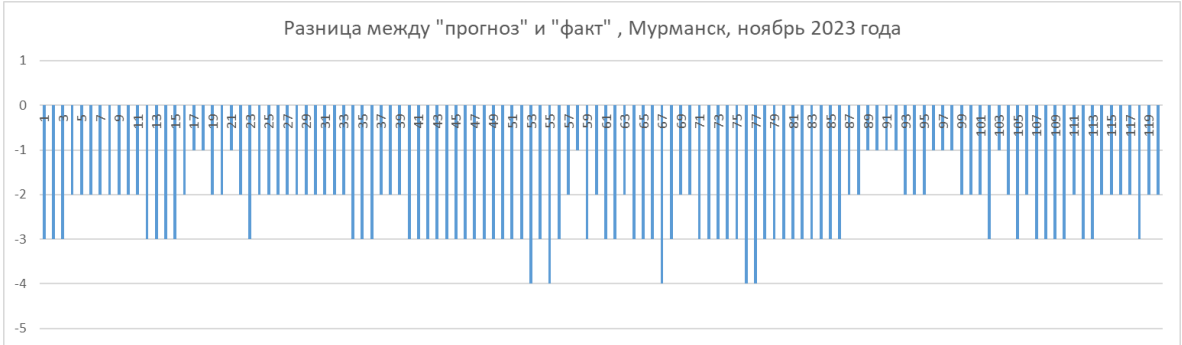
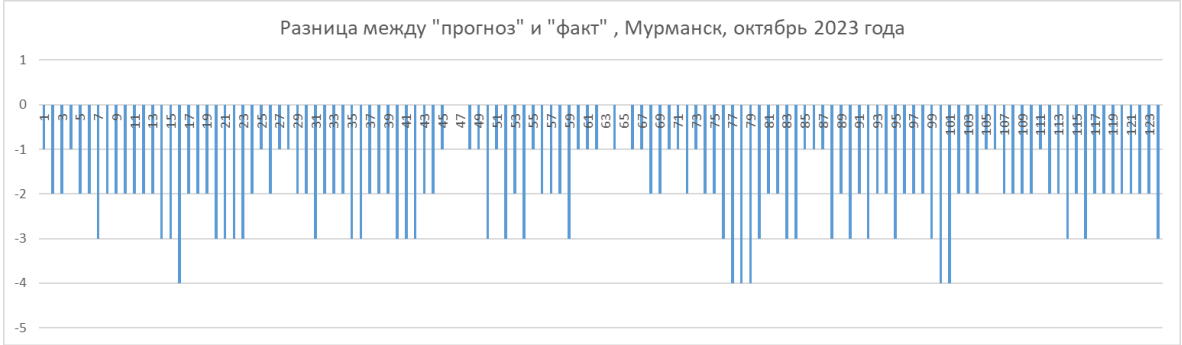
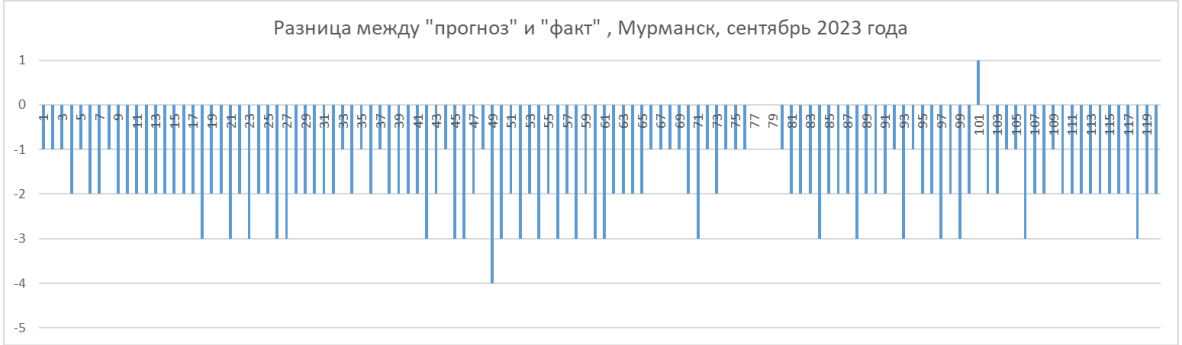
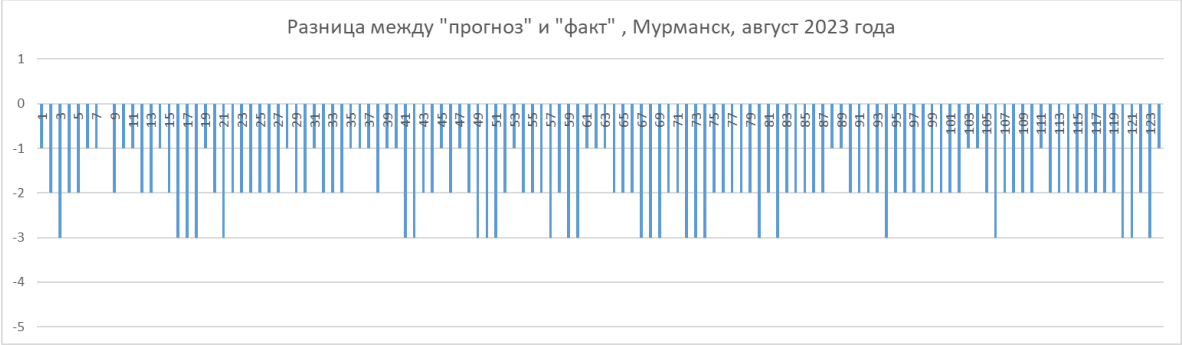
В таблице 14 представлены следующие данные: в первом столбце – дата, во втором – срок прогноза, в третьем – прогностические значения давления QNH для аэродрома Мурманск, в четвертом – фактические минимальные



значения давления QNH за выбранный период, в пятом – вычисленная разница между прогностическими и фактическими значениями давления.

На основе полученных табличных данных были построены гистограммы, отражающие отклонения за каждый рассмотренный срок для каждого месяца за выбранный период с апреля 2023 по март 2024 года. Построенные гистограммы представлены на рисунке 17.





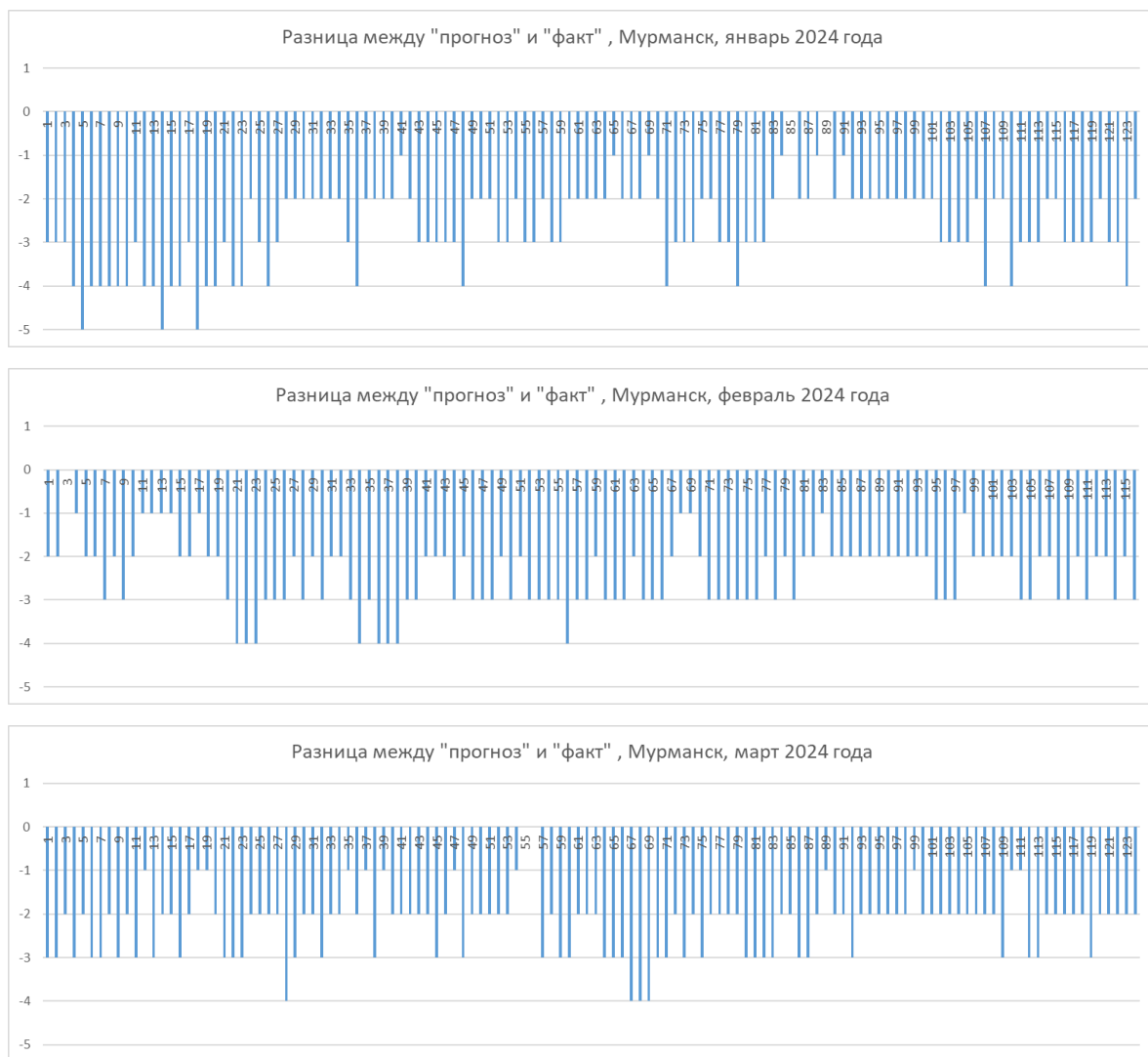


Рисунок 17 – Разница между прогностическими и фактическими значениями за каждый срок каждого месяца за период с апреля 2023 по март 2024 года для аэродрома Мурманск.

Также на основе всех собранных данных была создана общая таблица с рассчитанными суммами количества отклонений за каждый месяц, а также общая сумма каждого отклонения за год для аэродрома Мурманск. Результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Количество отклонений за каждый месяц выбранного периода для аэродрома Мурманск

| Месяц/<br>Разница | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Сумма |
|-------------------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|--------|---------|------|-------|
| 1                 | 0      | 0   | 1    | 0    | 0      | 1        | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0    | 2     |
| 0                 | 2      | 0   | 7    | 1    | 1      | 3        | 4       | 0      | 2       | 2      | 1       | 2    | 25    |
| -1                | 0      | 3   | 24   | 37   | 26     | 24       | 25      | 12     | 5       | 6      | 10      | 12   | 184   |
| -2                | 0      | 29  | 34   | 82   | 71     | 68       | 60      | 47     | 53      | 50     | 50      | 68   | 612   |
| -3                | 45     | 63  | 44   | 4    | 26     | 23       | 29      | 56     | 60      | 41     | 47      | 38   | 476   |
| -4                | 58     | 28  | 10   | 0    | 0      | 1        | 6       | 5      | 4       | 22     | 8       | 4    | 146   |
| -5                | 15     | 1   | 0    | 0    | 0      | 0        | 0       | 0      | 0       | 3      | 0       | 0    | 19    |

На основе таблицы 14 была построена диаграмма распределения отклонений за год для аэродрома Мурманск. Полученная диаграмма представлена на рисунке 18.



Рисунок 18 - Распределение количества отклонений для аэродрома Мурманск.

Для аэродрома Мурманск были определены критические значения отклонений: положительные отклонения (когда фактическое давление оказалось ниже прогнозируемого – неоправдавшийся прогноз) и отрицательные отклонения, равные -5 гПа и ниже (сильно

перестраховочный прогноз). В ходе анализа на аэродроме Мурманск было зафиксировано 5 случаев значительных отклонений. Каждый из этих случаев будет рассмотрен отдельно с целью выявления синоптических ситуаций, в которых наиболее часто наблюдались сильные отклонения или неоправдавшиеся прогнозы.

В сравнении с аэродромом Апатиты, критические значения для аэродрома Мурманск расширены, так как аэродром Мурманск находится далеко от узла сетки, в которых прогнозируется минимальное давление QNH. Поэтому вводится некое допущение на увеличение вероятности ошибки прогноза давления в точке аэродрома.

Апрель 2023 года для аэродрома Мурманск отметился наибольшим количеством значительных отклонений из всех месяцев (отклонение «-4» отметилось 58 раз, а отклонение «-5» - 15 раз). Погода над Кольским полуостровом в апреле в большей степени определялась полем повышенного давления или размытым барическим полем, где сложно определить тенденцию атмосферного давления, что усложняет прогноз, поэтому делить апрель 2023 года на периоды и рассматривать отдельно не имеет смысла.

В мае 2023 года на аэродром Мурманск начинается активное воздействие циклонов, приходящих в основном с запада. Отклонение «-5» отмечалось лишь раз – 12 мая 2023 года. Дата сильного отклонения совпадает с датой сильного отклонения на аэродроме Апатиты. Погоду Кольского полуострова в эти сутки определяло прохождение холодного фронта через Кольский полуостров, который постепенно размывается в области гребня антициклона. На такое сильное отклонение снова повлияло прохождение фронтального раздела, который к тому же размывался в гребне, что усложняет прогноз давления в рассматриваемой точке.

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 28 июня 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 16 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Мурманск существенно не изменится, то есть сохранится 1009 гПа с 06 до 18 UTC 28 июня 2023 года, а оно понизилось на 1 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила +1, что является неоправдавшимся прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 16 - Фрагмент рабочей таблицы за 28 июня 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 28.06.2023 | 00-06 | 1010               | 1011            | -1      |
|            | 06-12 | 1009               | 1009            | 0       |
|            | 12-18 | 1009               | 1008            | 1       |
|            | 18-00 | 1008               | 1010            | -2      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 19, мы видим, что погоду Кольского полуострова 28 июня 2023 года с 00 до 09 UTC определяет мало градиентное барическое поле, изобар даже близко нет рядом с полуостровом. Далее с 09 UTC в районе границы полуострова с Финляндией начинает углубляться ложбина, в которой есть вероятность появления фронтальных разделов.

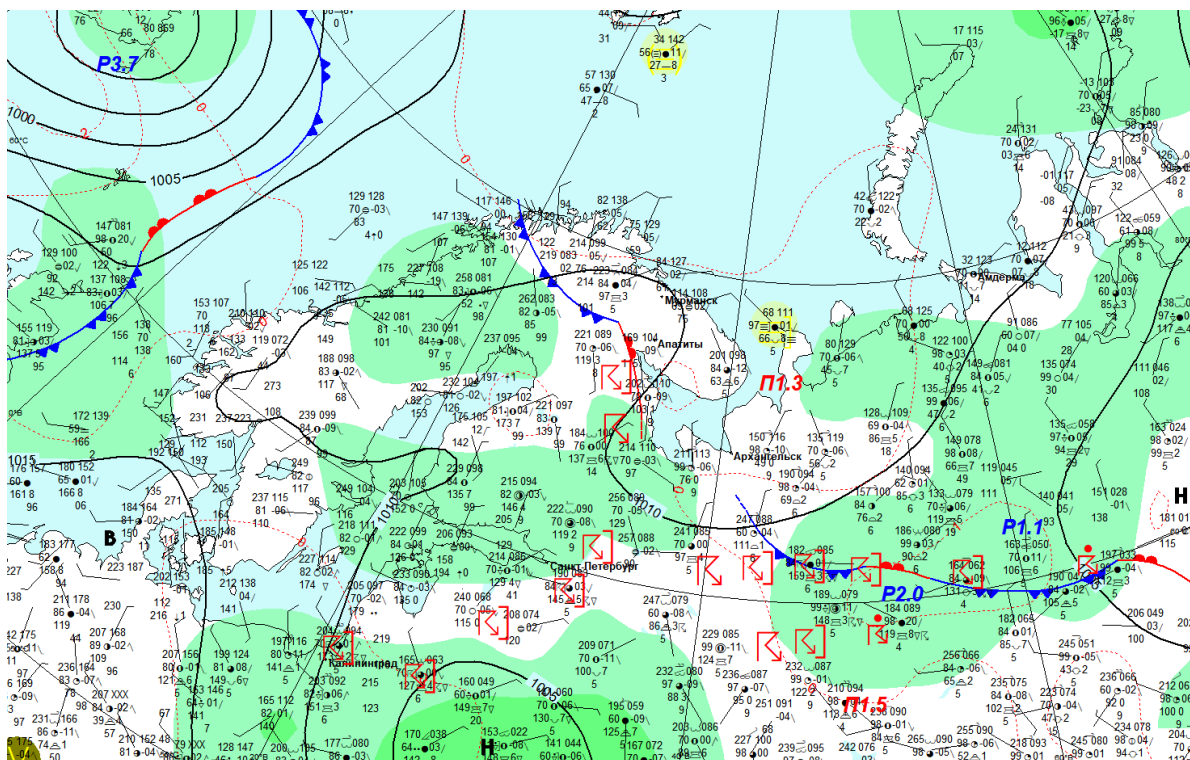


Рисунок 19 - Кольцевая карта погоды за 15 UTC 28 июня 2023 года

Сводки фактической погоды на аэродроме Мурманск за период с 09 до 18 UTC 28 июня 2023 года представлены ниже:

METAR ULMM 280900Z 33003MPS 250V360 9999 SCT040 22/07 Q1010 R31/090070 NOSIG RMK QFE750=  
 METAR ULMM 280930Z 31002MPS 9999 SCT040 23/08 Q1010 R31/090070 NOSIG RMK QFE750=  
 METAR ULMM 281000Z 27001MPS 9999 SCT040 23/07 Q1010 R31/090070 NOSIG RMK QFE750=  
 METAR ULMM 281030Z 25002MPS 220V300 9999 SCT040 23/08 Q1010 R31/090070 NOSIG RMK QFE750=  
 METAR ULMM 281100Z 28002MPS 240V330 9999 FEW040 23/08 Q1009 R31/090070 NOSIG RMK QFE750=  
 METAR ULMM 281130Z 26002MPS 190V350 9999 FEW040 22/08 Q1009 R31/090070 NOSIG RMK QFE750=

METAR ULMM 281200Z 27001MPS 9999 FEW040 23/07 Q1009 R31/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281230Z 27001MPS 9999 FEW040 23/08 Q1009 R31/090070  
NOSIG RMK QFE749=  
METAR ULMM 281300Z 19001MPS CAVOK 24/08 Q1009 R31/090070  
NOSIG RMK QFE749=  
METAR ULMM 281330Z 27001MPS CAVOK 23/07 Q1009 R31/090070  
NOSIG RMK QFE749=  
METAR ULMM 281400Z 00000MPS CAVOK 23/09 Q1008 R13/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
SPECI ULMM 281425Z 06005MPS CAVOK 21/11 Q1008 R13/090070 NOSIG  
RMK QFE750=  
METAR ULMM 281430Z 06006MPS CAVOK 20/11 Q1008 R13/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281500Z 05007MPS CAVOK 20/12 Q1009 R13/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281530Z 05007G12MPS CAVOK 17/10 Q1009 R13/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281600Z 04005MPS CAVOK 15/09 Q1009 R13/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281630Z 04005MPS CAVOK 15/10 Q1010 R13/090070  
NOSIG RMK QFE751=  
METAR ULMM 281700Z 01004MPS 340V050 CAVOK 15/09 Q1010  
R31/090070 NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281730Z 02005MPS CAVOK 13/09 Q1010 R31/090070  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 281800Z 02004MPS CAVOK 12/09 Q1010 R31/090070  
NOSIG RMK QFE751=

По представленным выше сводкам фактической погоды можно заметить, что ухудшение видимости и облачность отсутствуют, однако



наблюдается усиление ветра, хотя поле было размытое и ничего не предвещало ветер со средней скоростью 7 и порывами 15 м/с. Можно сделать вывод, что внезапное изменение синоптической ситуации повлияло на тенденцию давления, что привело к ошибке в прогнозе.

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом 26 сентября 2023 года и определение возможных причин значительного отклонения в этот день.

По данным из таблицы 17 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Мурманск существенно не изменится, то есть сохранится 1006 гПа с 18 UTC 25 сентября года до 06 UTC 26 сентября 2023 года, а оно понизилось на 3 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила +1, что является неоправдавшимся прогнозом минимального давления QNH на аэродроме.

Таблица 17 - Фрагмент рабочей таблицы за 25 и 26 сентября 2023 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 25.09.2023 | 00-06 | 1010               | 1013            | -3      |
|            | 06-12 | 1010               | 1012            | -2      |
|            | 12-18 | 1011               | 1014            | -3      |
|            | 18-00 | 1006               | 1008            | -2      |
| 26.09.2023 | 00-06 | 1006               | 1005            | 1       |
|            | 06-12 | 1005               | 1007            | -2      |
|            | 12-18 | 1009               | 1011            | -2      |
|            | 18-00 | 1009               | 1010            | -1      |

На кольцевой карте, представленной на рисунке 20, мы видим, что погоду Кольского полуострова с 18 UTC 25 сентября до 06 UTC 26 сентября 2023 года определяет прохождение тёплого фронта, который двигался с юго-запада в сторону аэродрома Мурманск. Цепь фронтальных разделов

раскинулась от острова Исландия, где находился центр циклона, через Кольский полуостров и далее вглубь материка.

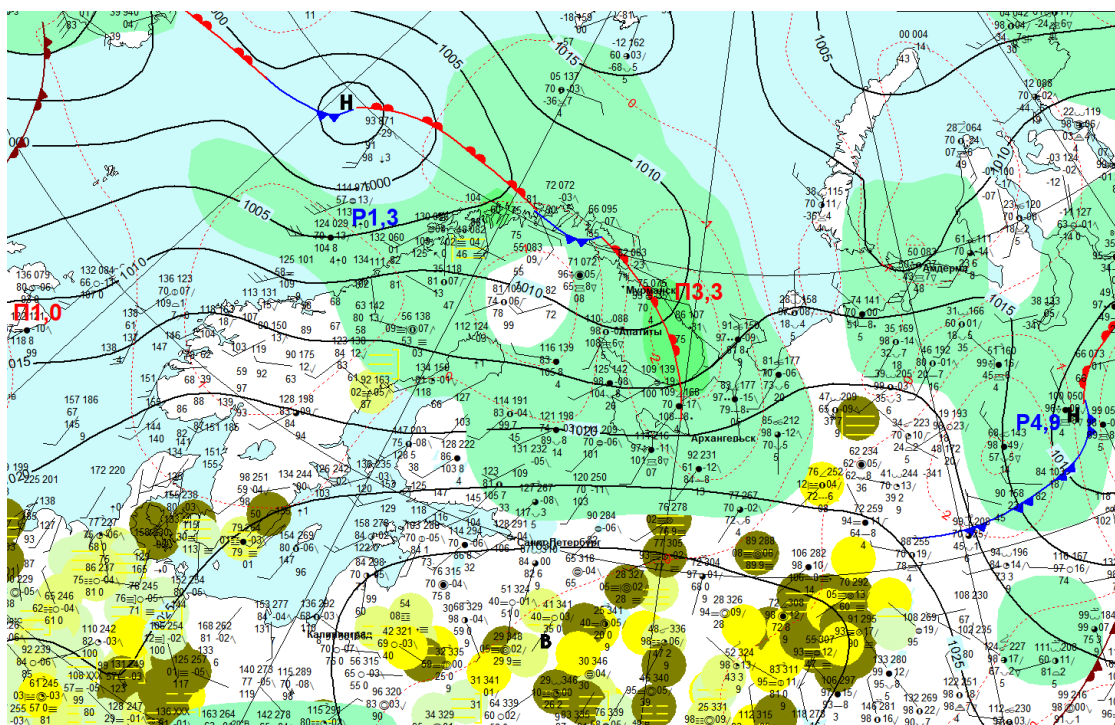


Рисунок 20 - Кольцевая карта погоды за 03 UTC 26 сентября 2023 года

Сводки фактической погоды на аэродроме Мурманск за период с 18 UTC 25 сентября до 06 UTC 26 сентября 2023 года представлены ниже:

METAR ULMM 251800Z 07002MPS 9999 SCT004 BKN020CB 07/07 Q1014  
R13/290060 NOSIG RMK QBB120 OBST OBSC QFE754=  
METAR ULMM 251830Z 07002MPS 9000 FEW004 BKN030CB 07/07 Q1014  
R13/290060 NOSIG RMK QBB120 OBST OBSC QFE754=  
METAR ULMM 251900Z 07002MPS 6000 -SHRA FEW004 BKN030CB  
06/06 Q1014 R13/290060 NOSIG RMK QBB120 OBST OBSC QFE754=  
METAR ULMM 251930Z 06002MPS 7000 BKN026CB 06/06 Q1013  
R13/290060 NOSIG RMK QFE753=  
METAR ULMM 252000Z 06002MPS 5000 -SHRA BKN030CB 06/06 Q1013  
R13/290060 NOSIG RMK QFE753=

METAR ULMM 252030Z 10001MPS 5000 -SHRA BKN033CB 06/06 Q1012  
R13/290060 NOSIG RMK QFE752=  
SPECI ULMM 252042Z 11001MPS 4100 -SHRA BKN034CB 06/06 Q1012  
R13/290060 NOSIG RMK QFE752=  
METAR ULMM 252100Z 08001MPS 4000 -SHRA BKN032CB 06/06 Q1011  
R13/290060 NOSIG RMK QFE752=  
SPECI ULMM 252124Z 12002MPS 090V160 8000 -SHRA BKN033CB 07/07  
Q1011 R13/290060 NOSIG RMK QFE752=  
METAR ULMM 252130Z 16001MPS 5000 -SHRA BKN029CB 07/07 Q1011  
R13/290060 NOSIG RMK QFE752=  
METAR ULMM 252200Z 13003MPS 6000 -SHRA BKN024CB 08/08 Q1010  
R13/290060 NOSIG RMK QFE751=  
METAR ULMM 252230Z 13002MPS 9999 -SHRA BKN025CB 08/08 Q1010  
R13/290060 NOSIG RMK QFE751=  
METAR ULMM 252300Z 13003MPS 9000 -SHRA BKN015CB 08/08 Q1009  
R13/290160 NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 252330Z 10004MPS 9000 -SHRA BKN014CB 08/08 Q1008  
R13/290160 NOSIG RMK QFE749=  
SPECI ULMM 252344Z 11004MPS 3300 -SHRA BKN013CB 08/08 Q1008  
R13/290160 NOSIG RMK QFE749=  
SPECI ULMM 252348Z 11004MPS 2600 R13/P2000D -SHRA BKN013CB  
08/08 Q1008 R13/290160 NOSIG RMK QFE749=  
METAR ULMM 260000Z 11004MPS 3400 -SHRA SCT007 BKN018CB 08/08  
Q1008 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE749=  
METAR ULMM 260030Z 10003MPS 7000 -SHRA SCT008 BKN015CB 08/08  
Q1007 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE749=  
METAR ULMM 260100Z 10003MPS 4500 -SHRA SCT008 BKN016CB 08/08  
Q1007 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE748=  
METAR ULMM 260130Z 12003MPS 3500 -SHRA SCT008 BKN016CB 08/08  
Q1006 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE748=

METAR ULMM 260200Z 15003MPS 120V220 4800 -SHRA SCT008  
 BKN016CB 08/08 Q1005 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE747=  
 METAR ULMM 260230Z 15002MPS 9999 SCT008 BKN016CB 08/08 Q1005  
 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE747=  
 METAR ULMM 260300Z 22001MPS 9000 SCT008 BKN016CB 09/09 Q1005  
 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE747=  
 METAR ULMM 260330Z 27002MPS 200V330 8000 SCT008 BKN016CB  
 09/09 Q1005 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE747=  
 METAR ULMM 260400Z 26005G10MPS 8000 -SHRA SCT008 BKN016CB  
 10/10 Q1005 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE747=  
 METAR ULMM 260430Z 26005MPS 9999 SCT008 BKN014CB 09/09 Q1006  
 R13/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE748=  
 METAR ULMM 260500Z 27005MPS 9999 SCT008 BKN014CB 09/09 Q1006  
 R31/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE747=  
 METAR ULMM 260530Z 28004MPS 9999 SCT008 BKN014CB 09/09 Q1007  
 R31/290160 NOSIG RMK OBST OBSC QFE748=  
 METAR ULMM 260600Z 28004MPS 9999 BKN014 09/09 Q1007 R31/290160  
 NOSIG RMK QFE748=

По представленным выше сводкам фактической погоды можно заметить, «предфронтовой» ветер юго-восточного направления со скоростью 3-4 м/с, далее в период с 02:30 до 03:00 UTC ветер развернулся в сторону юго-западного, что говорит о прохождении фронтального раздела через аэродром. Вместе с этим отмечается ухудшение видимости в осадках и облачность с нижней границей 240-120 метров. А также стоит отметить и увеличение температуры, что в очередной раз подтверждаетхождение тёплого фронта. Можно сделать вывод, чтохождение фронтальных разделов, с которыми связаны резкие скачки давления, повлияли на прогноз минимального давления QNH на аэродроме Мурманск.

Анализ синоптической ситуации над Кольским полуостровом с 01 по 05 января 2024 года и определение возможных причин значительного отклонения в эти дни.

По данным из таблицы 18 можно заметить, что по прогностическим картам ожидалось, что минимальное давление QNH на аэродроме Мурманск:

В период с 18 UTC 01 января по 06 UTC 02 января 2024 года понизится на 3 гПа, а оно понизилось на 2 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -5, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме Мурманск.

В период с 00 до 12 UTC 04 января 2024 года понизится на 1 гПа, а оно осталось неизменно (1010 гПа), вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -5, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме Мурманск.

В период с 00 до 12 UTC 05 января 2024 года понизится на 1 гПа, а оно повысилось на 1 гПа, вследствие этого разница между прогнозом и фактом составила -5, что является сильно перестраховочным прогнозом минимального давления QNH на аэродроме Мурманск.

Таблица 18 - Фрагмент рабочей таблицы с 01 по 05 января 2024 года

| Срок       |       | Прогноз на 6 часов | Факт за 6 часов | Разница |
|------------|-------|--------------------|-----------------|---------|
| 01.01.2024 | 00-06 | 1023               | 1026            | -3      |
|            | 06-12 | 1023               | 1026            | -3      |
|            | 12-18 | 1023               | 1026            | -3      |
|            | 18-00 | 1022               | 1026            | -4      |
| 02.01.2024 | 00-06 | 1019               | 1024            | -5      |
|            | 06-12 | 1019               | 1023            | -4      |
|            | 12-18 | 1017               | 1021            | -4      |
|            | 18-00 | 1013               | 1017            | -4      |
| 03.01.2024 | 00-06 | 1011               | 1015            | -4      |
|            | 06-12 | 1010               | 1014            | -4      |
|            | 12-18 | 1008               | 1011            | -3      |
|            | 18-00 | 1007               | 1011            | -4      |
| 04.01.2024 | 00-06 | 1006               | 1010            | -4      |
|            | 06-12 | 1005               | 1010            | -5      |
|            | 12-18 | 1003               | 1007            | -4      |
|            | 18-00 | 1001               | 1005            | -4      |
| 05.01.2024 | 00-06 | 1001               | 1004            | -3      |
|            | 06-12 | 1000               | 1005            | -5      |
|            | 12-18 | 1003               | 1007            | -4      |
|            | 18-00 | 1007               | 1011            | -4      |

На кольцевых картах погоды, представленных на рисунках 21, 22 и 23, мы видим, что погоду Кольского полуострова с 01 по 05 января 2024 года определяло поле повышенного давления. Первого января 2024 года над Финляндией усиливался антициклон с замкнутой изобарой в 1030 гПа. Кольский полуостров и, в частности, аэродром Мурманск находится в северо-восточной его части. Второго января с северо-востока произошло усиление ложбины циклона, центр которого находится между о-вами Земля Франца-Иосифа и о-вами Северная Земля, однако на погоду всё равно в большей степени влиял антициклон, центр которого к этому времени растянулся от Финляндии в сторону Архангельска. Третьего января и большую половину четвертого января 2024 года ситуация не изменилась, однако в конце 04.01.2024 года синоптическая ситуация над Кольским полуостровом изменилась на северную периферию антициклона, а влияние ложбины совсем ослабло. И, наконец, пятого января ложбина с северо-

востока снова начала усиливаться и влиять на погоду Кольского полуострова.

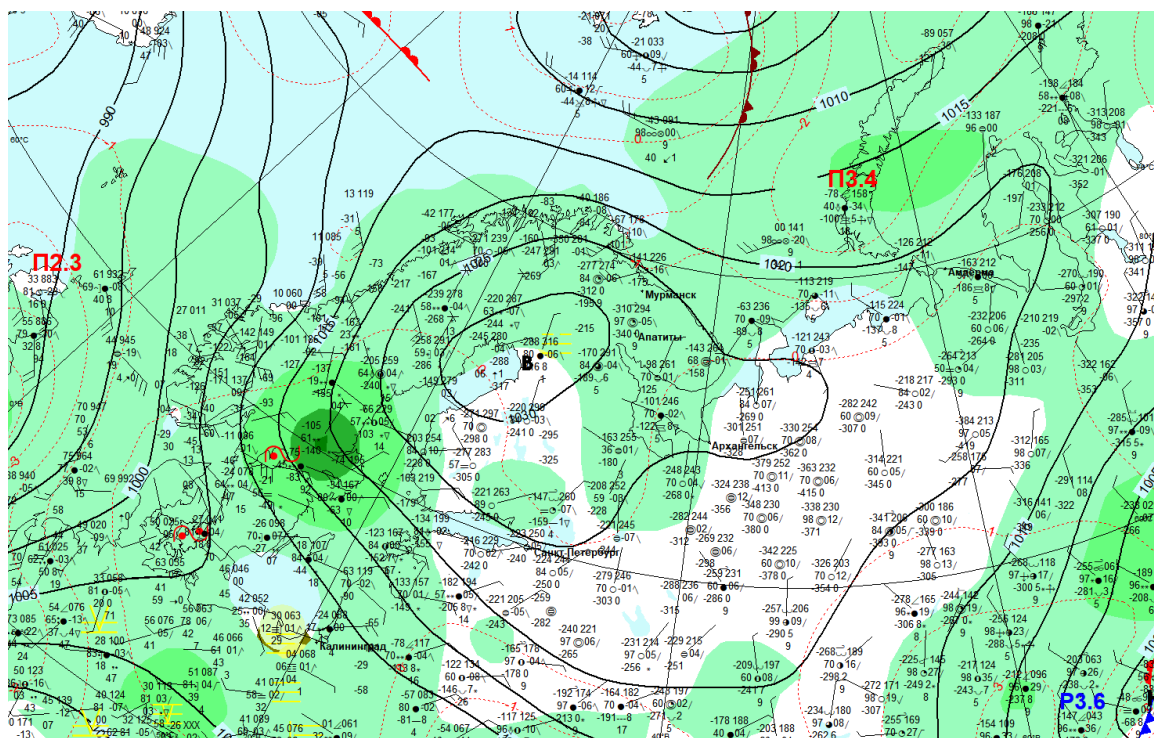


Рисунок 21 - Кольцевая карта погоды за 00 UTC 02 января 2024 года

Сводки фактической погоды на аэродроме Мурманск за период с 18 UTC 01 января до 06 UTC 02 января 2024 года представлены ниже:

METAR ULMM 011800Z 16001MPS CAVOK M26/M28 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=

METAR ULMM 011900Z 15001MPS CAVOK M27/M30 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=

METAR ULMM 012000Z 16001MPS CAVOK M28/M30 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=

METAR ULMM 012100Z 16001MPS CAVOK M28/M31 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=

METAR ULMM 012200Z 18001MPS CAVOK M29/M32 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=

METAR ULMM 012300Z 00000MPS CAVOK M27/M30 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=  
METAR ULMM 020000Z 00000MPS CAVOK M29/M32 Q1026 R31/490050  
NOSIG RMK QFE762=  
METAR ULMM 020100Z 00000MPS 9999 FEW007 M28/M31 Q1026  
R31/490044 NOSIG RMK OBST OBSC QFE762=  
METAR ULMM 020200Z 13001MPS 9999 FEW004 M29/M32 Q1025  
R31/490044 NOSIG RMK QBB140 OBST OBSC QFE762=  
METAR ULMM 020300Z 00000MPS CAVOK M30/M33 Q1025 R31/490044  
NOSIG RMK QFE761=  
METAR ULMM 020400Z 09001MPS CAVOK M30/M33 Q1025 R31/490044  
NOSIG RMK QFE761=  
METAR ULMM 020500Z 00000MPS CAVOK M29/M32 Q1024 R31/490046  
NOSIG RMK QFE761=  
METAR ULMM 020600Z 00000MPS CAVOK M29/M32 Q1024 R31/490046  
NOSIG RMK QFE761=

По представленным выше сводкам фактической погоды можно заметить, что никакого ухудшения погоды не было: хорошие условия и низкая температура около -30 градусов Цельсия, а ветер слабый переменного направления.



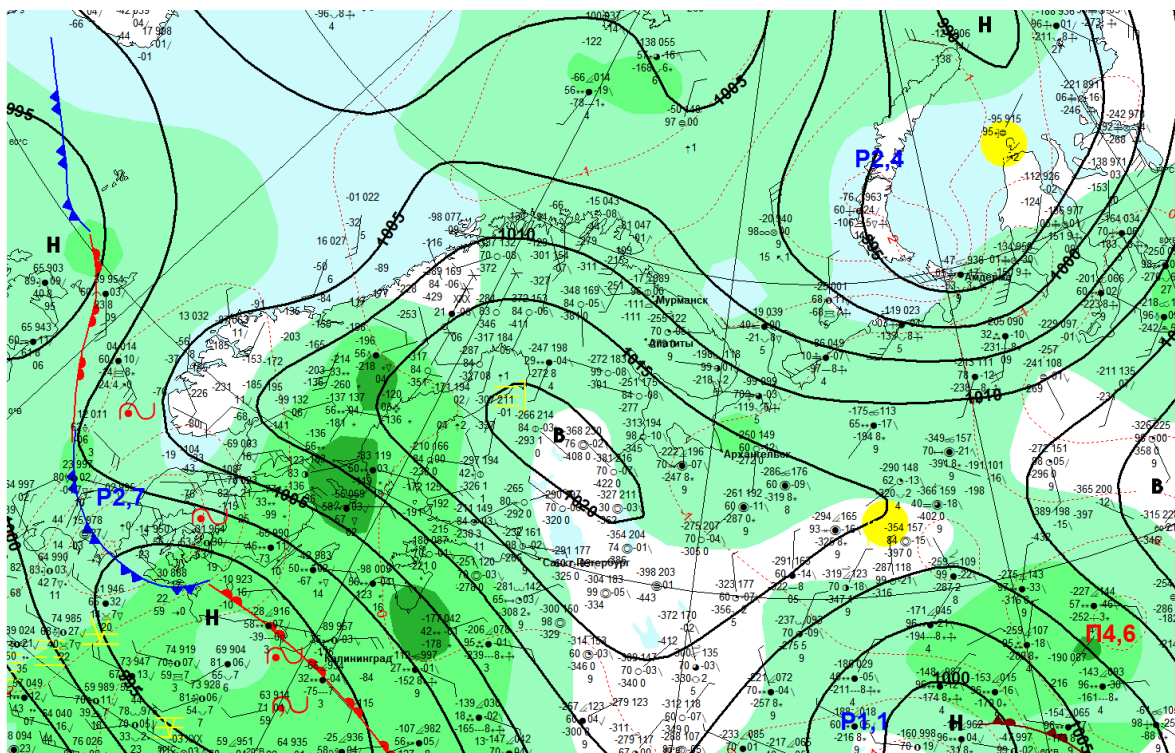


Рисунок 22 - Кольцевая карта погоды за 06 UTC 04 января 2024 года

Сводки фактической погоды на аэродроме Мурманск за период с 00 до 12 UTC 04 января 24 представлены ниже:

METAR ULMM 040000Z 34001MPS CAVOK M17/M21 Q1011 R31/390137 NOSIG RMK QFE751=

METAR ULMM 040100Z 32001MPS CAVOK M17/M21 Q1011 WS R31 R31/390137 NOSIG RMK QFE751=

METAR COR ULMM 040200Z 08001MPS CAVOK M18/M21 Q1011 R31/390137 NOSIG RMK QFE751=

METAR ULMM 040300Z 03001MPS CAVOK M18/M21 Q1011 R31/390137 NOSIG RMK QFE751=

METAR ULMM 040400Z 01001MPS CAVOK M19/M21 Q1011 R31/390137 NOSIG RMK QFE751=

METAR ULMM 040500Z 00000MPS CAVOK M19/M22 Q1010 R31/390137 NOSIG RMK QFE750=

METAR ULMM 040600Z 15001MPS 7000 NSC M20/M23 Q1010 R31/490138  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 040700Z 16001MPS CAVOK M20/M23 Q1010 R31/490138  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 040800Z 00000MPS CAVOK M21/M24 Q1011 R31/490138  
NOSIG RMK QFE751=  
METAR ULMM 040900Z 19001MPS CAVOK M26/M28 Q1010 R31/490138  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 041000Z 17001MPS 9000 NSC M29/M32 Q1010 R31/490138  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 041100Z 16001MPS CAVOK M30/M33 Q1010 R31/420041  
NOSIG RMK QFE750=  
METAR ULMM 041200Z 16001MPS CAVOK M31/M34 Q1009 R31/420041  
NOSIG RMK QFE750=

По представленным выше сводкам фактической погоды можно заметить, что никакого ухудшения погоды всё также не было, но присутствовало повышение температуры при ветра северных направлений, что говорит о том, что тепло к нам пришло от тёплого Баренцева моря. А когда ветер снова развернулся на южный, температура снова упала в значения меньше -20 градусов Цельсия.

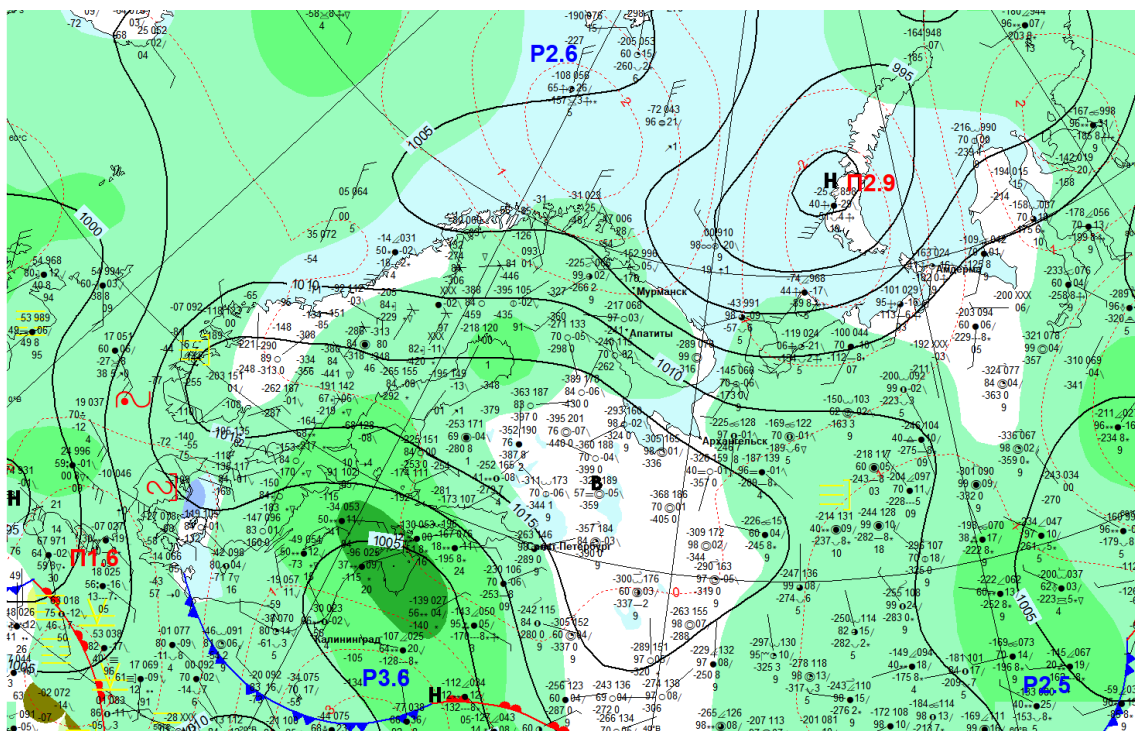


Рисунок 23 - Кольцевая карта погоды за 06 UTC 05 января 2024 года

Сводки фактической погоды на аэродроме Мурманск за период с 00 до 12 UTC 05 января 24 представлены ниже:

METAR COR ULMM 050000Z 12001MPS CAVOK M28/M31 Q1005 R31/390144 NOSIG RMK QFE746=

METAR COR ULMM 050100Z 20002G07MPS CAVOK M21/M24 Q1005 R31/390141 NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMM 050200Z 31003MPS CAVOK M25/M28 Q1005 R31/390141 NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMM 050300Z 02001MPS CAVOK M22/M25 Q1005 R31/390141 NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMM 050400Z 28001MPS CAVOK M22/M25 Q1004 R31/390141 NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMM 050500Z 01002MPS 260V070 CAVOK M23/M26 Q1005 R31/390138 NOSIG RMK QFE746=

METAR ULMM 050600Z 00000MPS CAVOK M23/M26 Q1005 R31/390137  
NOSIG RMK QFE746=  
METAR ULMM 050700Z 17001MPS CAVOK M22/M26 Q1005 R31/390137  
NOSIG RMK QFE747=  
METAR ULMM 050800Z 22001MPS CAVOK M21/M24 Q1005 R31/390137  
NOSIG RMK QFE747=  
METAR ULMM 050900Z 00000MPS CAVOK M23/M26 Q1006 R31/390137  
NOSIG RMK QFE747=  
METAR ULMM 051000Z 26001MPS CAVOK M22/M25 Q1006 R31/390137  
NOSIG RMK QFE748=  
METAR ULMM 051100Z 00000MPS CAVOK M22/M25 Q1007 R31/390137  
NOSIG RMK QFE748=  
METAR ULMM 051200Z 00000MPS CAVOK M22/M25 Q1007 R31/390137  
NOSIG RMK QFE748=

По представленным выше сводкам фактической погоды можно заметить, что никакого ухудшения погоды всё также не было: условия хорошие, температура в пределах -20 градусов Цельсия, а ветер переменного направления и слабый по скорости - 1-3 м/с.

Можно заключить, что ошибки в прогнозе минимального давления QNH на аэродроме Мурманск обусловлены не исключительно фронтальными разделами, но также сложными синоптическими процессами, такими как воздействие периферии антициклона с одной стороны и периодически усиливающейся ложбины с другой. Это процессы способны вызывать существенные отклонения в прогностических данных.

Проведенный анализ каждого случая с учетом специфики синоптической ситуации позволяет утверждать, что значительные расхождения между прогнозируемым и фактическими минимальным давлением QNH на аэродроме Мурманск преимущественно наблюдаются при прохождении фронтальных разделов, включая прохождение тёплого

фронта и размытие холодного фронта в гребне антициклона. При этом положительные отклонения, зафиксированные в двух случаях за исследуемый период, были связаны с прохождением тёплого фронта, а также с резким изменением синоптической обстановки, когда на малоградиентном поле давления формировалась ложбина.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирование минимального давления QNH на аэродроме имеет одно из решающих значений для безопасного взлёта, посадки, а также полёта как больших, так и малых самолётов.

Проведенное исследование, направленное на анализ отклонений прогностических значений атмосферного давления QNH от фактических данных на аэродромах Мурманск и Апатиты, позволило достичь поставленных целей и решить ключевые задачи.

- В рамках работы были созданы архив прогностических карт давления и архив фактических данных за период с апреля 2023 по март 2024 года, что обеспечило надёжную основу для проведения анализа.
- Сравнение прогностических и фактических значений давления выявило случаи значительных расхождений.
- Анализ синоптических условий, при которых наблюдались наибольшие отклонения, показал, с чем, возможно, могли быть связаны эти ошибки (прохождение фронтальных разделов или резкое изменение синоптической ситуации).

В результате проведенного исследования был сделан вывод, что не существует определённых условий, при которых прогнозированием QNH могло бы быть абсолютно точным. Анализ данных за период с апреля 2023 по март 2024 года по двум аэродромам выявил четыре случая неоправдавшихся прогнозов: два на аэродроме Апатиты и два на аэродроме Мурманск.

В случае аэродрома Апатиты оба неоправдавшихся прогноза были связаны с прохождением фронта окклюзии (в первом случае фронт двигался с запада, во втором – с юга). Кроме того, на ошибки в прогнозах давления на этом аэродроме могло повлиять его расположение в горной

местности: аэропорт находится чуть южнее Хибинских гор высотой до 1200 метров, где давление изменяется более резко.

Что касается аэродрома Мурманск, то в первом случае ошибка прогноза была обусловлена формированием ложбины в мало градиентном поле, а во втором – прохождением классического тёплого фронта с юго-запада. Также на неточности в прогнозах давления на этом аэродроме могло повлиять его близкое расположение к Баренцеву морю, которое часто вносит существенные коррективы в местные погодные условия, а также его сильное удаление от узла сетки в прогностических картах минимального давления QNH.

В целом, стоит сказать, что метод прогнозирования, который используется в Мурманске, оправдывается отлично. На двух рассматриваемых аэродромах значение ошибки составило 0,14% за выбранный период (апрель 2023 года -март 2024 года), что свидетельствует о высокой эффективности используемого метода прогнозирования.

Общей рекомендацией для улучшения качества прогнозов будет – учитывать особенности синоптических условий, особенно при прохождении фронтальных разделов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. Учебник. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2005.-328 с.
2. Бабушкин О.Л. Авиационная метеорология: учеб. пособие/ О.Л. Бабушкин, Х.Т. Эгамбердиев. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2015. – 146 с.
3. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология: учеб. пособие/ В.А. Позднякова. – Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2010. – 113 с.
4. Сафонова Т.В. Авиационная метеорология: учеб. пособие/ Т.В. Сафонова. – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2009. – 238 с.
5. Красотский Г.А. АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ. Учебное пособие/ Г.А. Красотский, А.Н. Неижмак, И.П. Рачук. Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков – Краснодар: КВВАУЛ, 2018. – 344 с.
6. Фридзон М.Б. Основы авиационной метеорологии [Текст]: учебное пособие / М.Б. Фридзон. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – 64 с.
7. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Прогнозирование метеорологических условий для авиации. – М.: Триада лтд, 2016. – 312 с.
8. Инструкция по метеорологическому обеспечению Мурманск
9. Инструкция по метеорологическому обеспечению Апатиты
10. Климатическое описание аэродрома Мурманск за 2000-2019 годы
11. Климатическое описание аэродрома Апатиты (Хибины) за 2013-2022 годы