



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 гололёдных явлений на аэродроме Когалым»

Исполнитель Радченко Владислав Александрович ГМ-Б17-1
(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)

«29» мая 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Сокращения.....	2
Введение.....	3
1. Опасность гололеда и методы борьбы с ним в авиации	5
1.1 Опасности, которые представляет гололёд и гололедица для авиации	5
1.2 Методы борьбы с гололедом	6
2. Методы прогнозирования гололеда	9
2.1 Краткосрочный прогноз обледенения.....	9
2.2 Синоптический метод прогноза гололёда.....	10
2.3 Прогноз внутримассового гололеда	12
2.4 Метод Ягудина	14
3. Анализ условий образования гололедных явлений на аэродроме Когалым	16
3.1 Территория исследования	16
3.2 Обработка архивных данных АМСГ Когалым	17
3.3 Повторяемость гололедных явлений на аэродроме Когалым.....	19
3.4 Годовой ход переохлажденных явлений на аэродроме Когалым.....	21
3.5 Типы переохлажденных явлений на аэродроме Когалым.	23
3.6 Синоптические ситуации, при которых образовывались гололедные явления на аэродроме Когалым.....	24
Заключение	333
Список литературы	344

Сокращения

ВПП - Взлетно-посадочная полоса

РП - Рулежная дорожка

ЕЧР - Европейская часть России

FZRA - Переохлажденный дождь

FZDZ - Переохлажденная морось

FZFG - Переохлажденный туман

АМСГ – Авиационная метеорологическая станция гражданская

Введение

Гололед - это слой прозрачного льда, который при определенных погодных явлениях образуется на покрытиях аэродрома, таких как: взлетно-посадочная полоса, рулежные дорожки, поверхности воздушных судов, стоящих вне ангаров.

Толщина слоев льда варьируется от 1-3 мм, иногда 8-10 мм. С наветренной стороны предметов создаются более благоприятные условия для образования гололеда. Также, при температурах от 0 до -6°C, высокой относительной влажности 95-100% и скоростях ветра 5-7 м/с, гололед отмечается чаще. Внезапное повышение или понижение температуры, при которых выпадают атмосферные осадки, которые впоследствии замерзают на поверхностях воздушных судов и аэродрома, являются основными факторами для образования гололеда.

При дожде продолжительность нарастания тонкого слоя льда составляет несколько часов, при тумане или мороси процесс требует больше времени и может продолжаться несколько дней. Образовавшийся гололед может существовать в течении нескольких суток.

Гололед нарастает только при отрицательной температуре окружающего воздуха и выпадении замерзающих осадков, что отличает от гололедицы. Гололёд — более редкое явление природы по сравнению с гололедицей.

Частое образования гололеда на поверхностях ВПП может принести большой экономический убыток, в связи с зависимостью полетов воздушных судов от состояния ВПП.

Гололед чаще образуется на территориях, где характерны выносы теплых воздушных масс с Атлантического океана или Средиземного моря что характерно для ЕЧР. Гололед образуется редко на тех территориях, где почти всю зиму сохраняются низкие отрицательные температуры.

Целью данной дипломной работы является анализ условий образования гололедных явлений на аэродроме Когалым для повышения качества прогнозов данных явлений.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Определить повторяемость образования гололедных явлений на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг.;
- Определить годовой ход данных явлений;
- Определить типы гололедных явлений;
- Провести типизацию синоптических ситуаций, при которых образуются гололедных явления.

1. Опасность гололеда и методы борьбы с ним в авиации

1.1 Опасности, которые представляет гололёд и гололедица для авиации

Одно из опаснейших явлений для аэродромов и авиации в целом, является гололед. В гололедных ситуациях подготовка воздушных суден к полету осложняется, также сложности могут возникнуть и при взлете, и посадке вертолетов и самолетов. Если гололед нарастает на обшивке самолета, находящегося на земле (Рисунок 1.1.1), взлет такого воздушного судна категорически запрещен. При присутствии бокового ветра на полосе, покрытой слоем гололеда, существует опасность потери курса воздушного судна или его сноса за пределы ВПП. Гололед, нарастающий на ВПП и РД вызывает сложности в трении шасси о полосу, что может привести к плохому разгону или, в самом плохом случае, потере контроля над судном. Данное явление может сильно усложнить деятельность аэродромов и подготовке к полетам в целом.

Если же образование тонкого слоя льда было вызвано не осадками, но воздействием относительно высоких температур на лед или снег с последующим их оттаиванием и застыванием, то данное явление будет называться гололедицей. Толщина слоя гололедицы всегда зависит от продолжительности влияния высоких температур.



Рисунок 1.1.1 – Гололед, образовавшийся на крыле самолета

1.2 Методы борьбы с гололедом

На взлетно-посадочной полосе борьбу с гололёдом ведут тремя различными способами: механическим, термическим и химическим.

Термический метод заключается в плавлении гололеда высокими температурами и переносе образовавшейся воды к боковым полосам безопасности ВПП. Сама высокая температура идёт от реактивного двигателя, который устанавливается на грузовике. У этих двигателей производительность зависит от таких параметров как: температура окружающего воздуха, толщины слоев льда и скорости и направления ветра.

Механический метод (Рисунок 1.2.1) заключается в использовании грузовиков, предназначенных для удаления гололеда. Благоприятнее всего

использовать этот метод, когда сцепление льда с поверхностью дороги недостаточно сильное.



Рисунок 1.2.1 - Борьба с образованием гололеда механическим способом

Никаких специальных реактивных двигателей для тепловых машин не делают. На грузовик берут и ставят авиационный двигатель, который выполнил свою задачу и его уже нельзя ставить в самолете. Это рабочие, но подержанные двигатели, используемые в тепловых машинах. Двигатель прикреплен к грузовику рамой, которая удерживает двигатель в кузове (тепловая машина без бортов) [1].

Химический метод борьбы с гололедом заключается в том, что используются химические антиобледенители (Рисунок 1.2.2), которые имеют общий рабочий механизм: они химически предотвращают связывание молекул воды при температуре выше определенной, которая зависит от концентрации. Эта температура ниже 0°C , точки замерзания чистой воды.



Рисунок 1.2.2 - Взлетная полоса покрытая тонким слоем реагента

2. Методы прогнозирования гололеда

2.1 Краткосрочный прогноз обледенения

Метод синоптического прогноза состоит в том, что синоптику определяет слои, в которых наблюдается облачность и отрицательные температуры воздуха. Данные слои можно определить с помощью аэрологической диаграммы. Максимальная повторяемость обледенения наблюдается в слое, где температура составляет от 0 до -20° С.

Метод по данным зондирования состоит в определении температуры насыщения по формуле:

$$T_{нс} = -8D = -8(T - T_d), \quad (2.1.1)$$

где $T_{нс}$ - температура насыщения над льдом;
 D - дефицит точки росы;
 T - температура;
 T_d - температура точки росы.

Если окажется, что температура насыщения над льдом выше температуры окружающего воздуха, то на этом уровне следует ожидать обледенения.

Зависимость температуры от дефицита точки росы, представленные в Таблице 2.1.1 используют при прогнозировании обледенения.

Таблица 2.1.1 – Зависимость температур от дефицита точки росы

$T, ^\circ\text{C}$	D
от 0 до -12	> 2
от -8 до -15	> 3
< 16	> 4

При соблюдении условий (Таблица 2.1.1) с вероятностью более 80% обледенения в таких условиях не будет.

И, конечно же, очень важную помощь синоптику в прогнозировании обледенения представляет информация, передаваемая на землю летными экипажами или экипажами при взлете и посадке [3].

2.2 Синоптический метод прогноза гололёда

В прогнозе гололеда учитывается, что существует разница интенсивности гололеда в зависимости от его толщины (Таблица 2.2.1).

Таблица 2.2.1 – Зависимость интенсивности гололеда от его толщины

Слабая	Умеренная	Сильная	Очень сильная
(отложение льда менее 5 мм)	(5-19 мм)	(20-50 мм)	(более 50 мм)

Образование гололеда зависит от таких параметров как: температура окружающего воздуха T , дефицит точки росы D , изменения направления и скорости ветра, охлаждение воздушных масс в приземном слое, рельефа и состояния подстилающей поверхности. Чаще случаи образования гололеда наблюдаются при температуре воздуха от 0 до -10°C .

Ветровой режим оказывает большое влияние на образование гололеда. В таком случае, чем выше скорость ветра, тем толще отложение льда.

Также важна роль охлаждения воздушных масс в приземном слое у поверхности земли и на высоте образования облаков. В облаках и туманах это приводит к высокому количеству облачных элементов до размеров дождевых капель (мороси), а выпадающие капли образуют гололед при контакте с переохлажденной поверхностью.

Синоптические процессы, в которых прогнозируется гололед, характеризуются адвекцией теплого и влажного воздуха. По условиям формирования разделяются на: фронтальный и внутримассовый гололед. Фронтальный гололед наблюдается впереди теплого фронта, на холодных фронтах и в зонах фронтов окклюзии.

Гололед перед теплым фронтом со значительными перепадами температур во фронтальной зоне представляет собой наибольшую опасность. В зоне теплого фронта, типичного для гололеда, характерен очень небольшой уклон фронтальной поверхности в ее нижней части и относительно небольшая вертикальная толщина облаков в этой части фронта. Верхняя граница облаков обычно находится на высоте, где температура воздуха лишь немного ниже 0°C , но с этих облаков выпадают осадки в виде переохлажденного дождя.

При прохождении холодного фронта гололед прогнозируется реже [4]. Переохлажденные дожди обычно ассоциируются с холодными фронтами первого рода, которые движутся со скоростью 10-20 км/ч.

Внутримассовый гололед возникает в зонах адвекции тепла на периферии стационарных антициклонов, а также на южной периферии циклонов. Адвекция тепла менее выражена, чем при фронтальном гололеде. Обязательными условиями образования внутримассового гололеда являются: наличие слоистой облачности, наличие небольшого дождя или морозящих осадков, а также отрицательная температура воздуха у земли.

На практике для прогнозирования гололеда, помимо синоптического метода, можно использовать некоторые рекомендации, предлагаемые в разных регионах России. Так, например, на Рисунке 2.2.1 представлена оценка возможности возникновения гололеда в вероятностном виде [2].

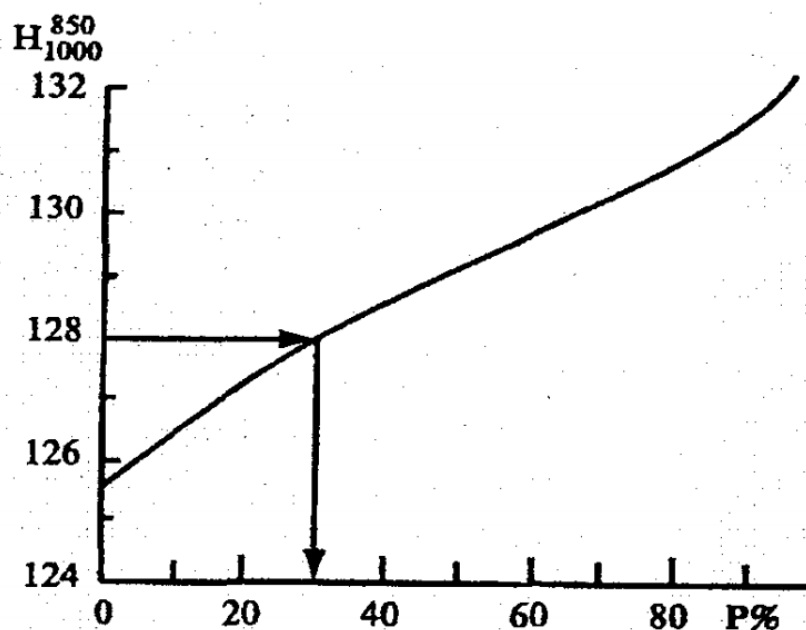


Рисунок 2.2.1 - График оценки возможности возникновения гололеда

На Рисунке 2.2.1 вертикальная линия представляет собой разницу между высотами геопотенциала уровней 1000 и 850 гПа, а по горизонтальной оси - вероятность образования гололеда.

2.3 Прогноз внутримассового гололеда

Для прогноза внутримассового гололеда можно использовать эмпирическую связь вероятности его образования с ожидаемой толщиной (температурой) слоя воздуха между изобарическими поверхностями 850 и 1000 гПа: чем больше ожидаемое значение $H_{850/1000}$, тем вероятнее образование гололеда. Для оценки вероятности образования гололеда через 24 ч по графику, приведенному на Рисунке 2.2.1, нужно предварительно дать прогноз адвективного и трансформационного изменений $H_{850/1000}$. Адвективное значение $H_{850/1000}$ определяется путем переноса поля изогипс по осредненной между уровнями 1000 и 850 гПа траектории. Для расчета трансформационных изменений $H_{850/1000}$ сначала определяются трансформационные изменения температуры у поверхности Земли (без учета суточного хода) и на

изобарической поверхности 850 гПа с использованием данного графика. По осредненному по двум этим уровням значению трансформационного за 24 ч изменения температуры ΔT_t по формуле 2.3.1

$$\Delta H_{850/1000} = 0,47 \Delta T_t, \quad (2.3.1)$$

Где $\Delta H_{850/1000}$ - толщина слоя воздуха между изобарическими поверхностями 850 и 1000 гПа
 ΔT_t - трансформационное изменение температуры

рассчитывается трансформационное изменение относительного геопотенциала $H_{850/1000}$. После этого определяется ожидаемое через 24 ч значение $H_{850/1000}$:

$$(H_{850/1000})_{пр} = (H_{850/1000})_л + (H_{850/1000})_т \quad (2.3.2)$$

Альтернативность гололеда позволяет использовать при разработке методов его прогноза аналитические подходы, в частности, построение линейной дискриминантной функции. Примером является дискриминантная функция следующего вида:

$$L_t = 0,044 T_3 + 0,411 T_{850} - 0,219 \sum \Delta T_d - 0,128 \Delta^2 \times T_{850} + 0,358 V_3 - 0,029 (V_3 - V_{850}) + 0,98, \quad (2.3.3)$$

Где T_3 - температура воздуха у поверхности земли
 T_{850} - температура воздуха на $A T_{850}$
 $\sum \Delta T_d$ - суммарный дефицит точки росы
 $\Delta^2 T_{850}$ - оператор Лапласа температуры на $A T_{850}$
 V_3 - скорость ветра у поверхности земли
 V_{850} - скорость ветра на $A T_{850}$

2.4 Метод Ягудина

Данный метод используется для прогноза фронтального гололеда. Для этого Р.А. Ягудин предложил использовать данную номограмму (Рисунок 2.4.1).

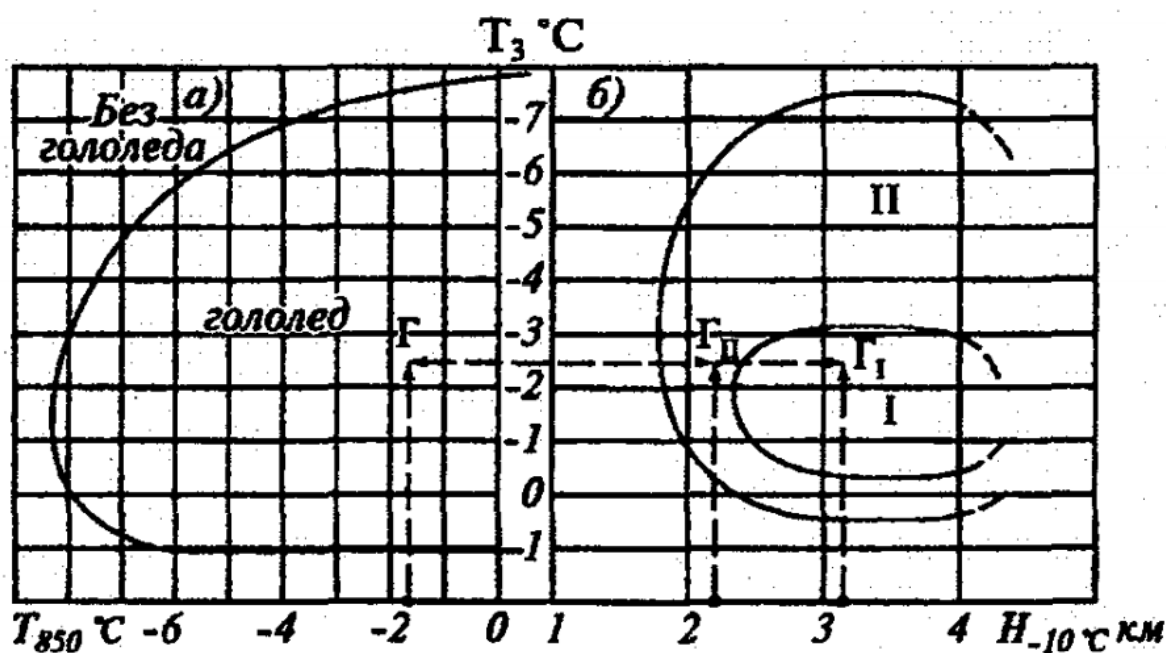


Рисунок 2.4.1 - Номограмма Ягудина Р.А.

Кроме гололеда неприятности приносит гололедица, что понимается как ледяная пленка или ледяная корка, образовавшаяся на поверхности [6].

Наиболее благоприятными для возникновения гололедицы являются синоптические процессы, характеризующиеся адвекцией теплого и влажного воздуха. Если по прогнозу погоды ожидаются осадки, а температура поверхности чуть ниже 0°C , в этом случае в прогнозах должна быть указана гололедица. График прогноза гололедицы представлен на рисунке 2.4.2.

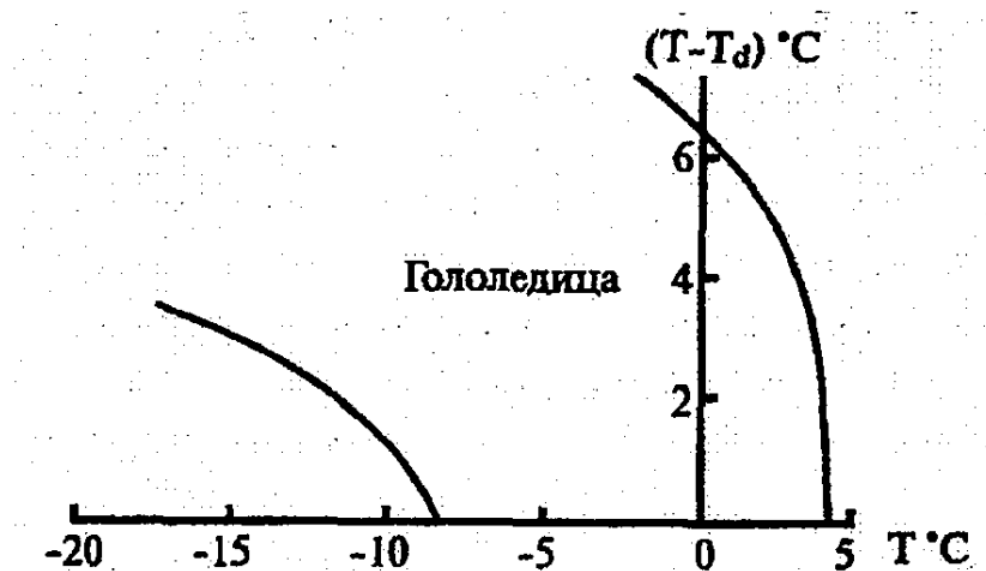


Рисунок 2.4.2 - График прогноза гололедицы.

В данном графике, в качестве исходных данных, были использованы температура воздуха и дефицит точки росы. Этот график нашел широкое применение на ЕЧР.

Все методы прогнозирования будут точнее, если при применении методов будут учитываться местные особенности признаков опасных и неблагоприятных погодных явлений [5].

3. Анализ условий образования гололедных явлений на аэродроме Когалым

3.1 Территория исследования

Исследование, приведенное в данной работе, было проведено по данным АМСГ Когалым (Рисунок 3.1.1-3.1.2), который расположен в 6 км южнее города Когалым и обслуживает Ханты-Мансийский автономный округ.

В настоящее время из него выполняются рейсы в Москву, Новосибирск, Уфу, Самару и другие города. Большая часть рейсов обслуживает вахты работников нефтяных предприятий компании «Лукойл».

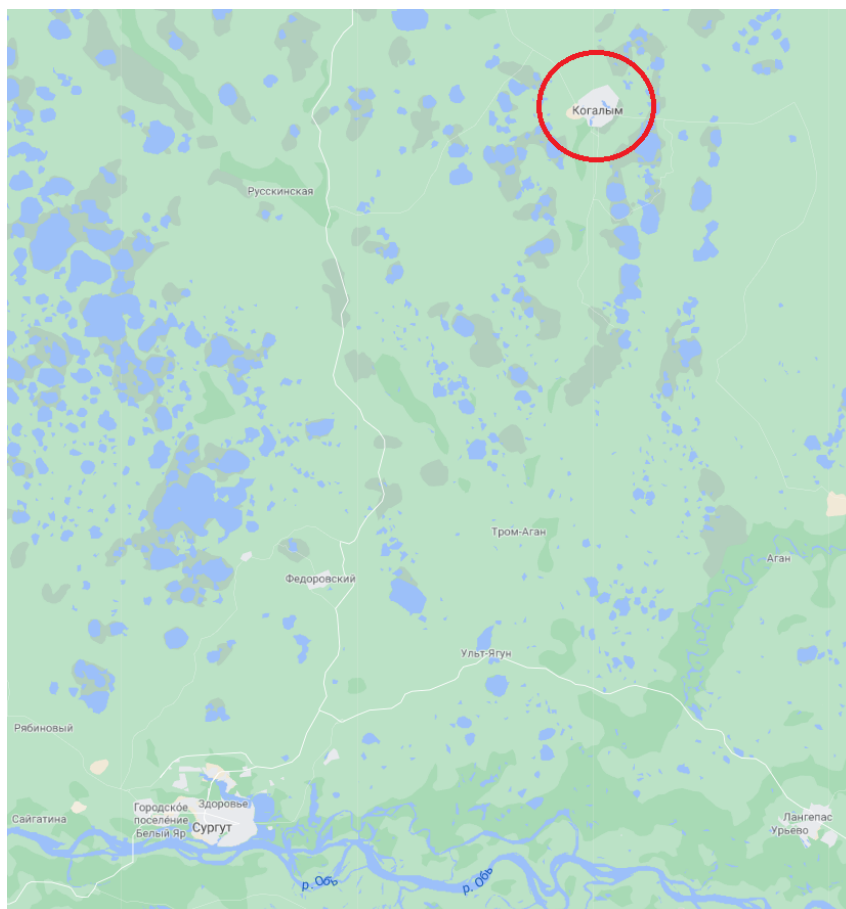


Рисунок 3.1.1 - Территория исследования



Рисунок 3.1.2 - Аэродром Когалым, вид со взлетной полосы

3.2 Обработка архивных данных АМСГ Когалым

В данной работе была проведена обработка архивных данных из журнала фактической погоды АВ-6 АМСГ Когалым за период с 2016 по 2019 гг., в котором сообщаются следующие данные по срокам наблюдения: направление ветра, средняя скорость ветра, порывы ветра (при наличии), видимость на ВПП, явления погоды, наблюдавшиеся на АМСГ, количество октантов и форма облаков, высота нижней границы облачности первого и второго слоя, температура воздуха, температура точки росы, относительная влажность, абсолютная влажность, давление на аэродроме QFE в миллиметрах ртутного столба и в гектопаскалях, давление приведенное к уровню моря, тенденция давления за 3 часа, данные бортовой погоды, состояние полосы, коэффициент сцепления, курс посадки и примечания, если таковы имеются. Пример архивных данных проведен на Рисунке 3.2.1

[illegible]

В данной таблице квадратом выделены явления переохлажденной тумана 2 января 2016 года.

В список переохлажденных явлений входят:

Переохлажденный (замерзающий) туман — скопление в воздухе переохлажденных капель воды или смеси капель воды с кристалликами льда, образующихся при температуре от 0 до -15°C в результате выхолаживания влажного воздуха, что приводит к уменьшению горизонтальной видимости до значений менее 1000 м.

Переохлажденный (замерзающий) туман обычно вызывает отложение гололеда или льда на объектах и поверхности земли. Переохлажденный (замерзающий) туман может осаждаться в виде переохлажденной (замерзающей мороси).

Морось — жидкие однородные осадки, состоящие из очень мелких капель дождя. Сухая поверхность намокает медленно и равномерно. Осаждаясь на поверхности воды, не образует на ней расходящихся кругов.

Замерзающая морось (freezing drizzle) — это та морось, которая выпадает только при отрицательной температуре воздуха при попадании на поверхность предметов и замерзает с образованием гололеда. Переохлаждённая морось выпадает из слоистых облаков или тумана. При оседании на предметы её капли смерзаются, образуя гололёд.

Замерзающий дождь (freezing rain) — дождь, выпадающий при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0...-10°, иногда до -15°), намерзающий на поверхности наземных предметов с образованием гололеда.

3.3 Повторяемость гололедных явлений на аэродроме Когалым

За период исследований с 2016 по 2019 гг. количество случаев гололедных явлений варьировалось из года в год. Поиск в архивных данных АМСГ Когалыма показал наличие 89 случаев гололедных явлений. По гистограмме, представленной на Рисунке 3.3.1, а также в Таблице 3.3.1, можно видеть, что больше всего явлений наблюдалось в 2016 году и составило 26, меньше всего наблюдалось в 2017 году и составило 18 явлений. В целом, с последующими годами количество явлений не сильно различаются. Так, хотя в 2017 году явлений наблюдалось меньше, к 2019 году количество гололедных явлений снова приблизилось к значению 2016 года.

Таблица 3.3.1 - Количество случаев образований гололедных явлений, наблюдавшихся на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг

Год	2016	2017	2018	2019	Всего
Количество явлений	26	18	20	25	89

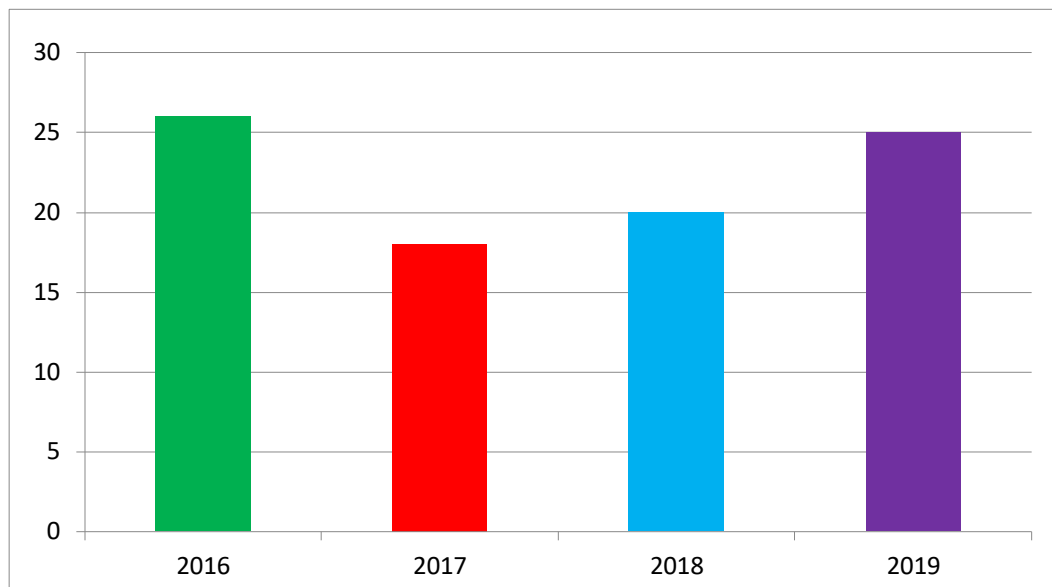


Рисунок 3.3.1 - Количество случаев гололедных явлений, наблюдавшихся на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг.

Поскольку наблюдалось 3 типа разных гололедных явлений, составления одной таблицы количества явления будет недостаточно и необходимо знать количество случаев по годам и месяцам.

Данные, представленные в таблице 3.3.2, дают понять, в каком году наблюдалось больше явлений, в каком году меньше, а также, когда данных явлений вообще не наблюдалось.

Например, исходя из вышеупомянутой таблицы, в 2017 году было 4 случая переохлажденного дождя (FZRA), что является наибольшим количеством данного типа переохлажденных явлений за все годы наблюдений.

В 2018 же году наблюдалось лишь одно данное явление, что является наименьшим количеством за весь исследуемый период, причем в 2016 году явления переохлажденного дождя не наблюдалось совсем.

Таблица 3.3.2 - Количество случаев переохлажденных явлений по типам, наблюдавшихся на аэродроме Когалым 2016-2019 гг.

	2019	2018	2017	2016	Всего
FZRA	3	1	4	0	8
FZDZ	0	1	0	0	1
FZFG	22	18	14	26	80
Всего	25	20	18	26	89

3.4 Годовой ход переохлажденных явлений на аэродроме Когалым

Распределение всех переохлажденных явлений за все исследуемые года по месяцам можно видеть на графике количества гололедных явлений за каждый месяц (Рисунок 3.4.1). В марте, апреле и в октябре количество гололедных явлений стремительно падает, что объясняется относительно высокой температурой в данных месяцах. Ввиду полного отсутствия гололедных явлений в мае, июне, июле, августе и сентябре, данные месяца, в вышеупомянутом рисунке не указаны.

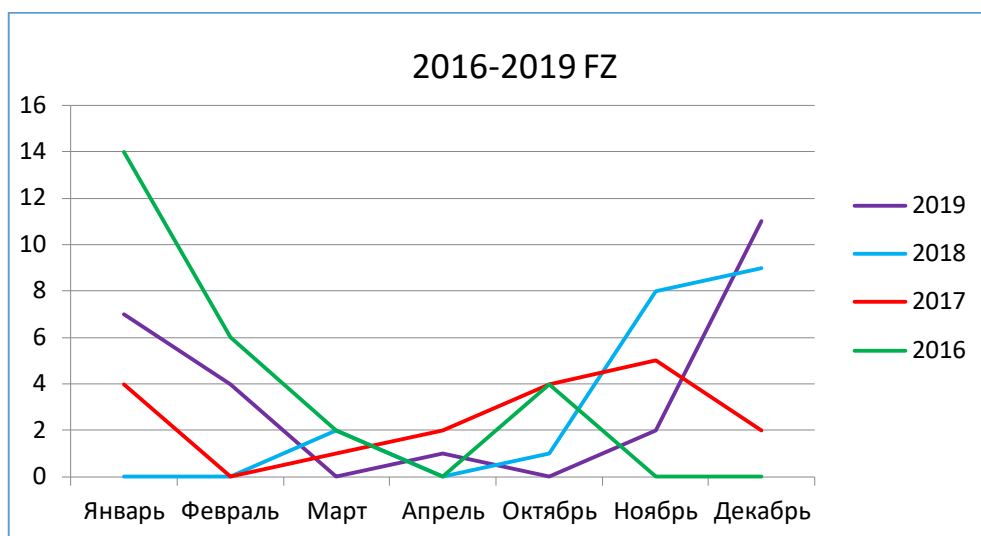


Рисунок 3.4.1 - Количество гололедных явлений по месяцам

Важно понимать, что у всех гололедных явлений варьируется годовой ход. Исходя из Рисунка 3.4.2, показывающий повторяемость всех переохлажденных явлений на каждый месяц на аэродроме Когалым с 2016 по 2019 года, такие месяцы как: январь, ноябрь и декабрь, являются самыми благоприятными для образования гололедных явлений, с повторяемостями 28%, 17% и 25% соответственно.

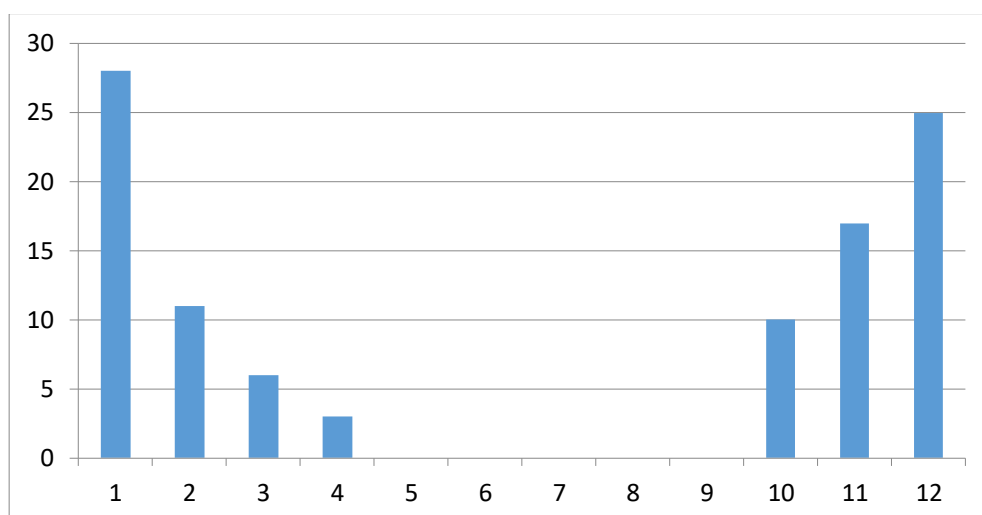


Рисунок 3.4.2 - Годовое распределение гололедных явлений, наблюдавшихся на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг.

3.5 Типы переохлажденных явлений на аэродроме Когалым.

Таблица 3.5.1 - Типы явлений, наблюдавшихся на аэродроме Когалым за период 2016 - 2019 гг.

Тип явления	Повторяемость, %
Переохлажденный дождь	9
Переохлажденная морось	1
Переохлажденный туман	90
Всего	100

Повторяемость всех типов явлений также различается. Так повторяемость замерзающего тумана (FZFG) с периода 2016-2019 гг. составила 90%, что значительно превышает значения замерзающего дождя (FZRA) 9% и замерзающей мороси 1% (Рисунок 3.5.1).

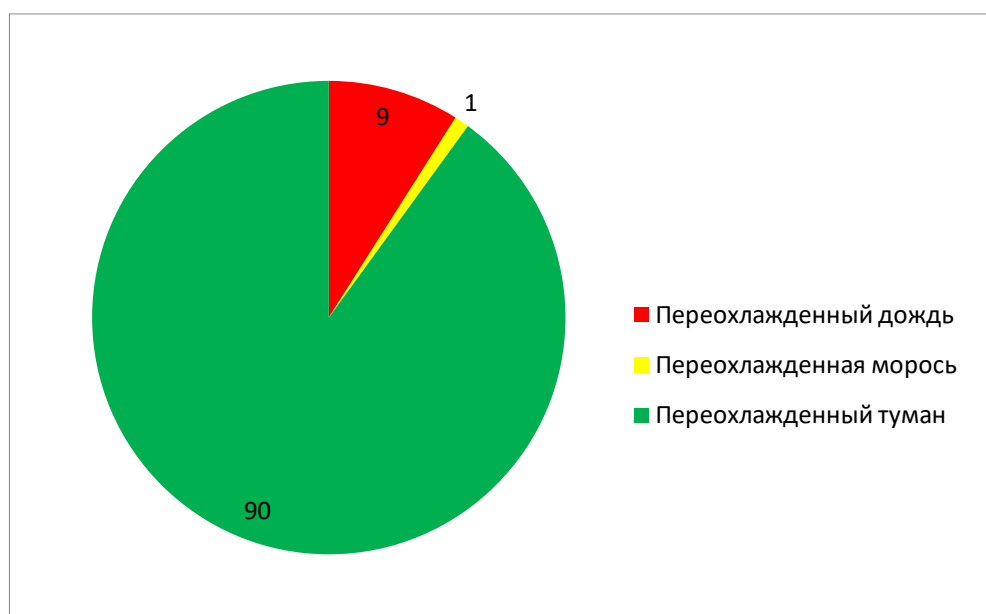


Рисунок 3.5.1 - Типы явлений, наблюдавшихся на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг.

3.6 Синоптические ситуации, при которых образовывались гололедные явления на аэродроме Когалым

Гололедные явления чаще всего образуются в зонах теплых атмосферных фронтов при наличии инверсии температуры, и при этом температура у поверхности земли сохраняет отрицательные значения. В начале выпадают твердые осадки, которые при наличии теплого слоя воздуха начинают оттаивать, а затем в холодном слое воздуха снова замерзают, капли снова затвердевают, разбиваются о поверхность. Эти затвердевшие осадки, при падении, разбиваются, и вода в жидком виде, находящаяся внутри, замерзает при низких температурах, образуя гололед.

Так, 19 февраля 2016 года, синоптическая ситуация (Рисунок 3.6.1) обуславливалась прохождением тыловой части циклона в районе аэродрома Когалым. Погода определялась холодной неустойчивой воздушной массой и прохождением холодного фронта.

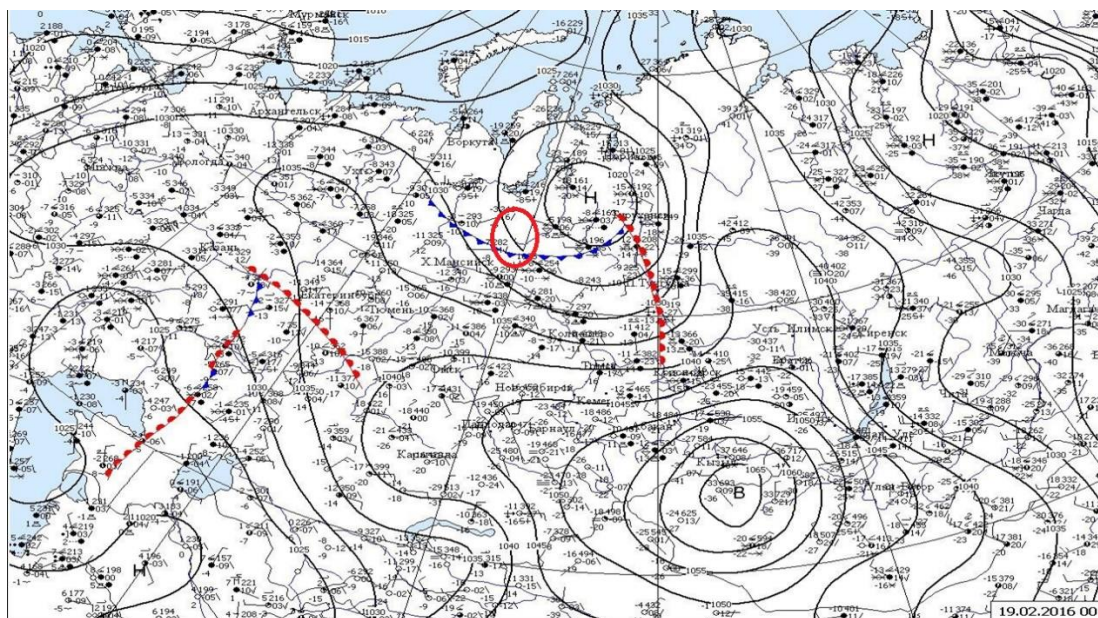


Рисунок 3.6.1 - Приземная карта за 19 февраля 2016 года 00 UTC
(Тыловая часть циклона)

Осадки в данном районе выпадают при наличии высокой устойчивости атмосферы и высокой влажности. При приближении к фронту ветер становится более шквалистым. Видимость улучшается зимнее время года при полетах над северными морями.

18 февраля 2016 года (Рисунок 3.6.2) синоптическая ситуация обуславливалась нахождением над аэродромом Когалым барического гребня.

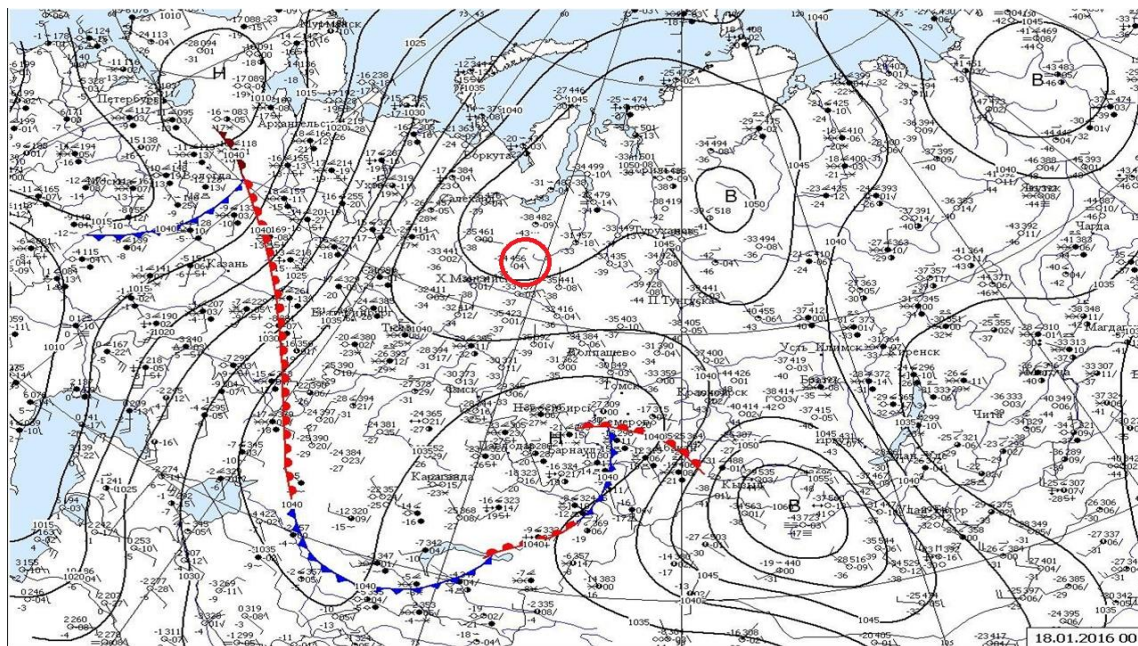


Рисунок 3.6.2 - Приземная карта за 18 января 2016 года за 00 UTC
(гребень)

Термин «гребень», как и сам термин «антициклон», используется для описания области повышенного давления. Для того чтобы наглядно представить распределение атмосферного давления над какой-либо территорией, на карте изображаются изобары, т. е. линии, которые соединяют точки с одинаковым давлением. На картах погоды изобары изображают плавно. Давление указывается на их концах или в разрыве линии.

Система изобар позволяет изобразить барическое поле, которое включает области пониженного давления, области повышенного давления и

барические седловины. На карте данное барическое формирование выглядит как вытянутая часть антициклона с сильно выраженной осью, вдоль которой изобары имеют наибольшую кривизну.

Под термином «гребень» понимают область повышенного давления, находящуюся между двух зон пониженного давления. Нередко это вытянутая периферийная часть антициклона. Линию в области гребня с наибольшим давлением называют его осью.

Гребень характеризуется преобладанием нисходящих движений воздуха и малооблачной погодой. В свою очередь, антициклон зимой сопровождается либо безоблачной погодой, либо тонкими слоистыми облаками, туманами и слабым ветром, а летом — малооблачной погодой с хорошей видимостью.

2 января 2016 года (Рисунок 3.6.3) синоптическая ситуация была обусловлена прохождением антициклона.

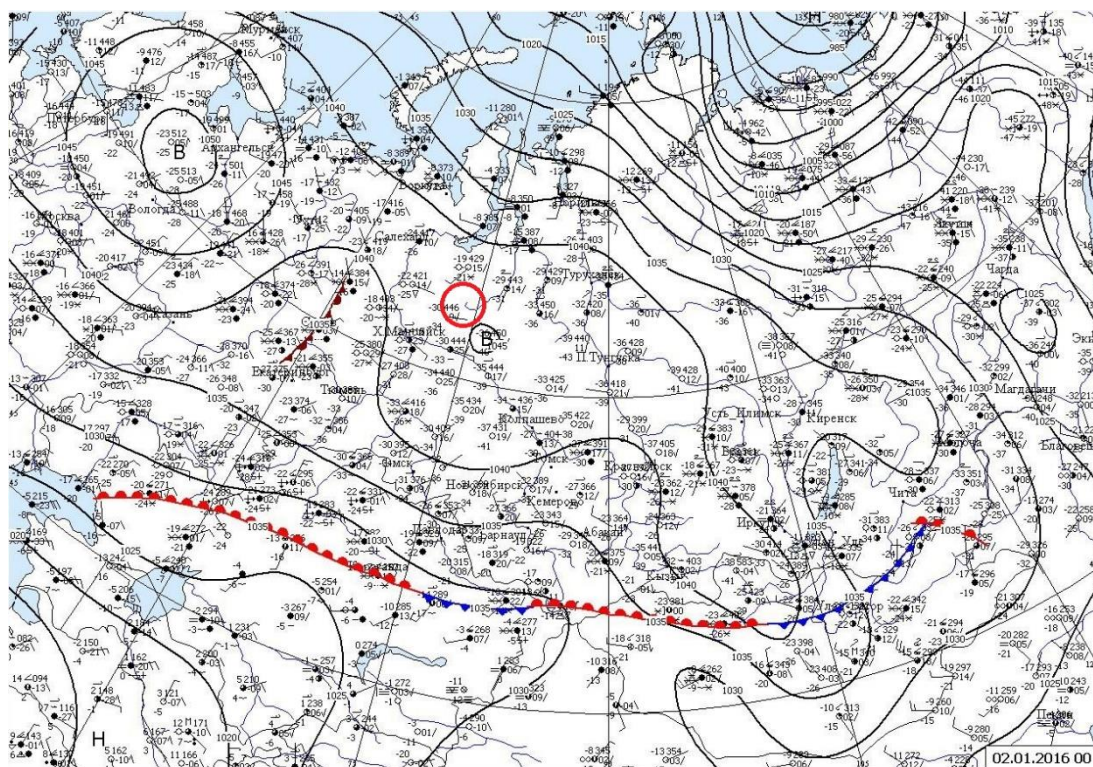


Рисунок 3.6.3 - Приземная карта за 2 января 2016 года 00 UTC
(антициклон)

Антициклоны - это области замкнутых изобар относительно высокого давления на горизонтальных поверхностях или высокой геопотенциальной высоты на изобарических поверхностях, вокруг которых воздух циркулирует по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки в южном полушарии.

На уровне моря антициклоны обычно возникают как холодные мелкие циркуляции, которые мигрируют к экватору и превращаются в теплые субтропические системы высокого давления, хорошо проникающие в тропосферу. Вверху на изобарических поверхностях могут появляться антициклоны на средних и высоких широтах. По гидростатическим соображениям это относительно теплые системы. Антициклоны наверху часто являются стационарными или дрейфуют на запад и, таким образом, могут блокировать продвижение на восток других погодных систем. Антициклонические циркуляции в высоких широтах могут проникать в стратосферу, где они могут быть связаны с внезапными стратосферными потеплениями.

Хотя антициклоны не так активно исследуются, как циклоны, они важны, потому что малооблачная погода, может способствовать сильному ночному радиационному выхолаживанию и низким температурам у поверхности земли.

25 марта 2018 года 12 UTC (Рисунок 3.6.4) синоптическая ситуация была обусловлена седловиной.

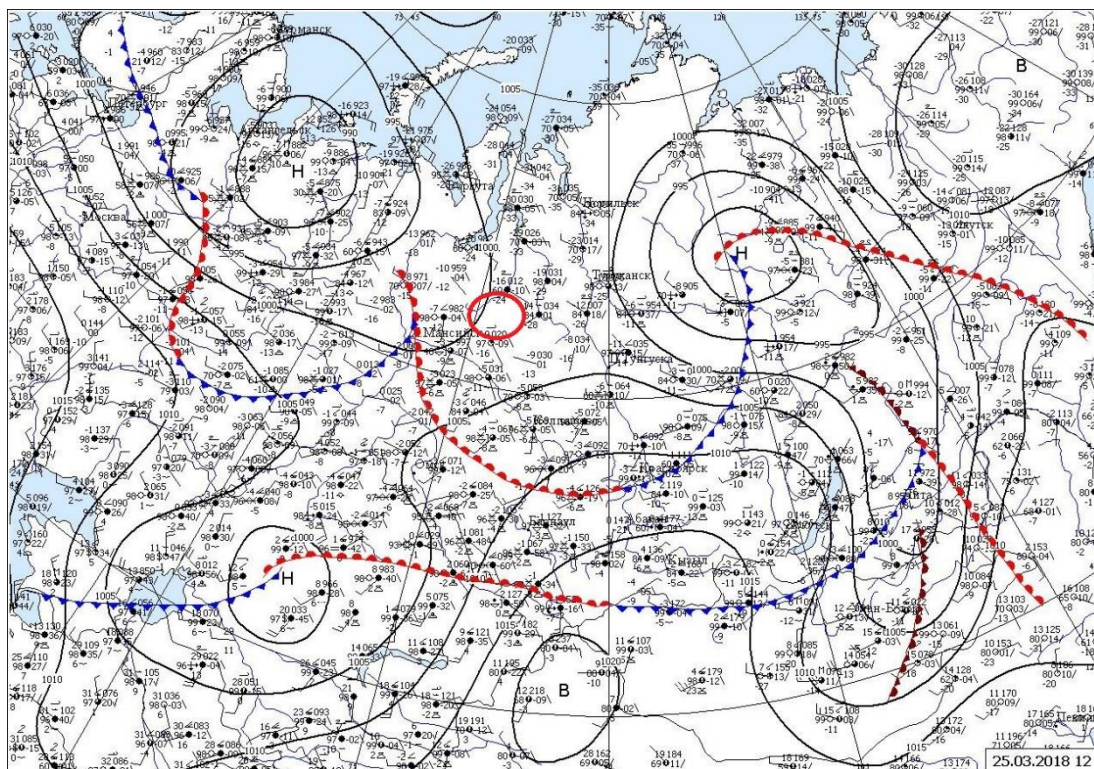


Рисунок 3.6.4 – Приземная карта за 25 марта 2018 года за 12 UTC
(седловина)

Перемычка, также называемая седловой точкой или нейтральной точкой, в метеорологии является точкой пересечения ложбины и гребня в диаграмме давления на карте погоды. Он имеет форму седла, где давление воздуха немного выше, чем в областях с низким давлением, но ниже, чем в антициклонических зонах.

В барометрической седловине ветры относительно спокойные и меняются по направлению. Погода также неустойчивая и благоприятная для зимнего тумана или летних штормов из-за скопления влаги в воздушной массе из-за отсутствия вентиляции. Таким образом, часто это положение стационарного или квазистационарного фронта.

В реальной атмосфере максимумы и минимумы редко имеют одинаковую силу и, следовательно, равную картину ветрового потока вокруг них. Таким образом, адвекция теплого и холодного воздуха редко бывает одинаковой. Кроме того, их форма и положение также редко бывают такими идеальными.

Таким образом, существует 3 типа седловины или перемычки: симметричное, циклоническое и антициклоническое.

В симметричной седловой области циклонические и антициклонические течения находятся в равновесии. Этот тип наименее распространен, поскольку обычно преобладает одно из этих двух влияний.

В антициклонической седловине кривизна изобар области высокого давления больше, чем у циклонического потока. Погода очень спокойная и во многом определяется свойствами воздушных масс.

В циклонической седловине кривизна циклонических изобар больше кривизны антициклонического потока. В результате преобладают прилегающие области низкого давления и по своим свойствам сравнимы с впадиной. В результате сходящееся движение воздуха вызывает фронтальные облака и осадки во влажном воздухе. В случае неустойчивого воздуха, летом часто образуются сильные грозы.

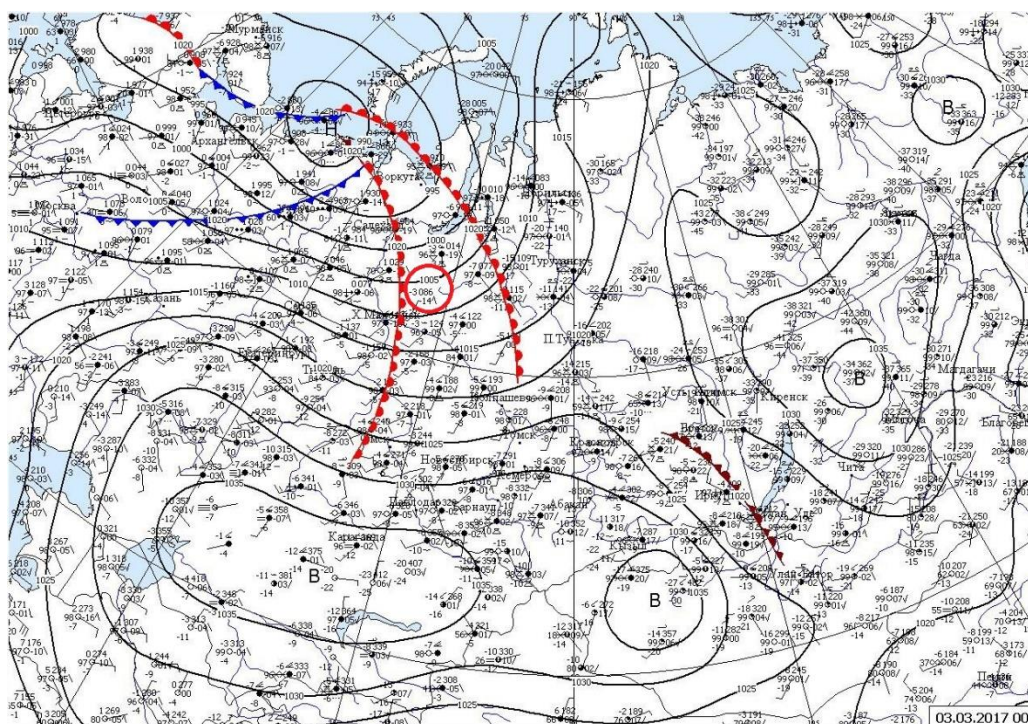


Рисунок 3.6.5 - Синоптической карта за 3 марта 2017 года за 00 UTC (передняя часть циклона)

3 марта 2017 года 00 UTC (Рисунок 3.6.5) синоптическая ситуация обуславливалась прохождением передней части циклона. Условная граница передней части циклона, являющаяся теплым фронтом, формирует погоду в данной районе.

29 ноября 2018 года 12 UTC (Рисунок 3.6.6) синоптическая ситуация обуславливалась ложбиной.

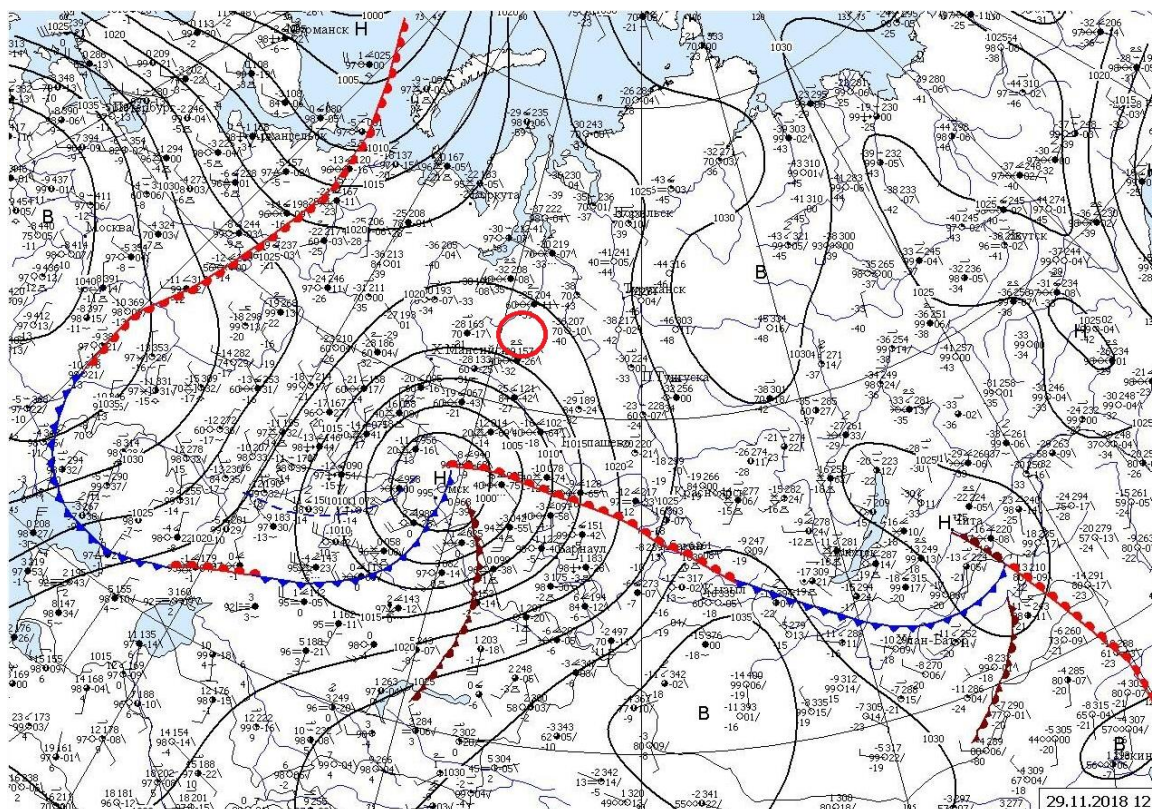


Рисунок 3.6.6 - Приземная карта за 29 ноября 2018 года за 12 UTC
(ложбина)

Ложбина представляет собой зону пониженного давления, находящуюся, между двух областей повышенного давления.

Ложбина является вытянутой периферийной частью циклона. Ложбина не имеет центра, но у неё есть линия, на которой давление принимает наименьшие значения.

Синоптические карты в дни образования замерзающих явлений были использованы для типизации синоптических ситуаций, наблюдавшихся в районе исследования.

В результате проведенных исследований на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг. во время образования гололедных явлений, синоптические ситуации сильно различались (Таблица 3.6.1):

- Повторяемость синоптических ситуаций с тыловой частью циклона оказалось больше всего и составила 19%,
- Синоптическая ситуация, при которой часто происходит образование гололеда – теплый фронт составила 12%.
- Прохождение антициклона и его передней части во время образования гололедных явлений составило также по 12%.
- Прохождения холодного фронта и барического гребня составили по 14%.
- Повторяемость барической ложбины составила 9%.
- Повторяемость передней части циклона составила 5%
- Меньше всего повторяемость оказалась у седловины и составила 3%.

Таблица 3.6.1 – Типизация синоптических ситуаций при образовании гололедных явлений на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг.

Синоптическая ситуация	Повторяемость, %
Центр антициклона	12
Теплый фронт	12
Холодный фронт	14
Ось гребня	14
Ось ложбины	9
Седловина	3
Передняя часть циклона	5

Тыловая часть циклона	19
Передняя часть антициклона	12

На Рисунке 3.6.7 представлено распределение типовых синоптических ситуаций при образовании гололедных явлений на аэродроме Когалым за период 20216-2019 гг.



Рисунок 3.6.7 - Повторяемость синоптических ситуаций на аэродроме Когалым за период 2016-2019 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

1) Из всех переохлажденных явлений больший вклад в образование гололеда вносит переохлажденный туман (90%), меньше всего - переохлажденная морось (1%), за период 2016-2019 гг. это явление было обнаружено всего один раз.

2) Количество явлений не сильно отличается с каждым годом, в 2017 году количество явлений упало до количества 18, но с последующими годами количество явлений выросло до близкого к значению 2016 года (25).

3) Повторяемость гололедных явлений по годовому распределению выше в январе (28%) и декабре (25%), то есть в самые холодные месяцы зимы.

4) Из синоптических ситуаций самая высокая повторяемость у тыловой части циклона (19%), самая же низкая у седловины (3%)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богаткин О.Г. «Основы авиационной метеорологии» учебник – СПб,: изд. РГГМУ, 2009.
2. В. И. Воробьев, «Синоптическая метеорология», учебник - ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ ЛЕНИНГРАД, 1991.
3. Савичев А.И. «Синоптические методы прогноза погоды» учебное пособие – Ленинград, 1982г.
4. Зверев А.С. «Синоптическая метеорология», учебник – ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ ЛЕНИНГРАД, 1982 г.
5. Хромов С.П., Петросянц М.А. «Метеорология и климатология», учебник – Москва, 2006 г.
6. Шакина Н.П., Калугина Г.Ю., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р. Субъективный и объективный анализ атмосферных фронтов. Объективные характеристики фронтов, проведенных синоптиками // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 7.