



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

Кафедра метеорологических прогнозов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Условия образования низкой облачности на аэродроме Барнаул»

Исполнитель Кожемяцкий Виталий Валерьевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук  
(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)

«26» июня 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## Оглавление

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОЙ ОБЛАЧНОСТИ .....	5
1.1. Структура, морфология и виды облачности.....	5
1.2. Виды облачности влияющие на работу авиации.....	7
2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ.....	13
2.1. Методы прогнозирования высоты нижней границы облачности.....	13
2.2. Физико-географическое и климатическое описание аэродрома Барнаул.....	18
2.3. Исходные данные .....	21
3. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОЙ ОБЛАЧНОСТИ НА АЭРОДРОМЕ БАРНАУЛ .....	24
3.1. Временная изменчивость облачности с ВНГО $\leq 300$ м на аэродроме Барнаул .....	24
3.2. Синоптические ситуации при ВНГО 300м и менее .....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Облачность играет существенную роль в авиации, особенно во время взлёта и посадки. При полёте в облаках, самолёт подвергается таким факторам, как турбулентность, обледенение и электризация. Когда высота нижней кромки облачности оказывается близкой к минимуму - это создаёт трудности при посадке. ВНГО и дальность видимости определяют возможность взлета или посадка самолета. В связи с этим прогнозированию ВНГО уделяется особое внимание. ВНГО, указывается в оперативных прогнозах по аэродрому, в прогнозах по районам полетов и содержится в штормовой информации.

Целью моей работы является изучение условий образования низкой облачности на аэродроме Барнаул.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Изучить литературу о процессах образования облаков;
2. Создать архив случаев низкой облачности на аэродроме Барнаул.
3. Определить синоптические ситуации в случаях ВНГО 300м и ниже;
4. Выявить факторы, способствующие возникновению низкой облачности, чтобы учитывать их при прогнозировании.
5. Апробировать методы прогноза низкой облачности и выявить наилучшие

Для достижения поставленных целей в данной работе были использованы данные аэродромных наблюдений с интервалом 30 минут за период с 1 января 2022 года по 31 декабря 2022 года, а также различные литературные источники, а также интернет-ресурсы.

В работе рассматриваются типовые синоптические ситуации, которые приводят к понижению ВНГО до уровня 300 метров и ниже на аэродроме Барнаул. Оценивается возможность использования полуэмпирических формул для прогнозирования ВНГО.

Работа состоит из трёх разделов.

В первом рассматриваются виды облачности, структура, классификация, условия образования, влияние низкой облачности на работу авиации, рассмотрены климатические характеристики аэродрома Барнаул (Михайловка).

Во втором разделе рассматриваются методики прогнозирования низкой облачности, их особенности, и применяемость в разных синоптических ситуациях.

В третьем разделе анализируются исходные данные, делаются выводы об условиях образования низкой облачности, характерных климатических ситуациях.

Актуальность работы заключается в изучении методов прогнозирования ВНГО анализа их эффективности, выявлении особенностей методов, изучении синоптических ситуаций характерных для образования низкой облачности

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Одним из наиболее значимых метеорологических явлений, которые оказывают влияние на безопасность и регулярность полетов воздушных судов, является низкая облачность, а также сопутствующие ей осадки и туманы, которые существенно ухудшают видимость.

Облачность классифицируется по количеству: несколько: 1-2 октанта (FEW), разбросанные: 3-4 октанта (SCT), значительная: 5-7 октантов (BKN); сплошная: 8 октантов (OVC). В телеграммах METAR облачность указывается с нижней границей не выше 1500 м, без указания формы облаков, либо кучево-дождевая и мощно-кучевая на любых высотах. Для авиации наибольший интерес представляют случаи низкой облачности с количеством облаков BKN и OVC, при которой облака покрывают небосвод более, чем наполовину. В холодное время года, когда воздух насыщен паром чаще, чем в теплое время года, повторяемость значительной и сплошной нижней облачности (5-8 октантов) выше зимой и осенью, чем летом и весной.

## 1.1. Структура, морфология и виды облачности

Облачность образуется в результате конденсации или сублимации водяного пара в атмосфере, при восходящих движениях воздуха. Облака играют важную роль в климатических процессах: они являются источником выпадения осадков, могут вызывать грозы и препятствовать притоку солнечного тепла. Кроме того, облака влияют на температуру воздуха и могут затруднять работу авиации.

Для описания облаков используются характеристики, такие как количество, форма, высота нижней и верхней границы. Также важно анализировать формы и частоту появления нижней облачности в связи с

условиями, способствующими ее образованию. Это помогает учитывать эти факторы при прогнозировании погоды.

Нижняя граница облака соответствует уровню конденсации. Между этим уровнем и нулевой температурой облака состоят из водяных капель и, иногда, тающего снега.

Выше нулевой температуры появляются переохлаждённые капли, которые держатся до уровня замерзания на высоте  $-12^{\circ}\text{C} \dots -17^{\circ}\text{C}$ . Над этим уровнем начинается сублимация водяного пара и замерзание переохлаждённых капель. Облака в основном состоят из льдинок. Внутри облака резких границ между жидкими и твёрдыми элементами воды нет. Частицы могут переходить из одной области в другую. На рисунке показан разрез мощного облака, основание находится в положительных температурах, а верхняя часть - в отрицательных, где преобладают льдинки[9].

Верхняя граница облака определяется уровнем конвекции. Капли и ледяные кристаллы облака не всегда остаются неподвижными. При восходящих движениях воздуха они поднимаются вверх, а при нисходящих опускаются.

Из-за движения воздуха в облаке меняются температура и влажность, что изменяет состояние облачных частиц.

Под действием ветра облака движутся горизонтально, в них развиваются турбулентные потоки.

Вокруг облака влага в воздухе не насыщена. На периферии он постоянно испаряется, но поступление пара из восходящих потоков поддерживает его.

Облака могут существовать там, где есть условия для их образования. При отсутствии таких условий они распространяются и испаряются.

Существуют разные классификации облаков:

Морфологическая классификация - по внешнему, используется в метеорологии.

Генетическая классификация – по происхождению.

По строению - по состоянию, размерам и форме частиц.

Для наблюдений и прогнозов метеослужбами используется морфологическая классификация. Она не дает прямой информации о происхождении и строении облаков. Однако по типу облаков можно судить о процессах в атмосфере.

Морфологическая классификация включает в себя 10 основных форм облаков, которые дополнительно подразделяются на различные виды и разновидности. Одним из ключевых факторов, определяющих форму облаков, является их внешний вид и структура. Облака могут быть представлены в виде отдельных масс или сплошного покрова. Их внутреннее строение может быть волокнистым, хлопьевидным или однородным. Кроме того, облака могут быть как плотными, закрывающими небо и не пропускающими свет, так и тонкими, пропускающими свет и т.д. Вышеперечисленные признаки характеризуют внешнее строение облаков.

По ВНГО выделяют три яруса облачности:

Верхний 6000м и выше

Средний 2000-6000м

Нижний 2000 и менее

Так же выделяется облака вертикального развития: Кучевые, Мощно-кучевые и Кучево-дождевые. [7]

## 1.2. Виды облачности влияющие на работу авиации

Облака нижнего яруса это облака, которые образуются и развиваются в нижнем слое атмосферы, до высоты 2000 метров. В этом ярусе могут образовываться различные формы и виды облаков. [5]

Слоистые облака (Stratus - St) (рис№) обычно располагаются на высоте от 0,03 до 0,4 км, а их толщина может варьироваться от 0,1 до 0,6 км. Они состоят из капель воды диаметром от 1 до 20 мкм, преимущественно размером 2-5 мкм.



Рисунок 1 - Слоистые (Stratus)

Слоисто-дождевые (Nimbostratus) (рис1) Слоисто-дождевые облака обычно находятся на высоте от 500 до 1900 метров. Толщина облачного слоя достигает 2-3 километра. Иногда облака бывают более тонкими, не более 1-2 километра. [6]

Облака состоят из переохлажденных капель и ледяных кристаллов. В верхней части кристаллы имеют столбчатую форму, в нижней - пластинчатую. Внизу преобладают мелкие капли воды с снежинками или крупными каплями. Большинство капель воды имеет радиус от 8 до 12 км.

Из слоисто-дождевых облаков идут морозящие осадки. Это помогает обнаружить облака, даже когда они маскируются низкими разорвано-дождевыми облаками. Иногда осадки из Ns испаряются и не достигают поверхности земли.



Рисунок 2 - (Nimbostratus)

Слоисто-кучевые (Stratocumulus) (рис ) Это отдельные серые, белесые или серо-белесые облака в виде клочьев, пелены или слоя, которые почти всегда имеют темные части, расположенные в шахматном порядке. Они могут выглядеть как валы, округлые облачные массы и т.д. и не имеют волокнистого строения (за исключением полос падения). Облака могут быть отдельными или сливаться вместе. Большая часть малых элементов в этих облаках упорядоченно расположена и имеет видимую ширину более  $5^\circ$  дуги.



Рисунок 3 - Слоисто-кучевая (Stratocumulus)

Кучевые облака (Cumulus) (рис.№). Высота нижней границы кучевых облаков зависит от влажности воздуха. В умеренных широтах она обычно на высоте 0,4–1,6 км, при низкой влажности воздуха может достигать высоты более 2 км. вертикальная протяженность от сотен метров до нескольких километров.

Кучевые облака состоят из капель воды, больших в верхней части и мелких в нижней. При отрицательной температуре капли находятся в переохлажденном состоянии. Главный процесс образования - мощные восходящие движения воздуха, обусловленные неравномерным прогревом поверхности.



Рисунок 4 - Кучевая (Cumulus)

Кучево-дождевые (Cumulonimbus) (рис.№). Кучево-дождевые облака обычно находятся на высоте от 0,6 до 1,6 км, а их верхняя граница достигает высоты от 4 до 5 км, а в некоторых случаях может достигать высот тропопаузы (8-9 км).

Микроструктура кучевых облаков включает множество капель разных размеров, а также кристаллы льда, снежные зерна и град. Формирование кучевых облаков существенно зависит от процесса охлаждения воздуха при восходящем движении в условиях высокоразвитой динамической или тепловой конвекции, поэтому их толщина может достигать 3-5 км и более.



Рисунок 5 – Кучево-дождевая (Cumulonimbus)

## 2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОСТИ

### 2.1. Методы прогнозирования высоты нижней границы облачности

Прогнозирование высоты нижней границы облачности очень важно для работы авиации. Низкая облачность сильно зависит от местных условий, поэтому методов прогнозирования разработано много. В различных регионах России используются различные методы и приемы.

Основные методы или приемы, используемые для прогнозирования высоты нижней границы облачности, являются синоптико-статистическими. Для получения лучших результатов прогнозирования желательно использовать статистические зависимости на основе ряда наблюдений в конкретном регионе. В этом случае результаты прогнозирования будут более точными, чем при использовании графиков и формул без учета местных условий. [1]

По методу Е.И. Гоголевой можно прогнозировать высоту нижней границы облачности при медленно меняющихся синоптических условиях и хорошо выраженном переносе масс воздуха.

Путем предварительной обработки материала наблюдений строится график, на котором преобладающие высоты облачности разграничиваются линиями. Для более точного результата рекомендуется строить отдельные графики для дня и ночи, чтобы учесть влияние суточного хода на высоту облаков.

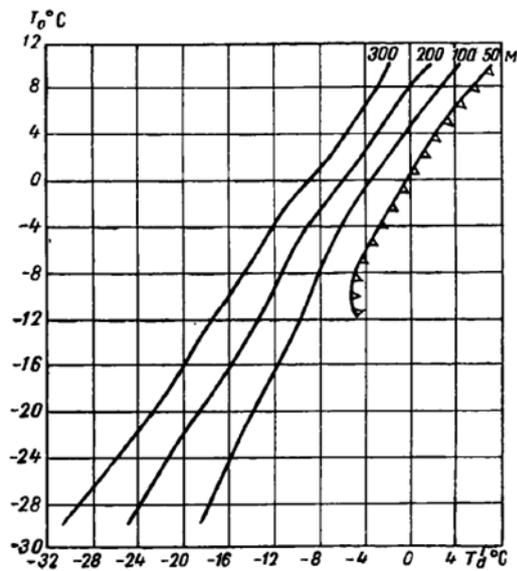


Рисунок 8 - Метод Е.И. Гоголевой

На графике по вертикальной оси отложена температура воздуха  $T$ , а по горизонтальной - прогностическая температура точки росы  $T'd$ . Наклонные линии разделяют области с указанной высотой облачности. Оптимальный период прогноза составляет 9 часов, но при необходимости можно прогнозировать до 12 часов вперед.

Ожидаемая высота облаков рассматривается как функция величины  $(T - T'd)$ , где  $T$  - температура в исходный момент времени в пункте прогноза, а  $T'd$  - точка росы в начале траектории частицы. Для построения траектории рекомендуется использовать карту АТ 850

К.Г.Абрамович определены дополнительные критерии для прогнозирования низкой облачности. Если изменения температуры воздуха превышают  $4^{\circ}\text{C}$  за 12 часов, то при адвекции тепла наблюдается уменьшение высоты облачности, а при адвекции холода - увеличение. Если изменения температуры составляют  $6^{\circ}\text{C}$  за 12 часов, то при адвекции тепла может наблюдаться облакообразование или резкое понижение облачности, а при переносе холода - повышение ВНГО.

Для прогнозирования высоты низкой облачности методом Лугченко используется график:

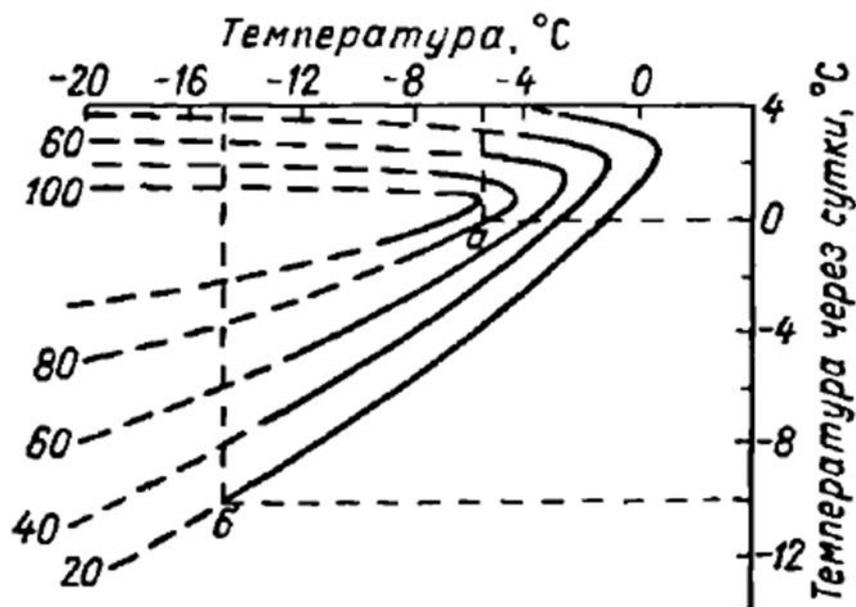


Рисунок 9 – Метод Лугченко

Вдоль горизонтали представлены текущие температуры в 9 часов, а вдоль вертикали - ожидаемые температуры в 9 часов через сутки. Чем ниже начальная температура и выше ожидаемая, тем больше вероятность образования низкой облачности. Для других районов и часов суток график будет иметь другой вид.

Для прогнозирования низкой облачности используются диаграммы распределения метеорологических данных. Однако, при разработке таких прогнозов необходимо учитывать местные особенности района, а также характер барического поля и стратификацию пограничного слоя.

Такой подход эффективен при прогнозировании внутримассовой облачности в малоградиентных барических системах. Однако, следует учитывать, что связь между значениями метеорологических величин в одном и том же пункте может быть достаточной только при их незначительных адвективных изменениях.

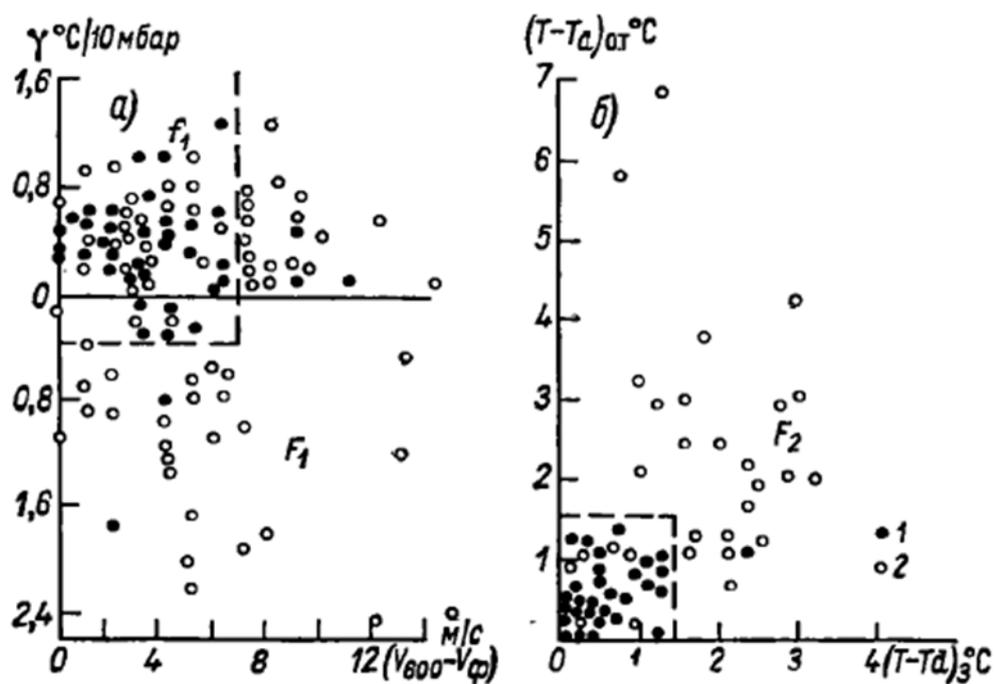


Рисунок 10 – Диаграмма распределения

Для прогноза высоты нижней границы облаков в зоне фронта методом В.М. Ярковой используют ряд графиков, построенных по данным наблюдений в аэропорту Толмачево (Новосибирск). Для каждого сезона года были выделены зоны с высотой облаков ниже 100 м, 101—200 м, 201—300 м и более 300 м. [3]

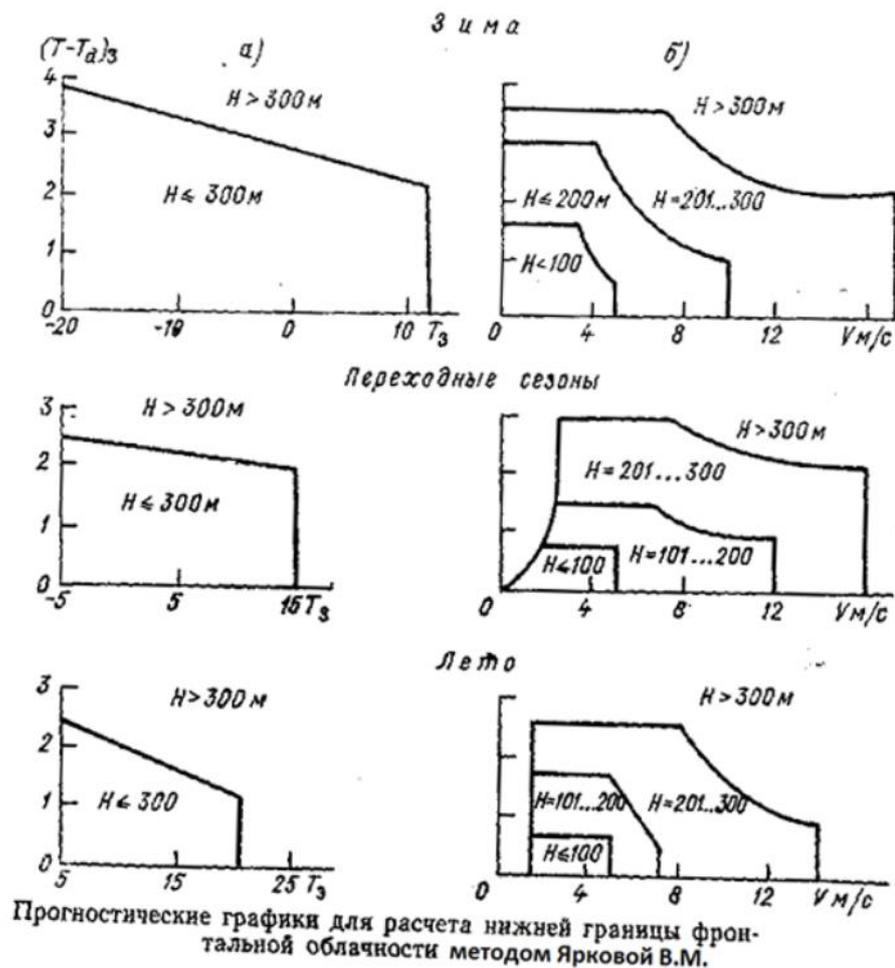


Рисунок 11 – Метод Ярковой В.М.

Для составления прогноза высоты нижней границы облаков необходимо рассчитать время прохождения фронта у поверхности Земли или его положение относительно пункта на период действия прогноза. Затем следует определить контраст температуры во фронтальной зоне в районе, откуда ожидается поступление воздушной массы в пункт прогноза. На следующем этапе нужно определить температуру и точку росы в начальной точке траектории, а также рассчитать скорость ветра.

По графику (а) определяется возможность образования облаков ниже 300 м, а с помощью графика (б) уточняется высота облачности учитывая скорость ветра.

Если в пограничном слое присутствует задерживающий слой, в котором влажность с высотой увеличивается или остается постоянной, и ветер усиливается с высотой, достигая на верхней границе задерживающего слоя 10—16 м/с, то с достаточной уверенностью можно указать высоту облаков нижнего яруса менее 300 м. Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, то в прогнозе следует указать высоту облаков в 1,5 раза большую той, что получена по графику.

Прогноз ВНГО по полуэмпирическим формулам [2]:

$$H = 122(T - Td) \quad (1)$$

$$H = 22(107 - R) \quad (2)$$

$$H = 5400(2 - \lg R) \quad (3)$$

В приведенных формулах  $H$  – высота нижней границы облаков, м,  $T$  – температура воздуха у земли,  $Td$  – точка росы у земли,  $R$  – относительная влажность.

Формулы получены путём обработки ряда наблюдений, и отличаются только коэффициентами.

## 2.2. Физико-географическое и климатическое описание аэродрома Барнаул

Географические координаты контрольной точки аэродрома (КТА) –  $53^{\circ} 21' 48''$  с.ш.  $83^{\circ} 32' 23''$  в.д. Абсолютная высота КТА – 255,08 м.

Разность между поясным (местным) и всемирным скоординированным средним временем (ВСВ) составляет 7 часов.

Район аэродрома Барнаул (Михайловка) занимает равнинную местность со слабо пересеченным рельефом. Через район аэродрома протекает река Обь с

общим направлением с юго-востока на северо-запад. Пойма Оби широкая, до 10 км, с множеством озер, стариц, болот. Из других рек наиболее крупная – Чумыш.

В районе аэродрома расположены населенные пункты, из которых наиболее крупные Барнаул, Новоалтайск, Тальменка, Павловск.

Юго-восточнее и северо-западнее аэродрома на удалении 15-20 км находятся ленточные боры шириной 8-10 км, проходящие в направлении с юго-запада на северо-восток. Сплошным лесным массивом покрыта северо-западная часть территории района аэродрома между рекой Обь и железной дорогой Барнаул-Новосибирск.

Растительный покров в районе аэропорта Барнаул представлен разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью. Почвы выщелоченные и обыкновенные черноземы.

Район аэродрома Барнаул (Михайловка) расположен в зоне континентального климата со степенью континентальности равной 59 %, определенной по формуле Горчинского.

Средняя годовая температура воздуха составляет 1,3 °С. Самым холодным месяцем, как правило, является январь, а самым теплым – июль. Абсолютный максимум температуры отмечен в июле и августе +38,3 °С (1953 г. и 2002 г.), абсолютный минимум – в январе -51,5 °С (1931 г.).

Среднегодовое количество осадков за период 1938-2016 гг. составляет 484 мм, а за период 2005-2018 гг. количество осадков уменьшилось на 70,6 мм и составило 413,4 мм.

Абсолютный максимум годового количества осадков был отмечен в 2017 году (526,7 мм), а абсолютный минимум в 2011 году (256,4 мм).

Средняя годовая относительная влажность за многолетний год составляет 71 %. Относительная влажность воздуха имеет ровный ход с небольшими отклонениями в холодный период года до 79 % (с ноября по январь) и в теплый период года (в мае) до 55 %.

Преобладающие направления ветра: южное, юго-западное. Количество штилей больше всего отмечается зимой (январь, февраль) и летом (июль). Среднегодовая скорость ветра составляет 2,5 м/с, осенью и весной среднемесячная скорость ветра незначительно увеличивается до 3,1 м/с, а в летний период наблюдаются наименьшие скорости ветра: от 1,7 м/с в июле до 2,2 м/с в июне.

Количество общей облачности по данным многолетних наблюдений (1977-2010 гг., 2013-2016 гг.) в целом, в течение года существенно не меняется и колеблется возле значения 6 баллов. Наибольшее количество общей облачности отмечается осенью (октябрь – ноябрь) и зимой (декабрь – январь). Количество нижней облачности за многолетний год составляет 3 балла.

Среднегодовое количество дней ясного состояния неба общей облачности составляет 37,4, по нижней облачности 157,2 дня. Среднегодовое число пасмурных дней по общей облачности составляет 134,5 дня, с максимумом в октябре (16,3 дня) и минимумом в июне - июле (7,4 - 7,6 дня). По нижней облачности среднегодовое число пасмурных дней составляет 31,1 дня, с максимумом в октябре - ноябре (5,7 - 5,8 дней) и минимумом в январе – феврале (0,8 дня).

Среднее число дней с туманом в год составляет 16,5 дней.

В среднем за год наблюдается 26,1 дней с грозой. Грозовая деятельность характерна для теплого времени года, преимущественно грозы отмечаются в июне и июле. В редких случаях могут наблюдаться ранние (апрель) и поздние (октябрь, ноябрь) грозы.

Продолжительность безморозного периода составляет, в среднем 125 дней. Наибольшая продолжительность его была отмечена в 1965 г. и составила 162 дня. Наименьшая продолжительность безморозного периода наблюдалась в 1989 г. и составила 88 дней.

Датой установления устойчивого снежного покрова является 17 октября. Дата разрушения устойчивого снежного покрова приходится на 6 апреля,

средней датой схода снежного покрова является 18 апреля. Среднее число дней с наличием снежного покрова составляет 151 день.

Минимальные условия погоды, необходимые для взлета и посадки, зависят от типов воздушных судов, оборудования аэродрома, условий подхода к нему, подготовленности летного состава и т.д.

Наибольший интерес для практической работы представляют условия погоды ниже минимума аэродрома, с горизонтальной видимостью 900 м и высотой нижней границы облаков 70 м (М 900/70). Особенно важно знать повторяемость этих условий погоды, чтобы планировать время наиболее интенсивных полетов [4].

### 2.3. Исходные данные

Исходными данными для исследования являются сводки регулярных инструментальных 30-минутных наблюдений (00 и 30 минут каждого часа) за 1 год с 1 января 2022 года по 31 декабря 2022 года.

Средние значения метеорологических величин вычисляются автоматически, путем деления суммы значений соответствующих величин (с учетом сотых значений) за определенный срок или сутки на общее число наблюдений за срок или сутки каждого месяца, или многолетнего месяца. Значения меньше 0,05 % принимаются равными 0.

Для анализа синоптических ситуаций связанных с образованием низкой облачности используются синоптические карты Гидрометцентра Росси и данные атмосферного зондирования аэрологической станции Барнаул (29839) [8].

АМСГ Барнаул для инструментального измерения ВНГО использует приборы ДВО-2 и Пеленг СД-02

Измеритель ДВО-2 является импульсным дальномером оптического диапазона, предназначенным для измерения вертикального расстояния от земли до нижней границы облаков на расстоянии.

Измерители высоты облаков ДВО-2 работают на основе измерения времени прохождения светового импульса.

Источник импульса излучает световой импульс, который отражается от нижней границы облаков и возвращается на приемник. Измеренное время преобразуется в высоту нижней границы облаков.

Значение ВНГО выводится на индикатор измерительного блока и передается на дистанционный пульт или автоматическую метеостанцию.

Источник и приемник имеют идентичные корпуса. Наклонные стекла защищают от осадков и пыли, а токопроводящее покрытие обеспечивает обогрев.

Источник состоит из импульсной лампы, блока питания, терморегулятор, электронный коммутатор, защитный модуль и фильтр.

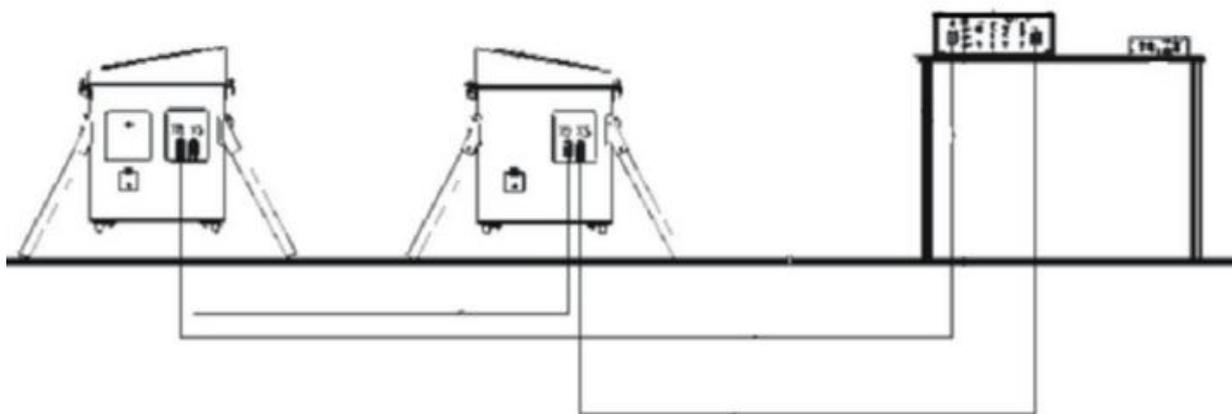


Рисунок 6 - ДВО-2

Измеритель ВНГО Пеленг СД-01 представляет собой наземный прибор дистанционного зондирования состоящий из блока опико-электронного, модема, кабелей, источника бесперебойного питания, персональной электроггой вычислительной машины с соответствующим программным обеспечением.

Конструктивно оптико-электронный блок выполнен в виде моноблока, объединяющего в одном корпусе передающий и принимающий каналы оптической системы, а также управляющий процессор, обеспечивающий управление и процесс измерения.

Принцип действия измерителя основан на регистрации времени прохождения импульсом оптического излучения расстояния до облака и после отражения от него обратно, что при известной скорости света даёт значение нижней границы облаков.

Короткий оптический импульс, сформированный передатчиком, излучается вертикально вверх и отраженный от различных сред атмосферы, принимается приемником, преобразуясь в электрический сигнал. Усиленный сигнал преобразуется в цифровой вид, обрабатывается соответствующим программным обеспечением и передается по выделенной линии модем на ПЭВМ



Рисунок 7 - Пеленг СД-02

### 3. УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИЗКОЙ ОБЛАЧНОСТИ НА АЭРОДРОМЕ БАНРАУЛ

#### 3.1. Временная изменчивость облачности с ВНГО $\leq 300$ м на аэродроме Барнаул

Проанализировав собранные исходные данные, определим годовой ход повторяемости ВНГО 300м, количество случаев облачности, продолжительность. Выделены отдельно случаи с ВНГО ниже минимума аэродрома Барнаул (70м) и 300м, продолжительность этих случаев [10].

Таблица 1 - Число случаев облачности ВНГ  $\leq 300$ м

2023 г.	случаев	дней	Повторяемость, %	Продолжительность
январь	23	20	14	184:30
февраль	14	12	9	86:35
март	21	18	13	66:30
апрель	8	7	5	54:00
май	2	2	1	1:45
июнь	10	10	6	43:45
июль	6	6	4	32:00
август	7	7	4	24:00
сентябрь	8	7	5	73:50
октябрь	16	14	10	73:50

ноябрь	26	21	16	170:20
декабрь	23	18	14	153:30
всего	164	142		956:00

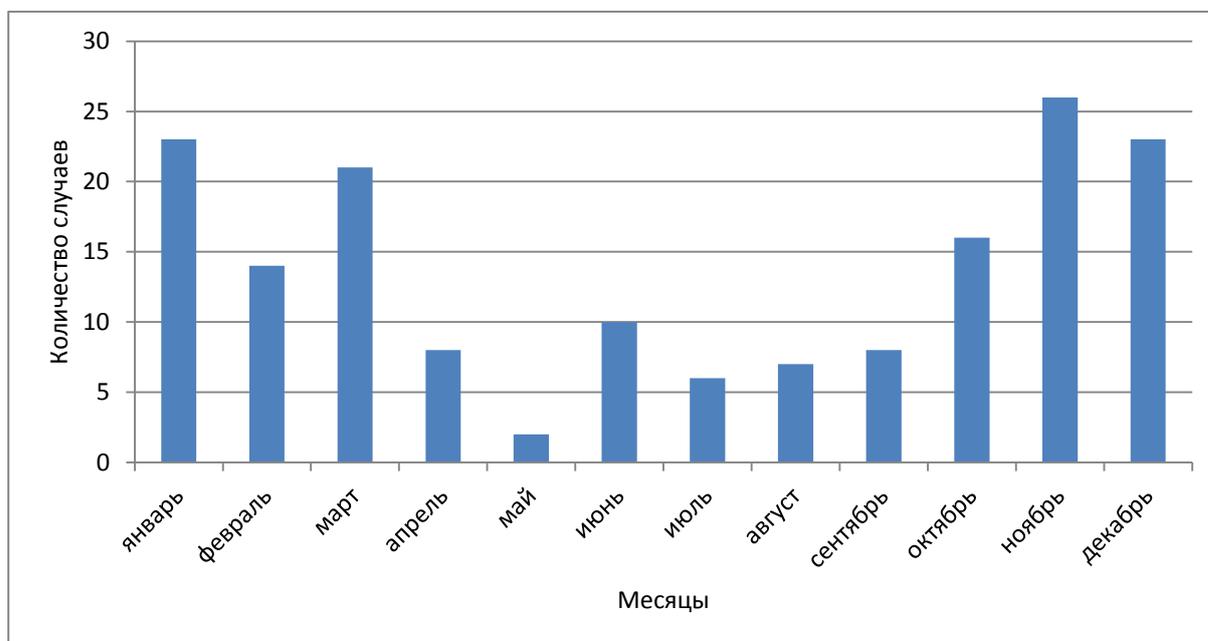


Рисунок 12 – График годового хода случаев ВНГО до 300м.

Как видно из таблицы 1 и графика 12, низкая облачность имеет выраженный годовой ход. В осенне-зимний период наблюдается максимальное количество случаев (110 случаев) облачности с высотой нижней границы 300м и менее. В весенне-летний период количество случаев минимальное (54 случая), за исключением марта, (что связано с активизацией атмосферных процессов в переходный период). Наибольшее число случаев наблюдалось в ноябре – 26, наименьшее в мае – 2 случая. Всего за год наблюдалось 164 случая низкой облачности  $\leq 300\text{м}$ .

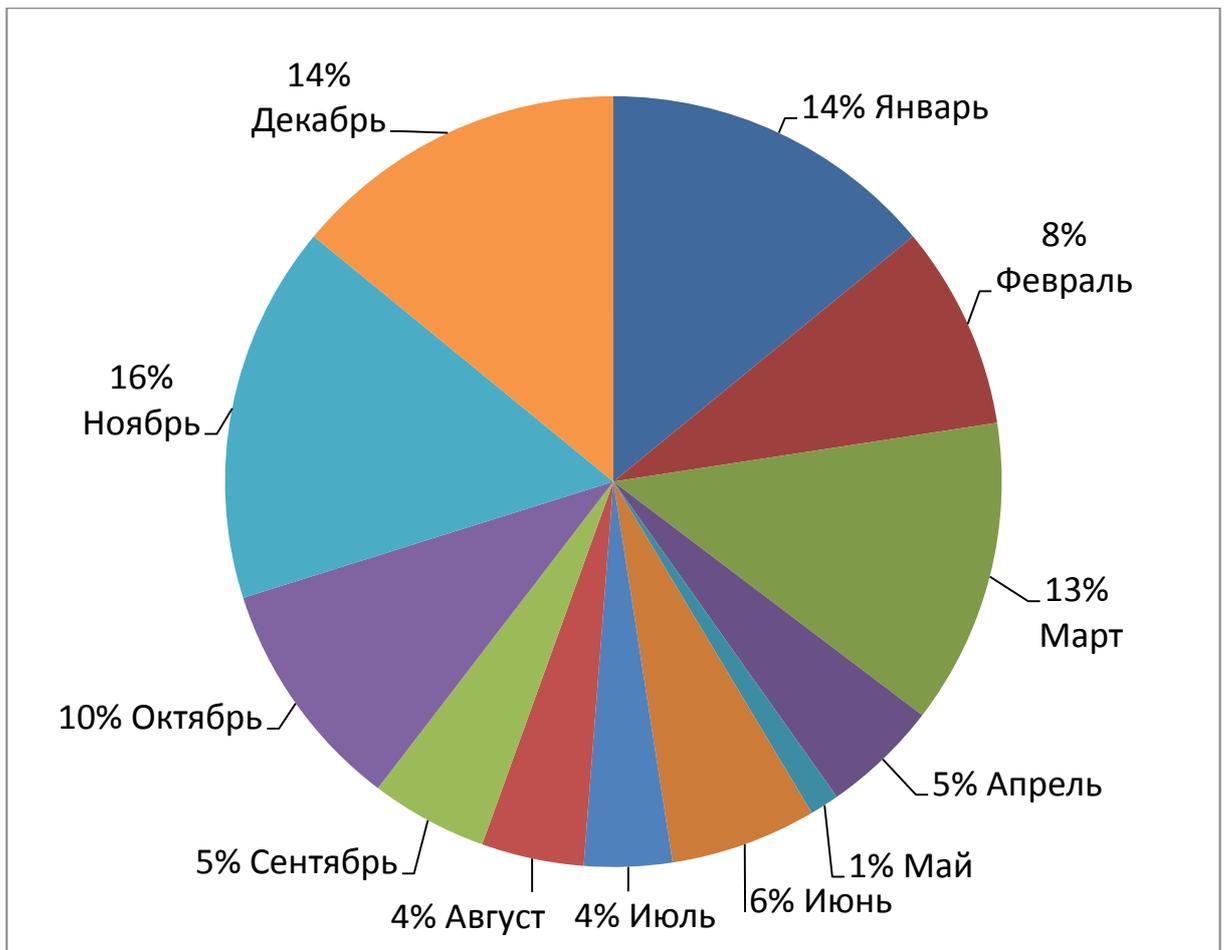


Рисунок 13 Годовой ход повторяемости ВНГО <=300м

Таблица 2 - Повторяемость и продолжительность случаев высоты НГО

ВНГО м	<=70м	80-300м	всего
случаев	17	147	164
повторяемость, %	10%	90%	
продолжительность	111:00	845:00	

Повторяемость высоты нижней границы облачности ниже минимума аэродрома Барнаул (70м) составляет 10% от общего числа случаев, это 17

случаев с общей продолжительностью 111 часов, большинство этих случаев приходится на осенне-зимний период.

Облачность с высотой нижней границы 300 м. и менее, но выше минимума аэродрома Барнаул (70 м) наблюдается в 90% случаев, это 147 случаев общей продолжительностью 845 часов, хотя эта облачность не останавливает работу аэродрома Барнаул, она всё же оказывает влияние на работу местных авиалиний.

Таблица 3 - Продолжительность случаев низкой облачности

продолжительность	случаев	%	ЧЧ:ММ
1 ч и менее	24	14	16:15
1-3 ч	41	25	85:30
3-6 ч	49	30	226:15
6-9 ч	21	13	165:00
9-12 ч	13	8	135:10
>12 ч	16	10	327:45
всего	164		

Низкая облачность с непрерывной продолжительностью наблюдения 1 час и менее, оказывает минимальное влияние на работу аэродрома, доля таких случаев составляет 14% от общего числа, это 24 случая общей продолжительностью 16ч 15м., из них, облачность ниже минимума аэродрома наблюдалась всего в 2 случаях их продолжительность 1 час и 30 минут.

Эти случаи связаны с прохождением холодных, вторичных холодных фронтов, или с кратковременными осадками из внутримассовой кучево-дождевой облачности.

Случаи с продолжительностью наблюдения от 1 часа до 3 часов, существенно влияют на работу аэродрома, что приводит к задержке рейсов или уходом на запасные аэродромы. Такие случаи составляют 25% от общего числа, это 41 случай общей продолжительностью 85 часов, 30 минут. Эти случаи связаны с прохождением холодных и тёплых фронтов, а так же с внутримассовой конвективной облачностью дающей ливневые осадки. Эти случаи приходится на осенне-зимний и весенний периоды.

Значительно затрудняют работу аэродрома случаи с продолжительностью наблюдения более 3 часов, при этом рейсы отменяются, или ВС уходят на запасные аэродромы. Такие случаи связаны с тёплыми фронтами, малоподвижными холодными фронтами, фронтами окклюзии, стационарными фронтами, приподнимающимися утренними туманами в гребнях и центрах антициклонов, малоградиентных барических полях, в зимний период при низких температурах, и высокой влажности.

Таблица 4 - Распределение случаев низкой облачности по синоптическим ситуациям

Синоптическая ситуация	случаев	Повторяемость, %
Холодный фронт	20	12
Вторичный холодный фронт	14	9
Тёплый фронт	15	9
Фронт окклюзии	21	13
Теплая волна на ХФ	8	5
Тёплый сектор циклона	22	13
Размытое барическое поле высокого давления	13	8
Центр антициклона	9	5
Тыловая часть антициклона	22	13
Гребень	20	12

Рассматривая условия возникновения низкой облачности, можно разделить эти случаи по синоптическим ситуациям (таблица 4), так можно выделить случаи в тыловой части антициклона (22 случая), это подинверсионная облачность (St, StFr, Sc).

Холодный фронт: 20 случаев, вторичный холодный фронт – в этих случаях наблюдаемая облачность выше минимума аэродрома (70м) и связана с выпадением осадков (FrNb)

Таблица 5 - Распределение случаев низкой облачности по синоптическим ситуациям

вид облачности	случаев	повторяемость %	продолжительность
Фронтальная	78	48%	430:30:00
Внутримассовая	86	52%	525:30:00
всего	164		956:00:00

Образование низкой облачности по синоптическим ситуациям можно разделить на внутримассовые и фронтальные, повторяемость случаев этих видов облачности примерно равна – 48% фронтальная, и 52% внутримассовая, но продолжительность наблюдения случаев заметно различается, фронтальная 430:30 ч.м., и 525:30 ч.м. у внутримассовой, связано это с тем, что внутримассовая облачность развивается в условиях медленно меняющейся воздушной массы, и продолжительность случаев низкой облачности больше, чем в быстро смещающихся фронтах.

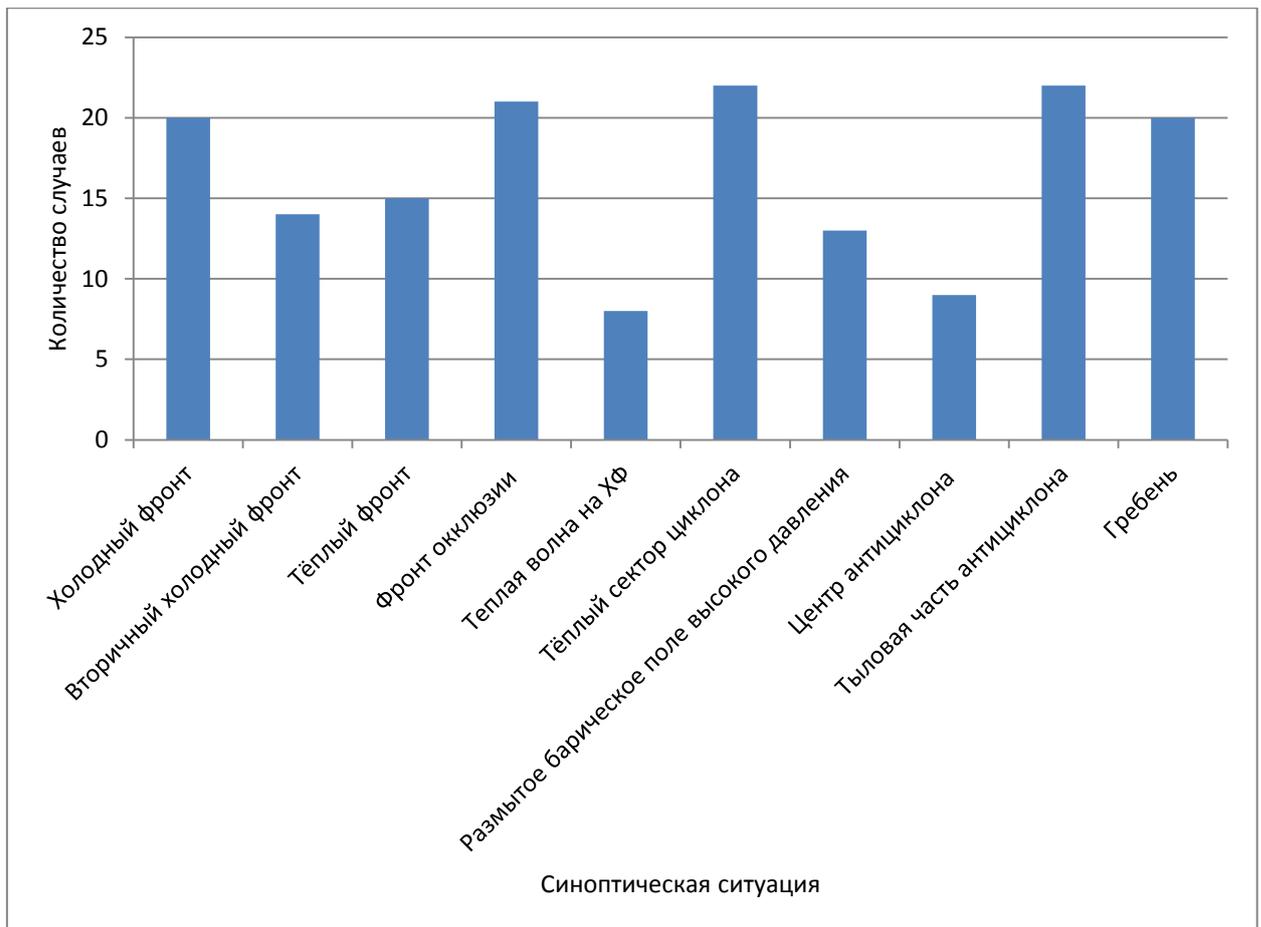


Рисунок 14 - Типовые синоптические ситуации при ВНГО  $\leq 300\text{м}$

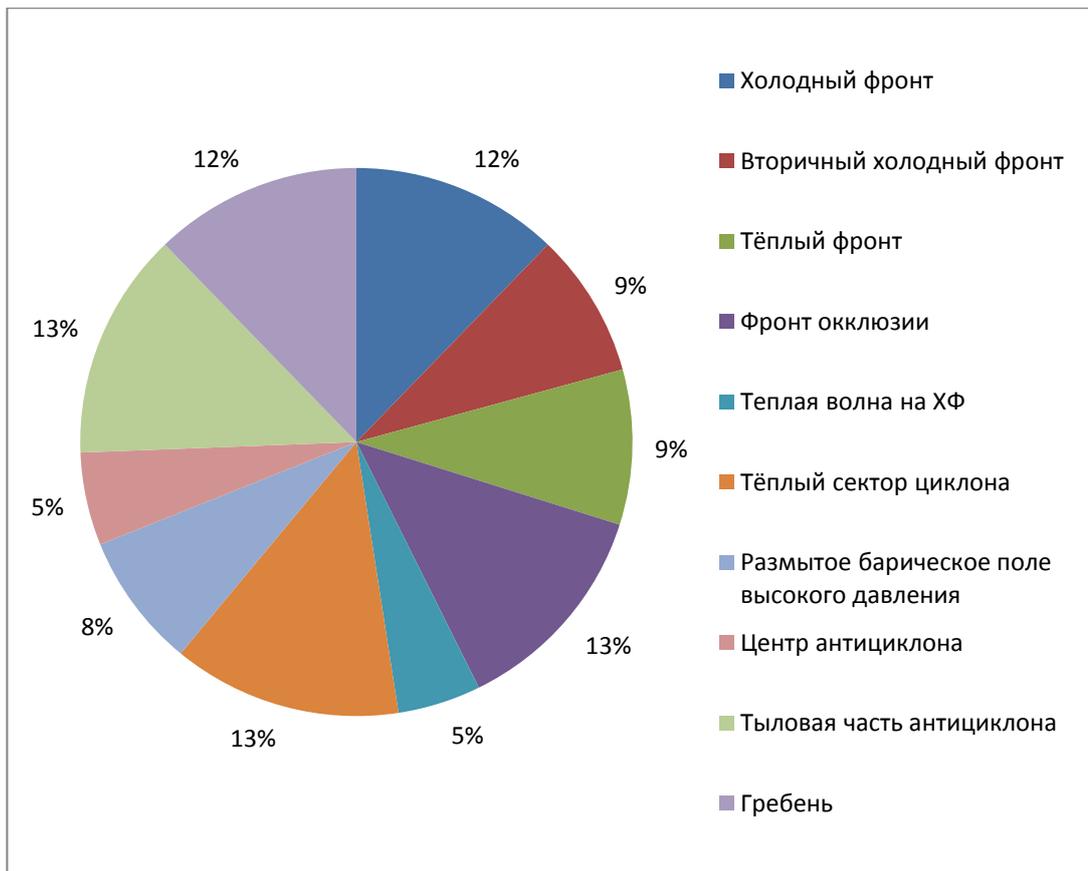


Рисунок 15 - Повторяемость типовых синоптических ситуаций при ВНГО  $\leq 300\text{м}$

Распределение случаев низкой облачности по синоптическим ситуациям выглядит таким образом: примерно равное количество случаев (12-13%): Холодный фронт, тёплый фронт, фронт окклюзии, тёплый сектор циклона. Меньшая повторяемость (5-9%) случаев: вторичный холодный фронт, тёплая волна на холодном фронте, размытое барическое поле высокого давления, центр антициклона.

Таблица 6 - Анализ оправдываемости методов прогнозирования ВНГО

Оправдываемость методов прогнозирования ВНГО				
Методы	случаи	оправдался	оправдался, %	не оправдался
Яркова (фронт), по высотам 100, 200, 300м	78	58	74%	20
Яркова (фронт), наличие облачности <=300м	78	71	91%	7
122*(Т-Тd) наличие облачности <=300м	164	132	80%	32
22*(107-R) наличие облачности <=300м	164	42	26%	122
5400*(2-1gR) наличие облачности <=300м	164	80	49%	84

Многочисленно проанализированы методы прогнозирования ВНГО для высоты 300м и менее, дана оценка оправдываемости.

Метод Ярковой В.М. для прогнозирования низкой облачности использовался в случаях связанных с прохождением фронта. Метод оценивался как при прогнозировании наличия облачности с ВНГ 300 и менее, так и по слоям: менее 100м, 100-200м и 200-300, что не всегда даёт хорошую оправдываемость, это связано с быстро меняющейся температурой и влажностью в условиях прохождения фронта.

Полуэмпирические формулы показывают зависимость ВНГО от влажности, чем меньше дефицит точки росы (для формулы 122\*(Т-Тd)), или больше относительная влажность (для формулы 122\*(Т-Тd)) тем ниже ВНГО,

так как меньше высота, требуемая для адиабатического охлаждения воздуха до состояния насыщения.

Эти формулы различаются коэффициентами, которые подбираются опытным путём для определенного ряда наблюдений.

Рассмотрим три такие формулы, для определения наличия облачности на высотах 300 и менее метров, оценивать оправдываемость по высоте не будем, так как в случае прохождения фронтов, в быстро меняющиеся условиях (влажность, температура) будут давать большой разброс по высоте в пределах 300м, и оправдываемость в этих случаях будет низкой.

Формула  $122*(T-Td)$  даёт хороший результат для прогнозирования наличия облачности ВНГ 300м и ниже, как было сказано выше – точную высоту в метрах, сильно зависимую от даже незначительных изменений влажности мы не оцениваем. В 80% случаев наблюдения ВНГО 300м и ниже формула показала наличие низкой облачности, остальные случаи отклонялись в значениях не более чем на 150 м, за исключением пяти случаев, с очень большим дефицитом точки росы (около  $10^0C$ ) – эти случаи в связаны с выпадением ливневых осадков из более высокой, конвективной облачности.

Формула  $22*(107-R)$  даёт завышенные значения ВНГО и попадание её в 300м незначительно (26%), и только при очень высокой относительной влажности (92% и выше).

Вывод: формулы, в которых используется дефицит точки росы в градусах, меняют ВНГО линейно, что больше подходит для небольшого диапазона высот исследуемой облачности. Так, формулы использующие в качестве фактора влажности – относительную влажность показывают большее отклонение вверх даже при небольшом понижении относительной влажности. При изменении коэффициентов, ситуация сильно не меняется, близкие к фактическим результаты получаются только при относительной влажности 92% и выше.

### 3.2. Синоптические ситуации при ВНГО 300м и менее

Рассмотрим синоптические ситуации при возникновении облачности с ВНГ 300 м. и ниже. Внутримассовые: Гребень, размытое барическое поле, тёплый сектор циклона, центр антициклона. Фронтальные: холодный фронт, фронт окклюзии.

20 января 2022г. Гребень, слой инверсии от земли, до высоты 500м., температура у земли -17<sup>0</sup>С, влажность 95%, дымка, ветер 2 м/с, ВНГО 60м.

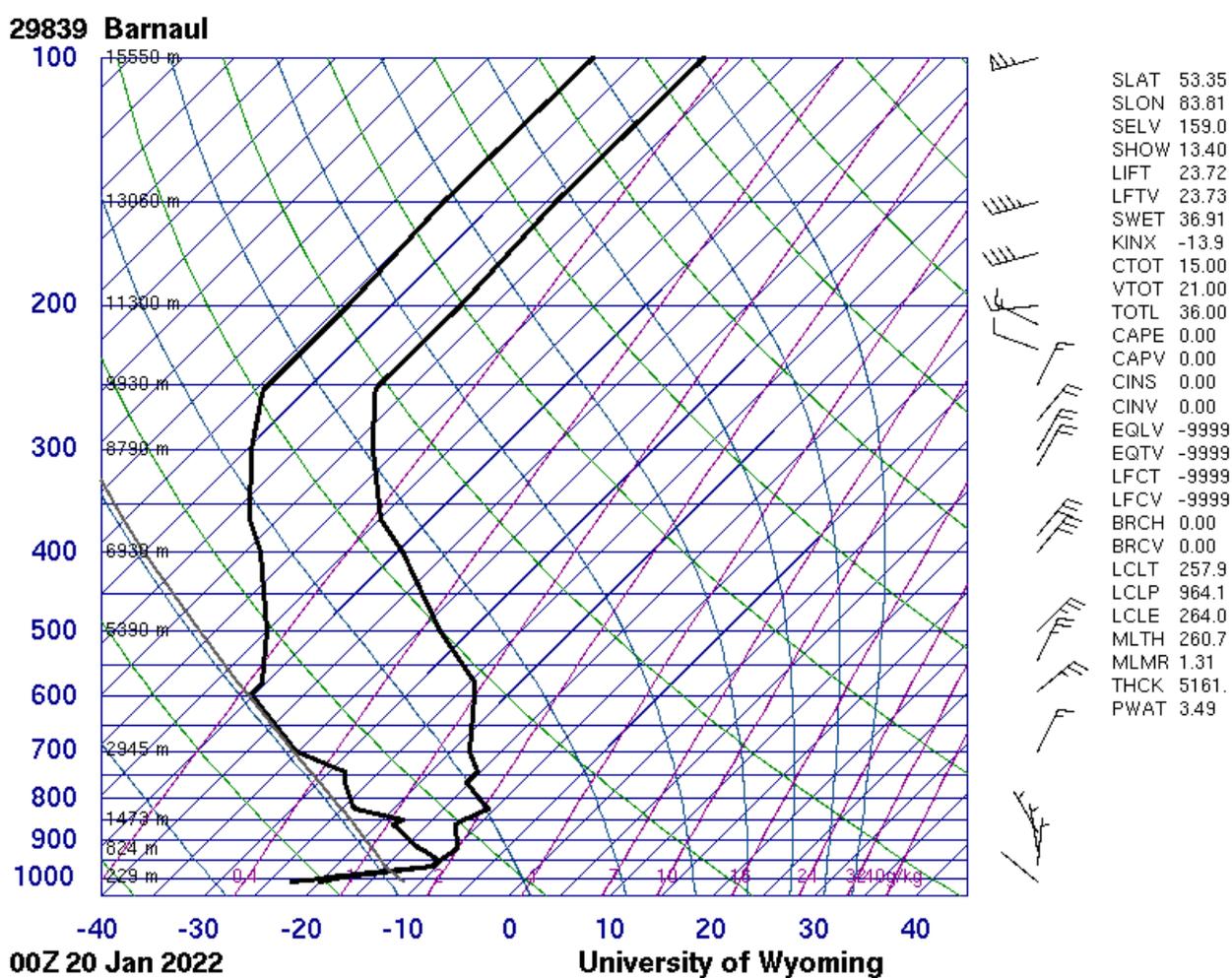


Рисунок 16 - Температурно ветровое зондирование за 20.01.2022 00 UTC

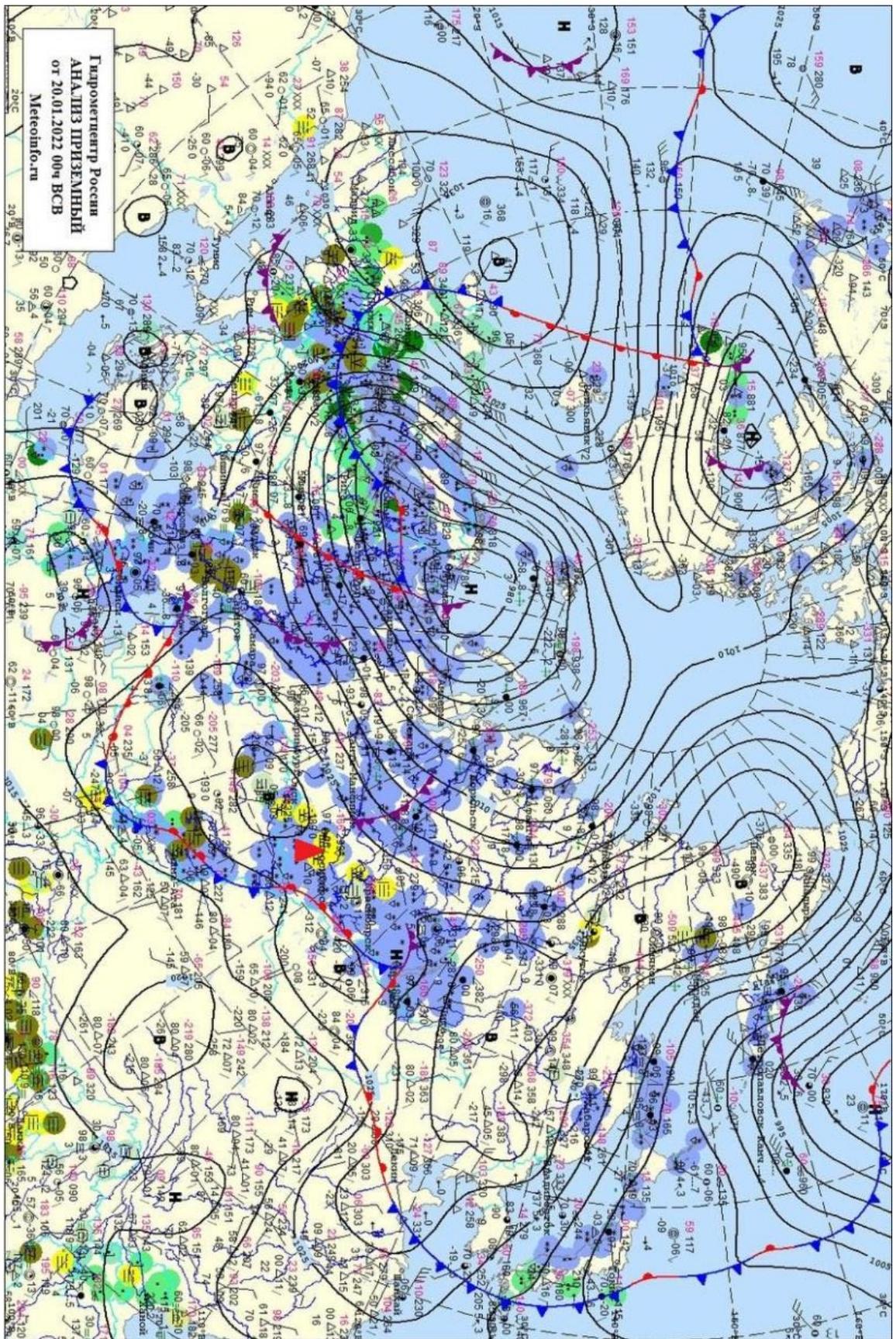


Рисунок 17 - Приземная карта погоды за 01.04.2022 00 UTC

2 октября 2022г. Размытое барическое поле высокого давления, слой инверсии от земли, до высоты 400м., температура у земли -3,1<sup>0</sup>С, влажность 94%, дымка, ветер 2 м/с, ВНГО 50м.

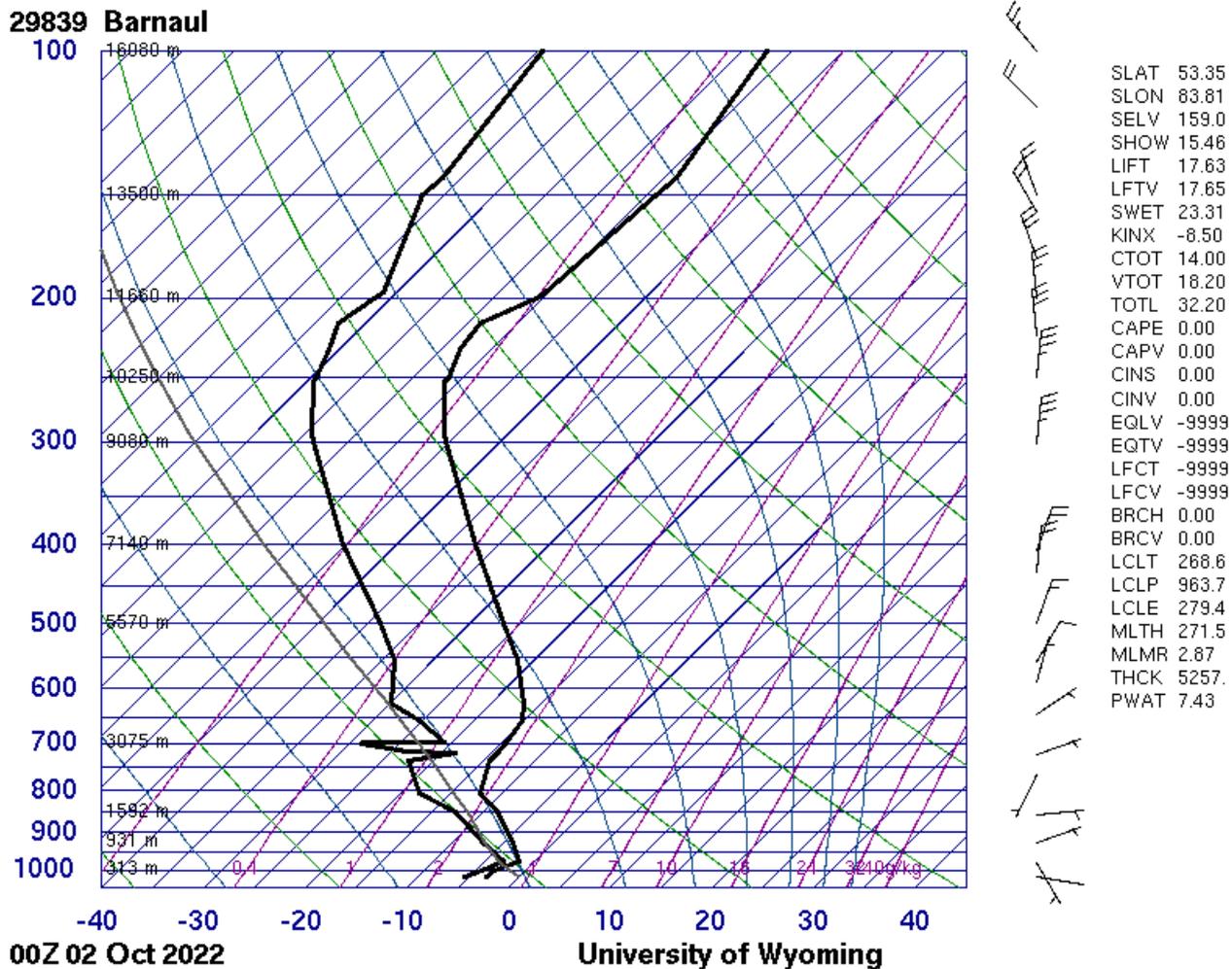


Рисунок 18 - Температурно ветровое зондирование за 01.04.2022 00 UTC

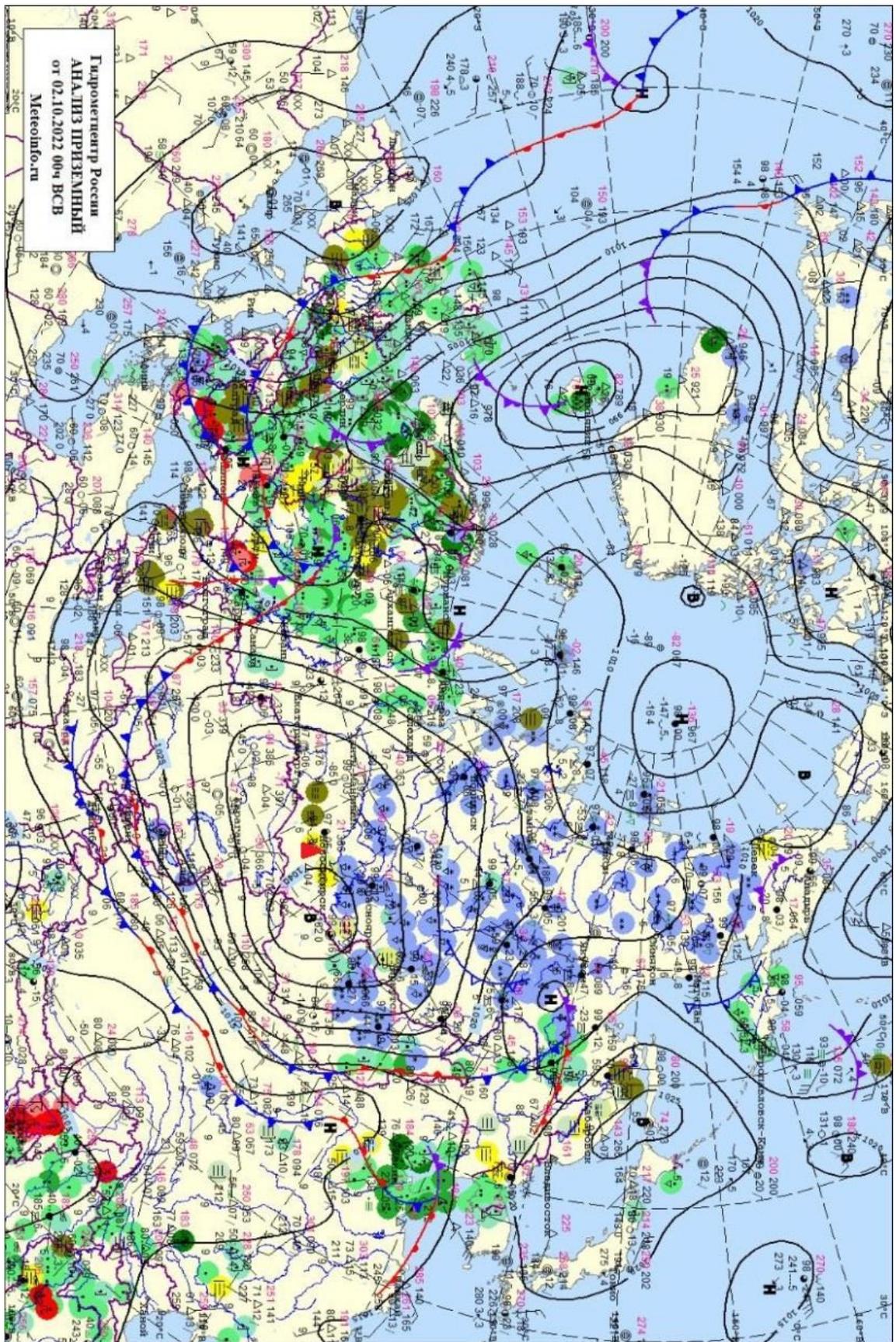


Рисунок 19 - Приземная карта погоды за 01.04.2022 00 UTC

5 ноября 2022г. Тёплый сектор циклона, слой инверсии от высоты 400м, до 800м., температура у земли 0,6<sup>0</sup>С, влажность 99%, дымка, ветер 5 м/с, ВНГО 60м.

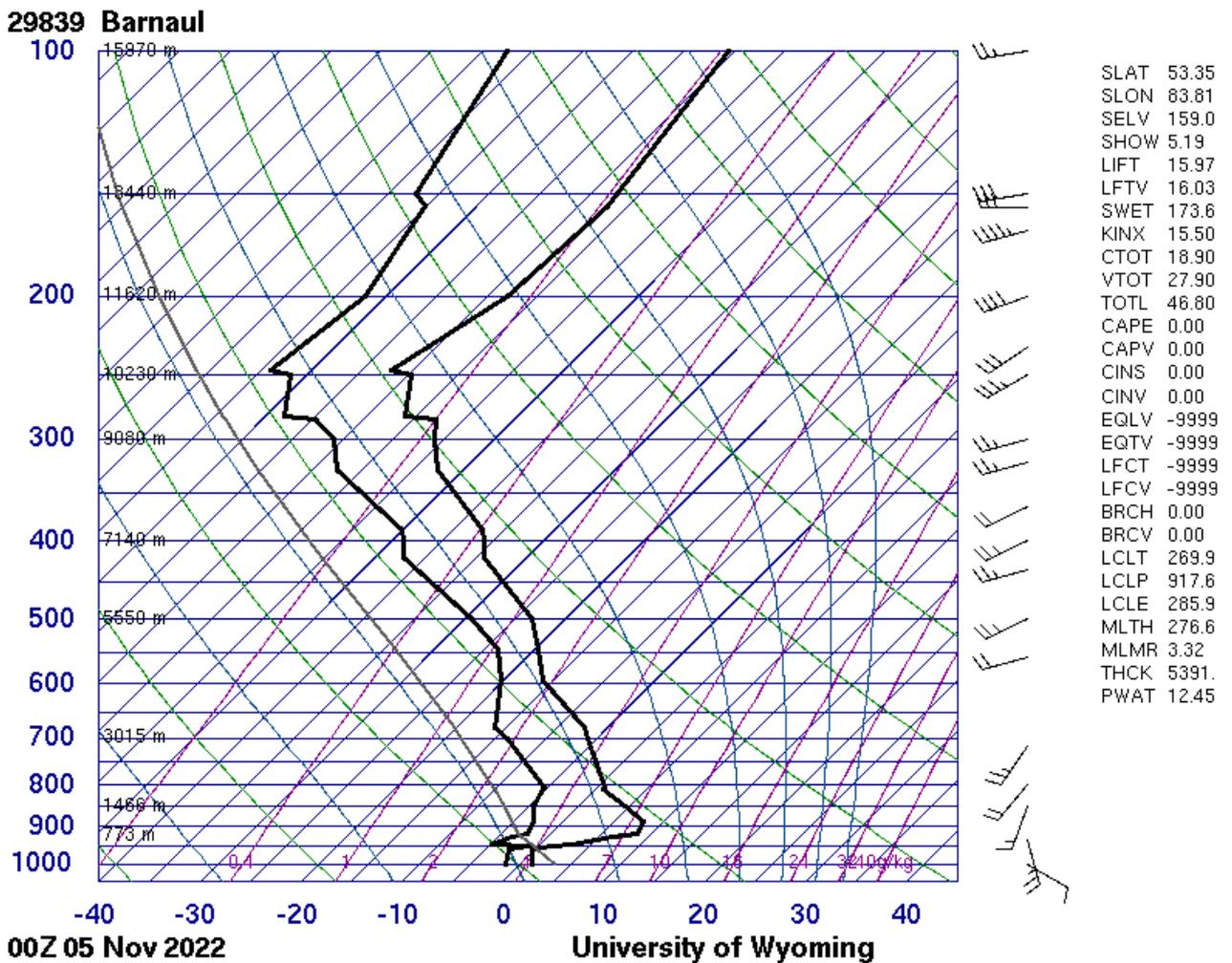


Рисунок 20 - Температурно ветровое зондирование за 01.04.2022 00 UTC

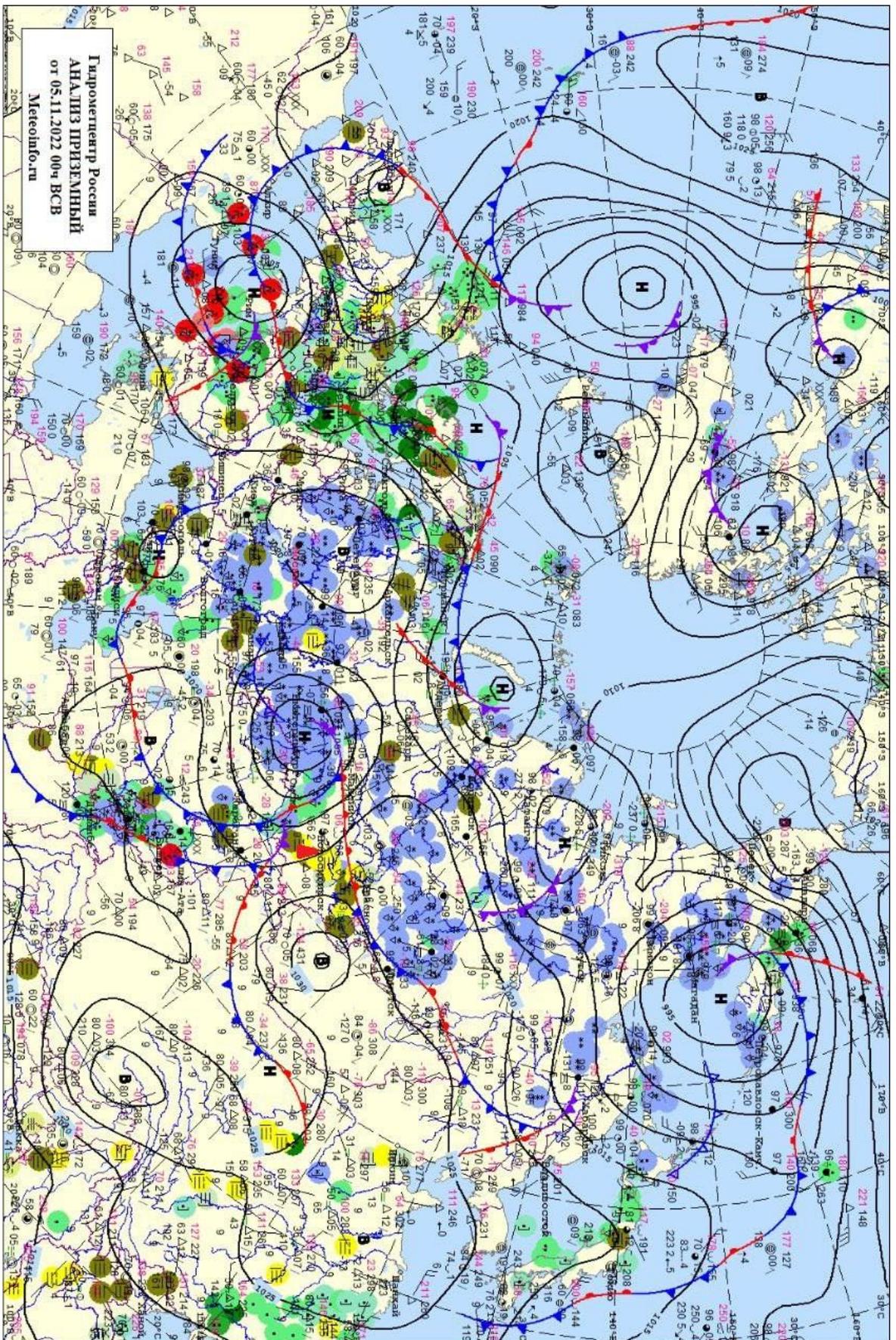


Рисунок 21 - Приземная карта погоды за 01.04.2022 00 UTC

24 января 2022г. Центр антициклона, слой инверсии от земли, до 600м.,  
 изотермия в слое от 600м. до 900м, температура у земли -18,5<sup>0</sup>С, влажность  
 82%, дымка, ВНГО 90м.

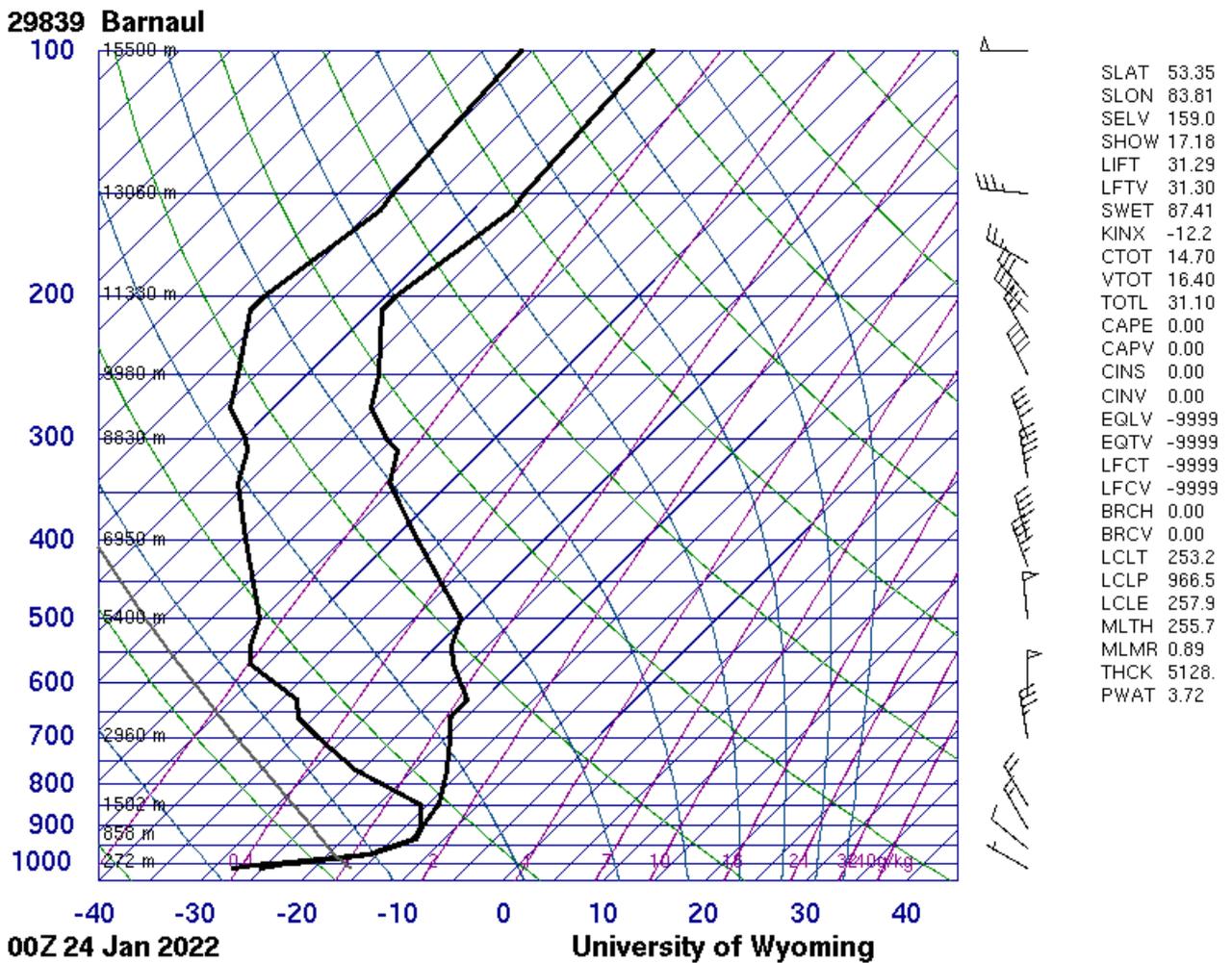


Рисунок 22 - Температурно ветровое зондирование за 01.04.2022 00 UTC

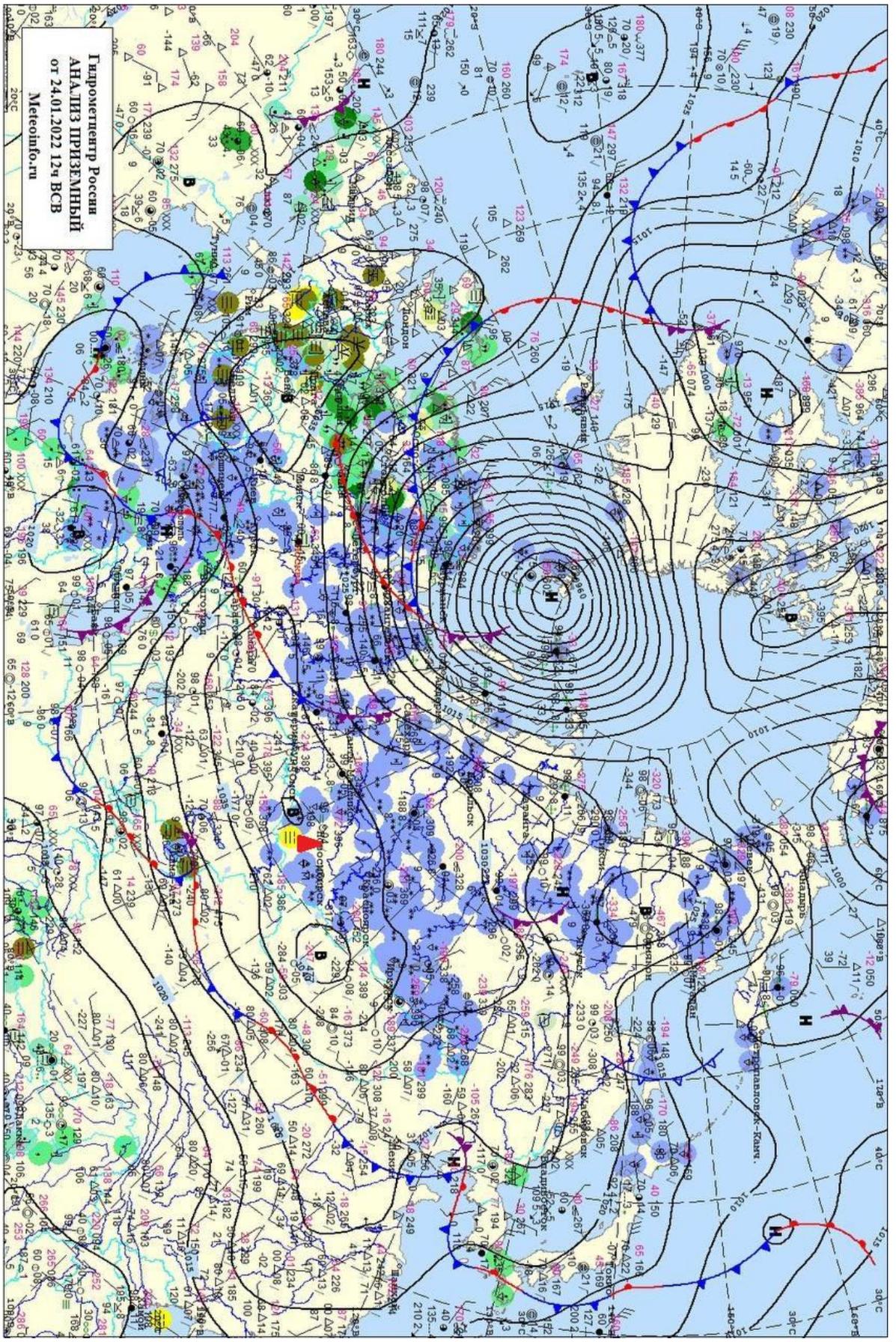


Рисунок 23 - Приземная карта погоды за 01.04.2022 00 UTC

30 декабря 2022г. Холодный фронт, слой инверсии от земли, до 600м.,  
 изотермия в слое от 600м. до 1500м, температура у земли -15,7<sup>0</sup>С, влажность  
 79%, слабый снег, дымка, ВНГО 60м.

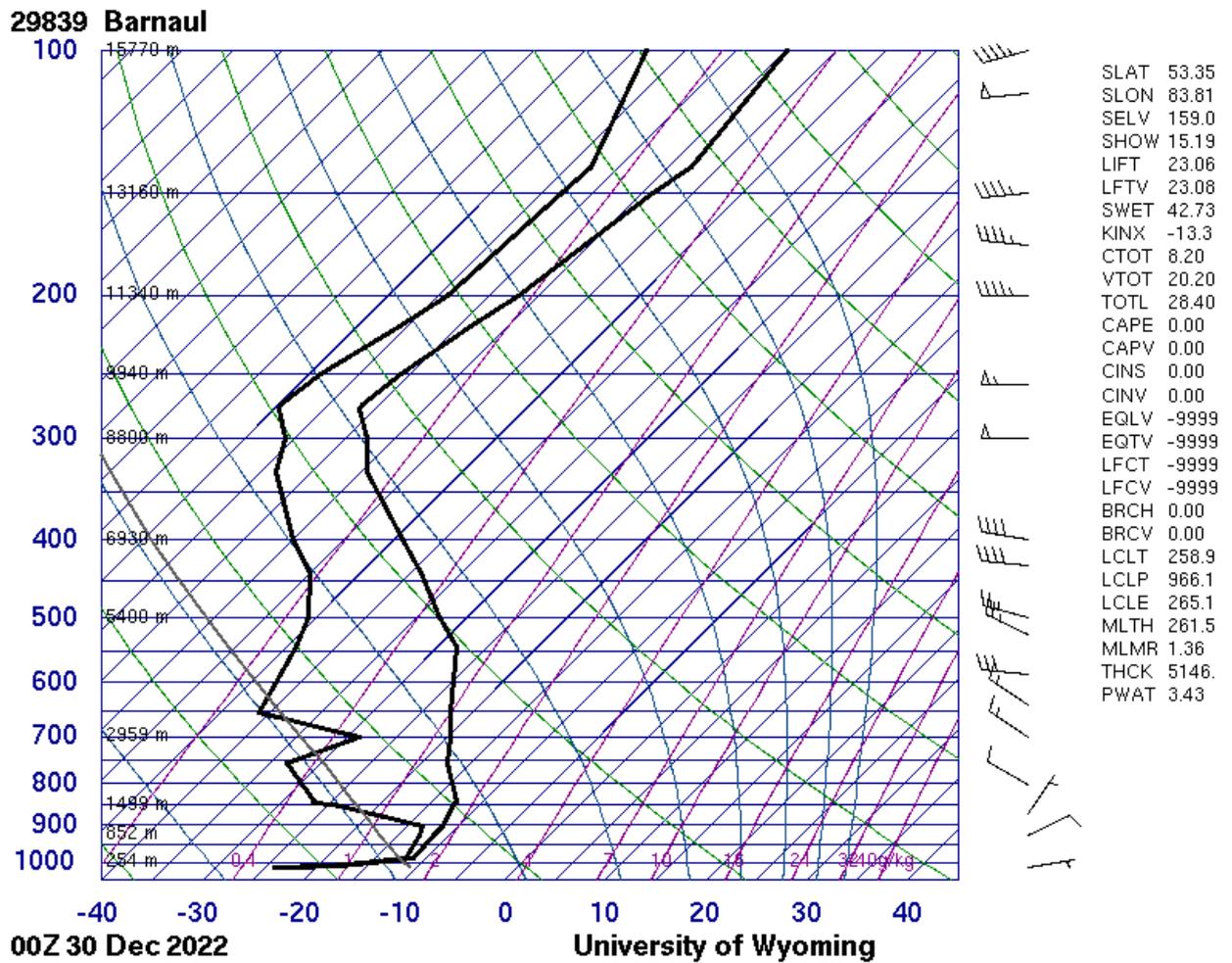


Рисунок 24 - Температурно ветровое зондирование за 01.04.2022 00 UTC

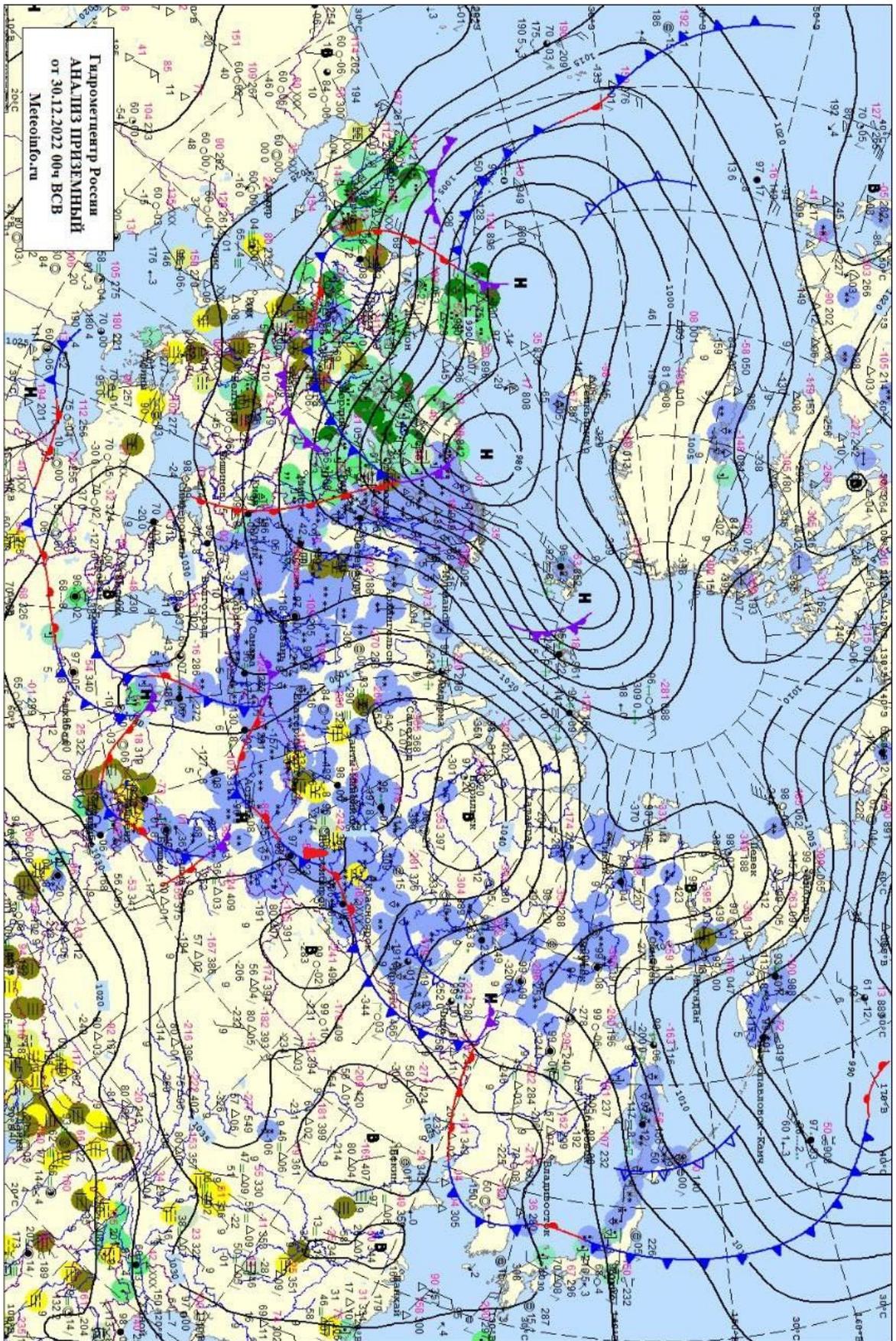


Рисунок 25 - Приземная карта погоды за 01.04.2022 00 UTC

1 августа 2022г. Фронт окклюзии, слой инверсии от земли, до 600м., изотермия в слое от 600м. до 1500м, температура у земли -15,7<sup>0</sup>С, влажность 79%, слабый снег, дымка, ВНГО 60м.

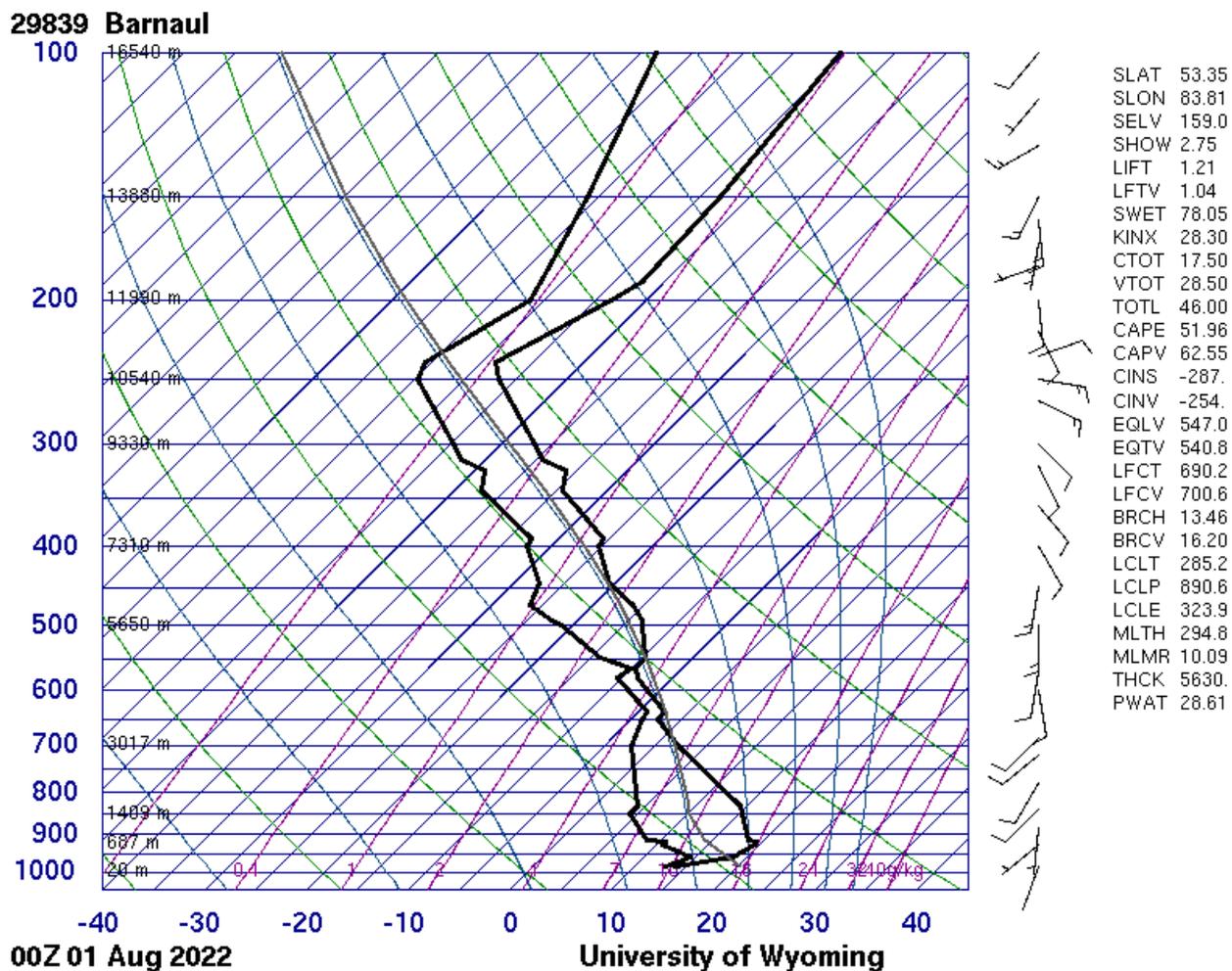


Рисунок 26 - Температурно ветровое зондирование за 01.04.2022 00 UTC

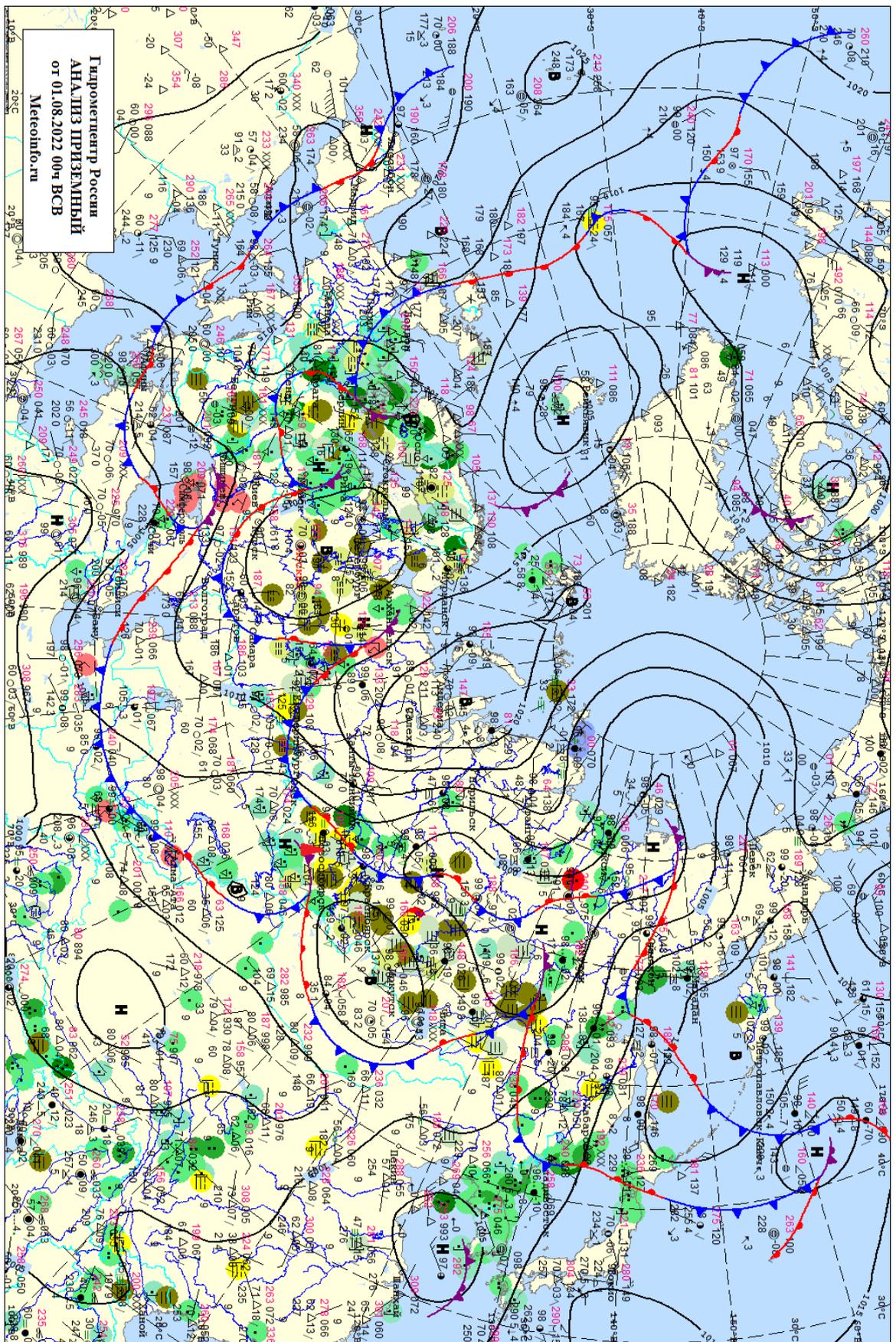


Рисунок 27 - Приземная карта погоды за 01.04.2022 00 UTC

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В большинстве случаев образование низкой облачности связано образованием приземной инверсией и высокой влажностью в антициклонах, гребнях, малоградиентных полях высокого давления, переносом влаги от поверхности Земли к нижней границе инверсии. Низкая облачность в малоградиентных полях часто сопровождается дымкой или туманом. Инверсии образуются в связи с нисходящими движениями воздуха в антициклонах, и выхолаживанием в приземном слое. Образование низкой разорванно-дождевой облачности связано с фронтами, выпадением осадков.

Методы прогнозирования низкой облачности основаны на анализе синоптической ситуации, стратификации приземного слоя. Исходя из ожидаемой температуры и близости её к точке насыщения можно сделать вывод о возможности образования низкой облачности и её высоте.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология / О.Г. Богаткин .- СПб.: изд. «БХВ- Петербург», 2010.
2. Богаткин О.Г. Практикум по авиационной метеорологии / СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2022
3. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология / Л. : Гидрометеиздат, 1991. — 616 с
4. Климатическое описание аэродрома Барнаул (Михайловка) г.Барнаул 2021
5. Атлас облаков. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральное государственное бюджетное учреждение главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. - СПб.: Д'АРТ, 2015. – 118с.
6. Сайт ФГБУ «Гидрометцентр России» – (Электронный ресурс). – URL: <https://meteoinfo.ru/>
7. Сайт «Всемирная метеорологическая организация» (Электронный ресурс). – URL <https://public.wmo.int/>
8. Сайт университета Вайоминг (Электронный ресурс) <http://weather.uwyo.edu/>
9. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Издание второе, переработанное дополненное. Гидрометеиздат, Ленинград 1984г., - 751с
10. Данные журнала АВ-6 АМСГ Барнаул / 2022 г.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 7 - Случаи ВНГО <= 300м на аэродроме Барнаул, за 2022г.

дата	Прод-ть	синоптическая сит.	ВНГО	T	Td	T-Td	R%	ветер м/с
04.01.2022	5:30:00	ХФ	180	-1,8	-2,6	0,8	94	4
05.01.2022	1:30:00	ХФ	150	-1,1	-1,8	0,7	95	6
07.01.2022	1:26:00	ТФ	90	-10,6	-11,8	1,2	91	4
08.01.2022	9:30:00	ТФ	90	-9,6	-10,8	1,2	91	4
09.01.2022	9:00:00	тёпл с Ц	150	-2,7	-4,1	1,4	91	5
10.01.2022	0:30:00	вт ХФ	80	-17,1	-19	1,9	85	4
11.01.2022	6:00:00	центр АЦ	90	-18,8	-20,8	2	84	3
11.01.2022	8:00:00	центр АЦ	210	-16,6	-18,6	2	84	1
12.01.2022	4:00:00	тыл АЦ	150	-20,8	-23,2	2,4	80	2
14.01.2022	7:00:00	гребень	90	-22,1	-24,6	2,5	80	1
15.01.2022	8:17:00	тыл АЦ	120	-4,9	-5,9	1	93	5
18.01.2022	0:35:00	размытое бар поле в.д.	210	-11,4	-12,7	1,3	87	2
19.01.2022	24:00:00	гребень	90	-13,5	-15,2	1,7	86	2
20.01.2022	24:00:00	гребень	60	-17,4	-19,6	2,2	95	2
21.01.2022	4:00:00	гребень	90	-18,6	-20,6	2	82	2
22.01.2022	3:00:00	гребень	70	-20	-22,3	2,3	81	1
23.01.2022	14:00:00	гребень	90	-20,3	-22,5	2,2	82	1
23.01.2022	1:00:00	гребень	60	-18	-20,2	2,2	82	2
24.01.2022	6:00:00	центр АЦ	90	-18,5	-20,8	2,3	82	0
24.01.2022	3:00:00	центр АЦ	60	-21	-23,4	2,4	80	0
25.01.2022	22:00:00	гребень	150	-19,6	-22	2,4	81	0
26.01.2022	16:30:00	ФО	150	-12,1	-14,3	2,2	85	3
27.01.2022	6:00:00	гребень	150	-14,7	-17,2	2,5	81	4
04.02.2022	4:45:00	тыл АЦ	90	-15,3	-17,8	2,5	81	2
13.02.2022	9:20:00	ФО	150	-7,3	-9,2	1,9	86	6
14.02.2022	2:00:00	ТФ	90	-5	-6,8	1,8	87	7
15.02.2022	5:30:00	ФО	90	-5,4	-7,2	1,8	89	6
15.02.2022	6:00:00	ФО	150	-16,1	-19	2,9	79	5
16.02.2022	22:30:00	вт ХФ	120	-17,2	-20,5	3,3	78	6
17.02.2022	2:10:00	тыл АЦ	150	-10	-12	2	85	6
17.02.2022	9:30:00	тыл АЦ	180	-9,9	-12,1	2,2	84	6
23.02.2022	1:20:00	ФО	210	-4	-5,5	1,5	86	5
25.02.2022	5:30:00	тёпл с Ц	150	-4,7	-5,8	1,1	92	4
26.02.2022	5:30:00	Т волна на ХФ	180	-4,9	-6	1,1	92	4
27.02.2022	2:00:00	центр АЦ	50	-11,4	-13,3	1,9	86	3
27.02.2022	5:00:00	центр АЦ	150	-15,5	-18	2,5	83	2
28.02.2022	5:30:00	тыл АЦ	180	-13,4	-15,6	2,2	83	3
01.03.2022	1:30:00	тёпл с Ц	300	-6,9	-9,3	2,4	85	5
02.03.2022	2:00:00	Т волна на ХФ	210	-6,9	-8,9	2	84	8
02.03.2022	3:30:00	Т волна на ХФ	180	-5,9	-8,2	2,3	84	8

04.03.2022	0:30:00	тыл АЦ	300	-8,2	-10,9	2,7	81	5
05.03.2022	4:00:00	ХФ	240	-7,8	-9,8	2	85	5
06.03.2022	3:40:00	тёпл с Ц	150	-0,2	-1,6	1,4	93	9
08.03.2022	0:40:00	вт ХФ	150	-2,2	-3,9	1,7	88	6
19.03.2022	0:30:00	гребень	300	-9,7	-12,5	2,8	80	4
20.03.2022	2:30:00	ФО	270	-9,9	-12,7	2,8	81	4
21.03.2022	4:00:00	тыл АЦ	270	-4,3	-6,3	2	87	6
22.03.2022	4:00:00	ФО	270	-4,3	-6,3	2	86	6
23.03.2022	4:00:00	вт ХФ	270	-4,3	-6,3	2	85	6
24.03.2022	4:00:00	ФО	300	-4,1	-5,9	1,8	87	6
25.03.2022	4:00:00	гребень	300	-3,9	-5,9	2	86	6
26.03.2022	4:00:00	ХФ	270	-4,3	-6,3	2	86	6
27.03.2022	2:30:00	гребень	210	-4,6	-6,6	2	86	4
28.03.2022	5:00:00	размытое бар поле в.д.	240	-2,5	-4,1	1,6	91	2
28.03.2022	6:30:00	размытое бар поле в.д.	300	-0,1	-1,7	1,6	89	3
29.03.2022	1:30:00	тёпл с Ц	300	0,9	-0,5	1,4	90	4
29.03.2022	1:30:00	тёпл с Ц	300	1,7	-0,2	1,9	87	9
30.03.2022	1:00:00	ХФ	240	0,8	-1,4	2,2	86	8
02.04.2022	8:30:00	ХФ	120	0,5	-0,1	0,6	95	3
03.04.2022	2:00:00	ХФ	240	0,7	0,1	0,6	96	4
03.04.2022	3:00:00	ХФ	240	2,4	1,2	1,2	93	1
20.04.2022	14:00:00	центр АЦ	120	2,2	1,2	1	89	2
21.04.2022	19:00:00	тёпл с Ц	150	2,6	1,4	1,2	93	4
22.04.2022	3:00:00	вт ХФ	240	3,7	2,4	1,3	91	9
23.04.2022	1:30:00	гребень	240	-3,3	-4,6	1,3	91	7
24.04.2022	3:00:00	гребень	300	-3,9	-7,5	3,6	76	7
29.05.2022	0:30:00	размытое бар поле в.д.	300	12,9	11,3	1,6	90	7
31.05.2022	1:15:00	размытое бар поле в.д.	300	14	11,2	2,8	85	6
01.06.2022	10:00:00	ХФ	240	10,3	8,7	1,6	85	5
02.06.2022	5:00:00	вт ХФ	240	8,2	6,7	1,5	90	9
03.06.2022	6:00:00	размытое бар поле в.д.	120	7,5	6,4	1,1	93	6
04.06.2022	3:30:00	ХФ	150	6	4,8	1,2	92	4
14.06.2022	0:30:00	тёпл с Ц	300	26,4	8,8	17,6	33	8
15.06.2022	4:30:00	тёпл с Ц	150	14,7	12,6	2,1	87	3
16.06.2022	3:00:00	тёпл с Ц	210	14,8	13,7	1,1	93	4
19.06.2022	4:00:00	ХФ	90	14,7	13,7	1	92	2
20.06.2022	2:00:00	размытое бар поле	180	16,8	13,9	2,9	81	3
27.06.2022	5:30:00	ХФ	180	19,1	17,6	1,5	91	6
06.07.2022	22:15:00	ХФ	210	17	14,8	2,2	87	4
07.07.2022	6:30:00	ХФ	180	16	14,9	1,1	93	3
22.07.2022	0:30:00	ХФ	300	22,4	7,8	14,6	39	11
23.07.2022	0:55:00	ХФ	300	14,5	12,2	2,3	87	2

24.07.2022	0:30:00	Т волна на ХФ	270	20,2	10,3	9,9	53	9
31.07.2022	1:25:00	размытое бар поле	210	22,5	13,6	8,9	57	8
01.08.2022	2:37:00	ФО	60	15,1	14,5	0,6	96	2
02.08.2022	4:00:00	гребень	60	15,7	15,1	0,6	96	3
13.08.2022	3:10:00	ФО	150	17,2	14,5	2,7	84	3
17.08.2022	0:30:00	размытое бар поле	300	14	2,6	11,4	46	8
20.08.2022	6:40:00	гребень	150	10,3	8,9	1,4	91	2
21.08.2022	1:35:00	гребень	210	12,4	10,6	1,8	89	3
22.08.2022	5:30:00	Т волна на ХФ	150	12,2	11,1	1,1	93	4
12.09.2022	2:30:00	ФО	210	9,6	8	1,6	90	5
25.09.2022	2:00:00	ТФ	270	8,5	6,3	2,2	86	5
26.09.2022	24:00:00	Т волна на ХФ	70	3,3	2,7	0,6	96	5
27.09.2022	23:00:00	тёпл с Ц	120	4,5	3,6	0,9	94	3
28.09.2022	0:30:00	вт ХФ	210	7,7	6,3	1,4	91	7
29.09.2022	2:00:00	вт ХФ	150	0,8	-3,1	3,9	75	5
29.09.2022	1:50:00	вт ХФ	210	-2,2	-3,8	1,6	89	7
30.09.2022	18:00:00	вт ХФ	120	-0,4	-1,4	1	93	6
01.10.2022	0:30:00	размытое бар поле	50	-2	-2,8	0,8	94	2
02.10.2022	6:00:00	размытое бар поле	50	-3,1	-3,9	0,8	94	2
05.10.2022	0:45:00	размытое бар поле	180	5,5	4,3	1,2	92	2
06.10.2022	8:30:00	ХФ	60	5,4	4,4	1	93	2
06.10.2022	7:15:00	ХФ	40	-0,5	-0,9	0,4	97	2
18.10.2022	1:00:00	вт ХФ	300	4,3	1,5	2,8	82	6
19.10.2022	0:45:00	размытое бар поле	240	2,7	1,4	1,3	91	5
20.10.2022	0:45:00	тыл АЦ	180	4,7	3,5	1,2	92	2
21.10.2022	9:30:00	тёпл с Ц	90	5,1	4,5	0,6	96	1
23.10.2022	7:20:00	тёпл с Ц	120	1	-0,8	1,8	88	9
23.10.2022	2:30:00	тёпл с Ц	60	0,2	-2	2,2	85	6
24.10.2022	7:00:00	гребень	120	-1,2	-2,2	1	93	6
26.10.2022	0:30:00	тыл АЦ	180	4,1	3,2	0,9	94	4
27.10.2022	9:00:00	ФО	120	2,5	1,3	1,2	92	4
28.10.2022	4:00:00	вт ХФ	120	-0,6	-2,2	1,6	89	9
31.10.2022	5:00:00	ТФ	120	0,2	-0,6	0,8	94	4
01.11.2022	0:30:00	тыл АЦ	270	0,4	-1	1,4	90	3
03.11.2022	11:20:00	ФО	60	2,7	2,3	0,4	97	3
04.11.2022	24:00:00	тыл АЦ	60	0,7	0,6	0,1	99	5
05.11.2022	4:00:00	тёпл с Ц	60	0,6	0,5	0,1	99	5
06.11.2022	1:00:00	Т волна на ХФ	90	0,4	0	0,4	97	4
07.11.2022	1:00:00	вт ХФ	300	-0,8	-3,3	2,5	83	4
08.11.2022	1:30:00	ТФ	180	-2,4	-3,7	1,3	91	1
09.11.2022	8:00:00	ФО	150	-2,5	-3,5	1	93	1
10.11.2022	8:30:00	тыл АЦ	270	-1,6	-3,3	1,7	88	5
11.11.2022	4:00:00	ТФ	120	-2,3	-3,6	1,3	91	5
11.11.2022	8:00:00	ТФ	210	-2	-3	1	93	5
12.11.2022	24:00:00	тёпл с Ц	180	-1,8	-4,4	2,6	82	5
13.11.2022	9:00:00	ФО	180	0,2	-0,4	0,6	96	7

15.11.2022	3:30:00	тёпл с Ц	300	2,5	1	1,5	90	6
15.11.2022	4:30:00	тёпл с Ц	120	0,3	-0,8	1,1	92	8
16.11.2022	10:00:00	тёпл с Ц	90	-2,6	-3,6	1	93	5
17.11.2022	3:30:00	ФО	150	-7	-9,2	2,2	84	6
17.11.2022	11:00:00	ФО	150	-8,8	-11,6	2,8	80	4
18.11.2022	5:30:00	центр АЦ	150	-9,8	-12,1	2,3	83	5
18.11.2022	5:30:00	центр АЦ	180	-10,9	-13,3	2,4	82	2
19.11.2022	9:00:00	тыл АЦ	150	-6,7	-8,3	1,6	88	7
20.11.2022	0:50:00	ФО	300	-9,8	-12,6	2,8	80	11
22.11.2022	2:40:00	ТФ	90	-8,2	-10,7	2,5	83	7
22.11.2022	4:00:00	ТФ	180	-9,8	-12,7	2,9	79	9
23.11.2022	3:00:00	вт ХФ	270	-11	-14,2	3,2	77	9
25.11.2022	2:30:00	тыл АЦ	180	-15,8	-18,7	2,9	78	4
04.12.2022	1:45:00	тыл АЦ	150	-18,3	-21,5	3,2	76	0
05.12.2022	2:00:00	ФО	300	-20,3	-23,7	3,4	74	2
06.12.2022	4:00:00	гребень	210	-20,5	-23,9	3,4	74	2
10.12.2022	10:30:00	ФО	120	-16	-19,7	3,7	73	7
11.12.2022	24:00:00	гребень	180	-13,5	-16,3	2,8	79	3
12.12.2022	2:30:00	тыл АЦ	270	-16,4	-19,2	2,8	79	2
12.12.2022	7:30:00	тыл АЦ	180	-11,4	-14,3	2,9	79	10
13.12.2022	12:30:00	ФО	150	-8,4	-10,9	2,5	82	8
18.12.2022	10:00:00	ХФ	180	-21,2	-24,6	3,4	73	2
19.12.2022	4:30:00	тыл АЦ	120	-20,2	-23,4	3,2	75	2
19.12.2022	12:00:00	тыл АЦ	120	-14,2	-17	2,8	79	6
20.12.2022	2:00:00	ТФ	120	-4,3	-8,9	4,6	70	11
21.12.2022	7:30:00	тёпл с Ц	150	-3,4	-5,1	1,7	88	10
22.12.2022	6:00:00	тёпл с Ц	150	-8,5	-10,8	2,3	83	9
22.12.2022	1:30:00	тёпл с Ц	150	-14,7	-18	3,3	76	5
24.12.2022	8:00:00	тыл АЦ	150	-9,9	-12,1	2,2	84	6
25.12.2022	1:20:00	тыл АЦ	180	-7,7	-10,7	3	79	5
26.12.2022	4:10:00	ТФ	150	-7,7	-9,8	2,1	85	4
26.12.2022	4:00:00	ТФ	270	-7	-9,7	2,7	81	4
29.12.2022	3:30:00	Т волна на ХФ	120	-12,7	-15	2,3	83	3
30.12.2022	10:30:00	ХФ	60	-15,7	-18,5	2,8	79	1
31.12.2022	12:00:00	ТФ	210	-12,2	-14,5	2,3	83	3
31.12.2022	1:40:00	ТФ	120	-5,6	-7	1,4	90	6