



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 выпадения замерзающих осадков на аэродроме Талаги
(Архангельск)»**

Исполнитель Иванова Арина Александровна
(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» мая 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ	2
СОКРАЩЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЗАМЕРЗАЮЩИЕ ОСАДКИ	6
1.1 Основные характеристики замерзающих осадков	6
1.2 Причины возникновения замерзающих осадков	6
1.3 Метеорологические условия возникновения замерзающих осадков	6
1.4 Гололедица	7
1.5 Опасность замерзающих осадков на аэродроме	8
2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЭРОДРОМА «ТАЛАГИ» Г. АРХАНГЕЛЬСК	10
2.1 Физико-географическое описание аэродрома «Талаги»	10
2.2 Общие характеристики аэродрома «Талаги»	12
3. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАМЕРЗАЮЩИХ ОСАДКОВ НА АЭРОДРОМЕ «ТАЛАГИ»	14
3.1 Распределение случаев наблюдения замерзающих осадков	14
3.2 Типовые синоптические ситуации при образовании замерзающих осадков на аэродроме «Талаги»	20
4. МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ЗАМЕРЗАЮЩИХ ОСАДКОВ	23
4.1 Расчет вероятности гололеда	23
4.2 Метод Годске	24
4.3 Метод Р. А. Ягудина	25
4.4 Анализ эффективности методов прогнозирования замерзающих осадков	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	35

СОКРАЩЕНИЯ

ВПП	- взлетно-посадочная полоса
FZRA	- переохлажденный дождь
FZDZ	- переохлажденная морось
FZFG	- переохлажденный туман
АВ-6	- авиационный журнал
ВС	- воздушное судно
ЕЧР	- европейская часть России
AIRMET	- выпускаемая органом метеорологического слежения
SIGMET	информация о фактическом или ожидаемом возникновении особых явлений погоды по маршруту полета
UTC	- всемирное координированное время

ВВЕДЕНИЕ

Замерзающие осадки представляют собой одно из опаснейших явления для аэродрома. При выпадении они образуют гололед, что может негативно повлиять на процесс взлета и посадки, а также привести к обледенению воздушных судов, что способствует ухудшению их аэродинамических качеств. Так же гололедные отложения на ВПП приводят к потере управляемости ВС.

Сведения о замерзающих осадках в настоящее время является актуальными для метеорологического обеспечения авиации. Их необходимо прогнозировать, чтобы избежать авиационного происшествия. Исходя из этого, очень важно улучшать точность прогнозирования замерзающих осадков и увеличивать заблаговременность прогноза [1].

Пренебрежение учетом условий, приводящих к гололедным отложениям, может вызывать экономические убытки, из-за взаимосвязи полетов ВС и состояния ВПП. Предупреждение об опасном явлении передается синоптиком через коды AIRMET, SIGMET. Это нужно для того, чтобы вовремя принять защитные меры: плавление гололеда при помощи высоких температур, использование химических антиобледенителей и грузовиков, предназначенных для устранения гололеда.

Цель работы заключается в определении условий образования гололедных явлений на аэродроме Талаги г. Архангельска.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- Сформировать архив данных случаев замерзающих осадков по данным АВ-6 АМЦ Архангельск за период 2018-2021 гг.
- Проанализировать годовой ход случаев замерзающих осадков.
- Рассмотреть синоптические ситуации случаев замерзающих осадков.

- Проанализировать распределение температуры воздуха по высоте при наблюдаемых случаях замерзающих осадков.
- Оценить успешность методов прогноза замерзающих осадков.

1. ЗАМЕРЗАЮЩИЕ ОСАДКИ

1.1. Основные характеристики замерзающих осадков

Замерзающие осадки – это тип атмосферных осадков. Они формируются, когда осадки, выпадающие в виде дождя или мокрого снега, попадают на поверхность земли с отрицательной температурой. Замерзающие осадки могут привести к гололеду.

Гололед – это ледовое покрытие, которое нарастает на ВПП, аэродромных постройках, рулежных дорожках, при определенных погодных условиях. Во время дождя длительность образования тонкого слоя льда составляет несколько часов. При мороси либо тумане процесс требует больше времени. Сформировавшийся гололед может существовать несколько суток[1].

1.2. Причины возникновения замерзающих осадков

Замерзающие осадки появляются в результате прохождения теплого воздуха через холодный слой атмосферы. При низкой температуре капли дождя или снега могут замерзнуть и превратиться в гололед или в ледяные градины. Чаще всего замерзающие осадки возникают в переходной период между зимой и весной, так как на поверхности земли еще много снега, а температура постепенно повышается[4].

Так же замерзающие осадки могут возникнуть в результате высокой влажности воздуха и холодной поверхности земли. В таких случаях капли дождя замерзают мгновенно.

1.3. Метеорологические условия возникновения замерзающих осадков

К условиям возникновения замерзающих осадков можно отнести следующее:

- 1) Чаще всего гололед образуется при отрицательной температуре воздуха от 0 до -10°C .
- 2) Чем выше скорость ветра, тем больше отложений льда.
- 3) Охлаждение воздушных масс в приземном слое у земли и на высоте образования облаков.
- 4) Образованию гололеда способствует адвекция теплого и влажного воздуха[1].

1.4. Гололедица

Кроме гололеда выделяют другие виды наземных отложений льда: гололедица, обледенелый снег и другие виды твердого налета. Гололедица наблюдается при резком похолодании, следующим за холодным фронтом 2-го рода, если до этого были обильные осадки в виде дождя или мокрого снега. Также гололедица наблюдается при адвекции теплого влажного воздуха[3, 6].

Отличие гололедицы от гололеда заключается в том, что *гололед* - погодное явление, при котором выпадают осадки в виде дождя или мороси, замерзают и держаться на поверхности. Гололедица - тоже погодное явление, при котором лед и снег на поверхности сначала растают, а далее при понижении температуры снова замерзнут и образуют корку.

Для прогноза гололедицы используют график на рисунке 1.4.1.

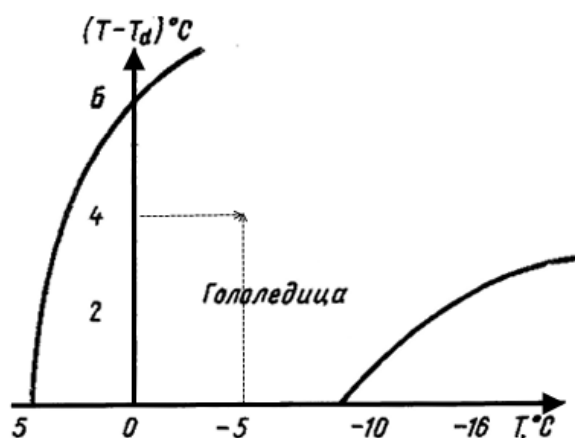


Рисунок 1.4.1 - График для прогноза гололедицы

Для прогноза задействуют ожидаемую температуру воздуха (T) и ожидаемый дефицит точки росы у поверхности земли ($T - T_d$). Данный график имеет широкое применение на ЕЧР.

Обледенение ВПП и авиационной техники, в виде твердого налета наблюдаются при отсутствии осадков. Часто такое обледенение наблюдается при интенсивной адвекции теплого влажного воздуха после длительного периода холодов. Также появление твердого налета возможно при радиационном выхолаживании влажной воздушной массы в темное время суток в области малоподвижного антициклона. Если ожидается адвекция теплого и влажного воздуха при отрицательной температуре почвы, а на поверхности почвы имеется дождевая или талая вода, то по графику на рисунке 1.4.1 дается прогноз гололедицы.

Гололедица наблюдается одновременно с гололедом. Разница в том, что при гололедице обледеневаает сама поверхность земли[2].

1.5. Опасность замерзающих осадков на аэродроме

Замерзающие осадки на аэродроме могут создать серьезную проблему для безопасности полетов. При наличии бокового ветра на полосе, которая

покрыта слоем гололеда, есть риск потери курса ВС при посадке или его сноса за пределы ВПП. Так как уменьшается сила трения колес шасси о бетон. При наличии гололедных отложений на обшивке самолета, находящегося на земле, взлет судна запрещается.

Вертолеты подвержены обледенению больше, чем самолеты. При одинаковых погодных условиях лед откладывается быстрее на лопастях винтов, чем на поверхности самолетов. Поэтому, когда выпускается прогноз об слабых или умеренных замерзающих осадках, вертолеты не совершают полетов.



Рисунок 1.4.2 - Отложения льда на ВС

2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЭРОДРОМА ТАЛАГИ (Г. АРХАНГЕЛЬСК)

2.1. Физико-географическое описание аэродрома Талаги

Аэродром Талаги находится в Талажском Авиагородке, расположенном в 9 км к северо-востоку от г. Архангельска. Высота над уровнем моря: 19 м. Архангельск находится на берегу одной из крупнейших судоходных рек севера России – Северной Двины. Аэродром Талаги является самым большим в регионе и обслуживает множество регулярных и чартерных рейсов. Территория аэродрома занимает около 1,5 тыс.га и состоит из двух ВПП.



Рисунок 2.1.1- Аэропорт на карте материковой части
Архангельской области



Рисунок 2.1.2- г. Архангельск на карте России

Местность около аэродрома равнинная, местами заболоченная, покрытая хвойным и смешанным лесом. Климат умеренный, морской. Продолжительная умеренно холодная зимой и короткое прохладное лето. Климат сформировался под воздействием северных морей и переносов воздушных масс с Атлантики в условиях небольшого количества солнечной радиации. За год выпадает около 607 мм осадков. Среднегодовая температура составляет $+1,3^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая влажность воздуха — 80 %.

Для столицы Поморья привычны частые перемены погоды, высокая влажность воздуха и большое количество дней с осадками. При вторжении холодного воздуха со стороны Сибири зимой возможны морозы до -30°C , бывают и оттепели. Летом при вторжении теплой воздушной массы со стороны степей Казахстана температура может подниматься до $30-35^{\circ}\text{C}$, а в ночное время возможны заморозки.

2.2. Общие характеристики аэродрома Талаги

На аэродроме Талаги метеорологическое обеспечение полетов происходит круглосуточно.

Индекс местоположения аэродрома по ИКАО: ULAA.

Географические координаты контрольной точки аэродрома: $64^{\circ}36'01''$ с. ш. $40^{\circ}43'00''$ в. д.

Абсолютная высота: 18,84 м.

Класс аэродрома: В.

Статус аэропорта: международный, федерального значения.

Длина основной ВПП: 2500.

Ширина основной ВПП: 44.

Магнитное склонение: $+ 15^{\circ}$.

На рис. 2.2.1 представлена схема аэродрома Талаги.

ULAA/ARH
Apt Elev 62'
N64 36.0 E040 43.0

JEPPESSEN
7 MAR 14 (10-9)

ARKHANGELSK, RUSSIA
TALAGI

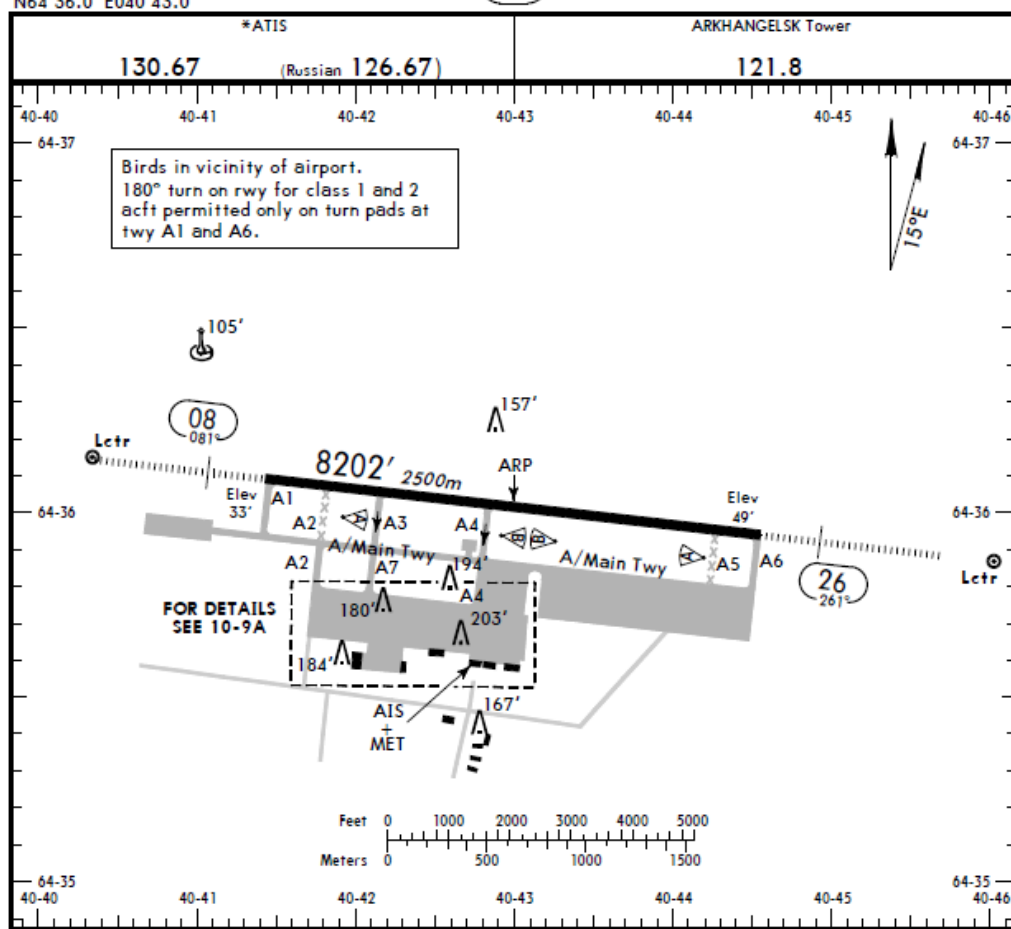


Рисунок 2.2.1- Схема аэродрома Талаги

3. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАМЕРЗАЮЩИХ ОСАДКОВ НА АЭРОДРОМЕ ТАЛАГИ

3.1 Распределение случаев наблюдения замерзающих осадков.

В результате обработки данных журнала АВ-6 за период с 2018 – 2021г. было обнаружено 27 случаев выпадения замерзающих осадков и 118 случаев замерзающего тумана (FZFG). В расчетах участвовали данные только о переохлажденном дожде (FZRA) и переохлажденной мороси (FZDZ). В таблице 3.1.1 можем видеть распределение случаев замерзающих осадков по месяцам за весь период наблюдения.

Таблица 3.1.1- Распределение случаев замерзающих осадков (морось и дождь) по месяцам за период 2018-2021 гг.

январь	февраль	март	ноябрь	декабрь	октябрь
10	2	2	8	4	1

В таблице 3.1.2 представлено распределение случаев замерзающих осадков по месяцам за каждый год.

Таблица 3.1.2- Распределение случаев замерзающих осадков по месяцам за период 2018-2021 гг.

	2018	2019	2020	2021
январь	7	3	0	0
февраль	0	1	1	0
март	2	0	0	0
ноябрь	6	2	0	0
октябрь	1	0	0	0
декабрь	4	0	0	0

На Рисунке 3.1.1 представлено распределение случаев замерзающих осадков по месяцам с 2018 – 2021 гг.

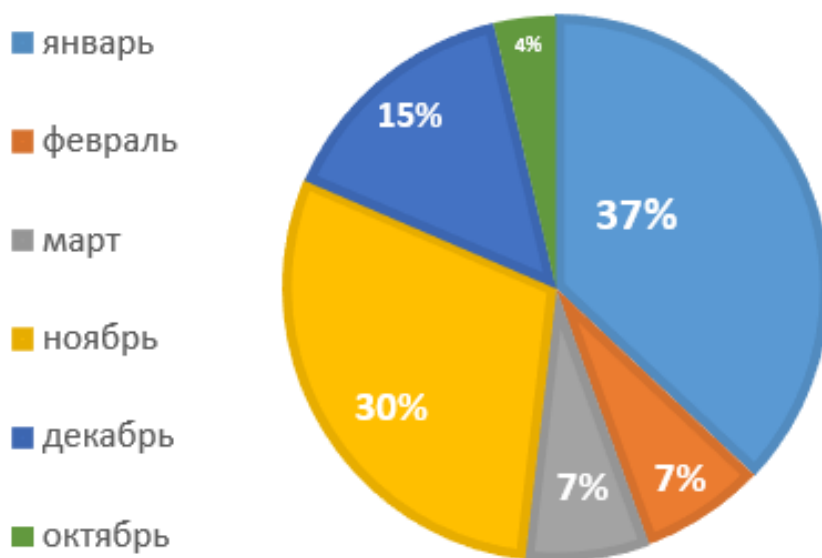


Рисунок 3.1.1- Распределения случаев наблюдения замерзающих осадков с 2018-2021гг.

В диаграмму вошли данные о замерзающей мороси (FZDZ) и о замерзающем дожде (FZRA).

FZFG – это опасное явление, при котором капли воды, содержащиеся в воздухе, замерзают на поверхности и образуют ледяную корку.

Анализируя данные Рис. 3.1.1 можно заметить, что наибольшее количество случаев приходится на январь - 10 случаев (37%) и ноябрь - 8 случаев (37%). Меньше в декабре – 4 случая (15%). Минимум пришелся на февраль и март - по 2 случая и октябрь – 1 случай. Отсюда можно сделать вывод, что большая часть случаев распределения осадков приходится на начало зимы.

По данным таблицы 3.1.1 видно, что больше всего случаев переохлажденных явлений, включая туманы наблюдалось в 2018 году (98 случаев). Меньше всего в 2021 году (1 случай). Из всех представленных явлений чаще всего встречался FZFG - за 4 года наблюдений было отмечено 118 случаев переохлажденного тумана. Значительно меньше наблюдалась переохлажденная морось (FZDZ) - всего 23 случая за 4 года, из которых 16 наблюдались в 2018 году. Меньше всего наблюдались осадки в виде переохлажденного дождя (FZRA). За весь период наблюдения отмечено 6 случаев.

Таблица 3.1.3–Распределение случаев различных видов осадков по годам

	FZFG	FZRA	FZDZ
2018	78	4	16
2019	32	1	6
2020	7	1	1
2021	1	0	0

На рисунке 3.1.2 представлена повторяемость случаев различных видов замерзающих осадков за период 2018-2021 гг.

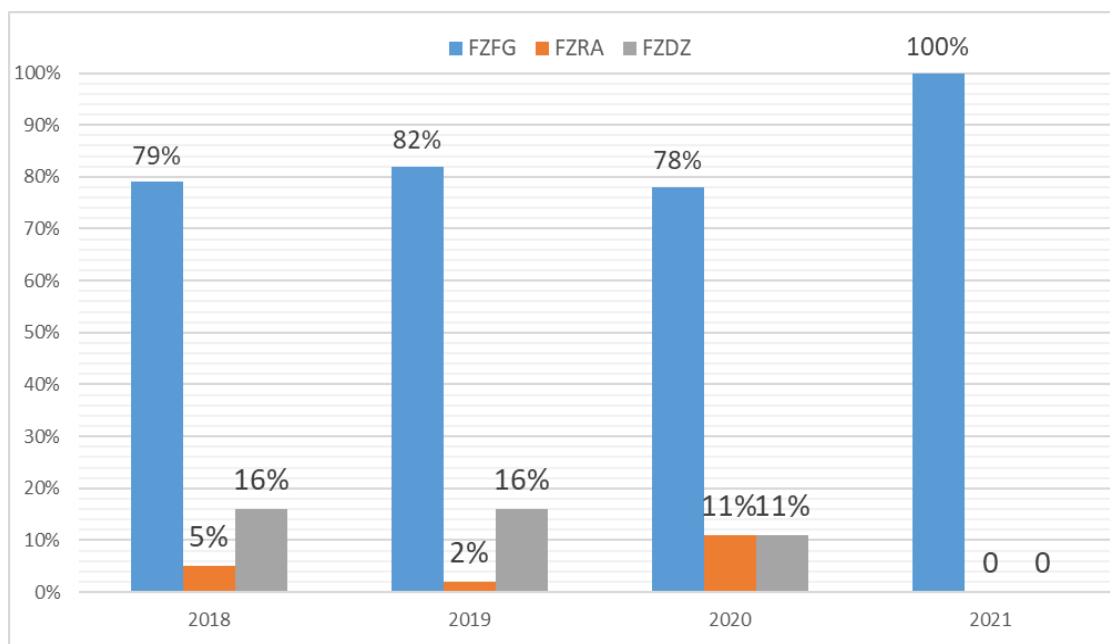


Рисунок 3.1.2 - Повторяемость случаев различных видов замерзающих осадков за период 2018-2021гг.

Чаще всего замерзающие осадки наблюдались при прохождении периферии антициклона (таблица 3.1.2), повторяемость составляет 19%. Также по 4 случая произошли в области теплого фронта, в передней части циклона и в центре антициклона. На фронтах окклюзии по типу теплого повторяемость больше, чем на фронтах окклюзии холодного типа.

Таблица 3.1.4 Синоптические ситуации при замерзающих осадках на аэродроме Талаги за период 2018-2021 гг.

Синоптическая ситуация	Количество случаев	Повторяемость, %
Барический гребень(тыловая часть)	2	6
Передняя часть ложбины	2	6
Окклюзия (по типу теплого)	3	9

Окклюзия(по типу холодного)	2	6
Теплый сектор	3	9
Периферия антициклона	6	19
Центр антициклона	4	12
Многоцентровый антициклон	2	6
Теплый фронт	4	12
Холодный фронт (2р)	1	3
Передняя часть циклона	4	12

На рисунке 3.1.3отображены типовые синоптические условия образования замерзающих осадков на аэродроме Талаги за период 2018-2021 гг.



Рисунок 3.1.3-Распределение случаев с возникновением замерзающих осадков в зависимости от синоптической ситуации.

Меньше всего замерзающие осадки наблюдались при прохождении холодного фронта 2 рода. Был всего 1 случай, что составляет 3% от общей повторяемости.

В 52% рассмотренных случаев при выпадении замерзающих осадков присутствовала высотная инверсия. Меньше всего случаев приземной (4%) и высотной (4%) изотермии. Обычный ход кривой температуры составил 31%. На рисунке 3.1.4 представлено распределение температуры воздуха по высоте, при наблюдаемых случаях замерзающих осадков.

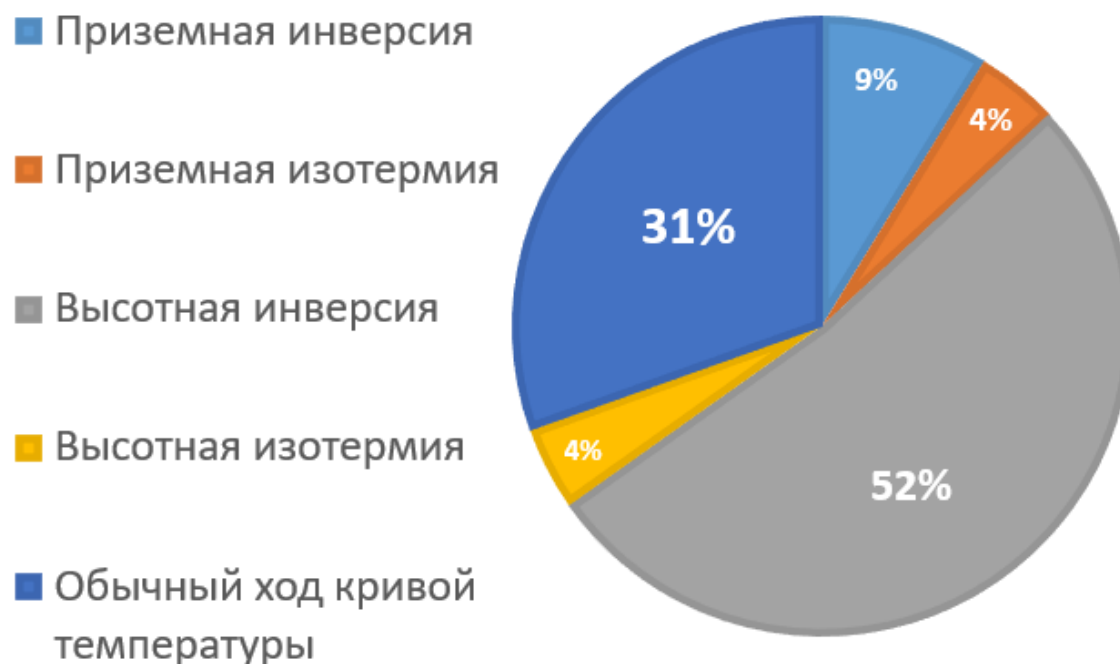


Рисунок 3.1.4- Распределение температуры воздуха по высоте, при наблюдаемых случаях замерзающих осадков.

3.2. Типовые синоптические ситуации при образовании замерзающих осадков на аэродроме Талаги

Рассмотрим типовые ситуации замерзающих осадков на аэродроме Талаги. На рисунке 3.2.1 представлена синоптическая ситуация за 02.01.2018 г.

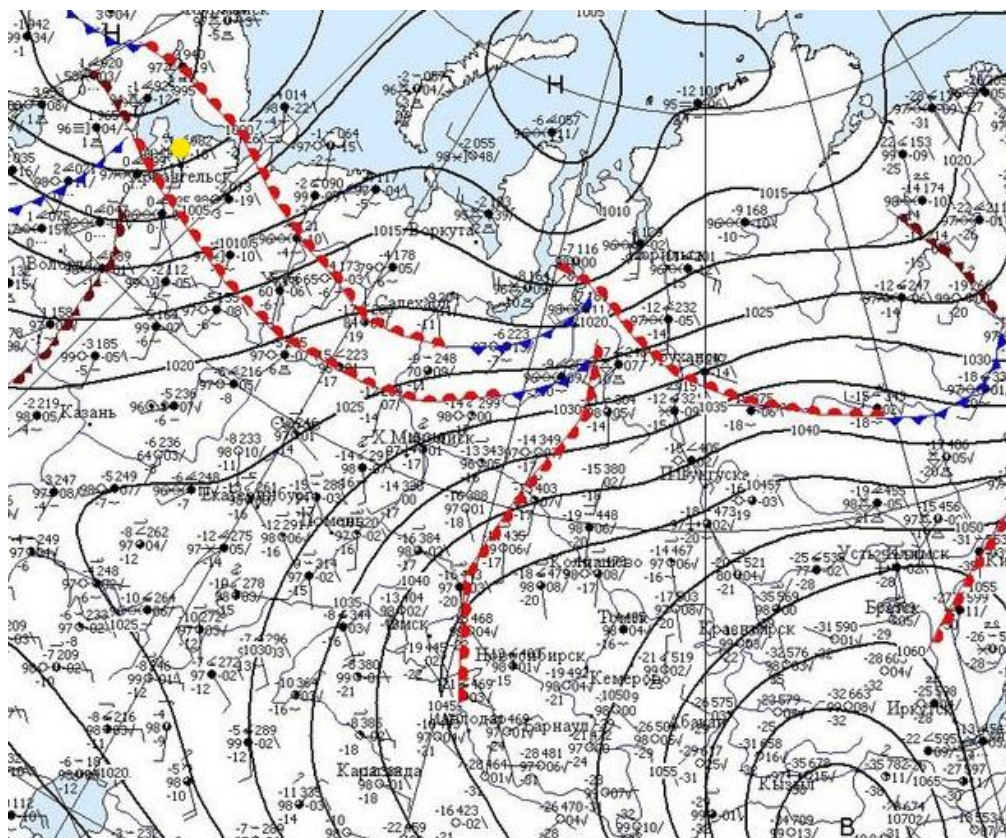


Рисунок 3.2.1- Приземная карта за 02.01.2018 06 UTC

На рисунке 3.2.1 мы видим, что Архангельск находится в передней части циклона. Вблизи теплого фронта. Из облачности теплого фронта выпадает замерзающая морось. Температура воздуха -3°C . Температура точки росы -3°C . Штиль. Адвекция теплого влажного воздуха. Контраст температур незначителен.

На рисунке 3.2.2 синоптическая ситуация определяется влиянием теплого фронта.

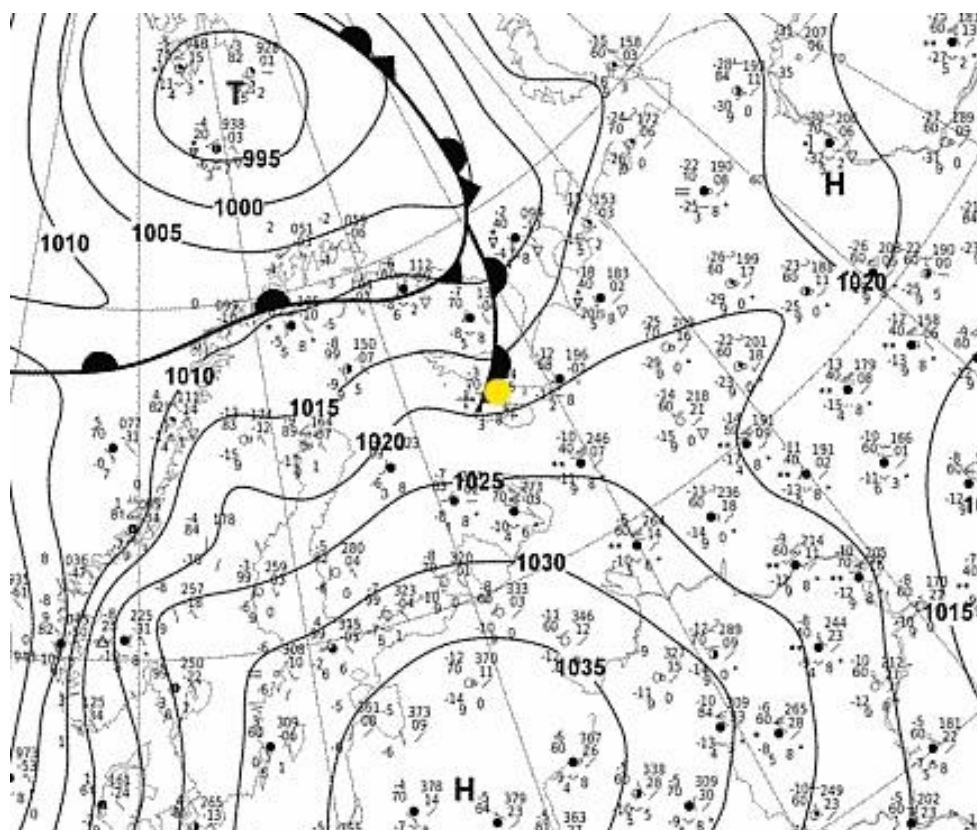


Рисунок 3.2.2 - Приземная карта за 02.01.2018 18 UTC

На рисунке 3.2.2 Архангельск находится под влияние теплого фронта и расположен в ложбине циклона. Облачность 10 баллов. Наблюдалась метель. Температура воздуха -4°C . Наблюдается сильный ветер и незначительный контраст температур.

На рисунке 3.2.3 аэродром находится под влиянием многоцентрового антициклона.

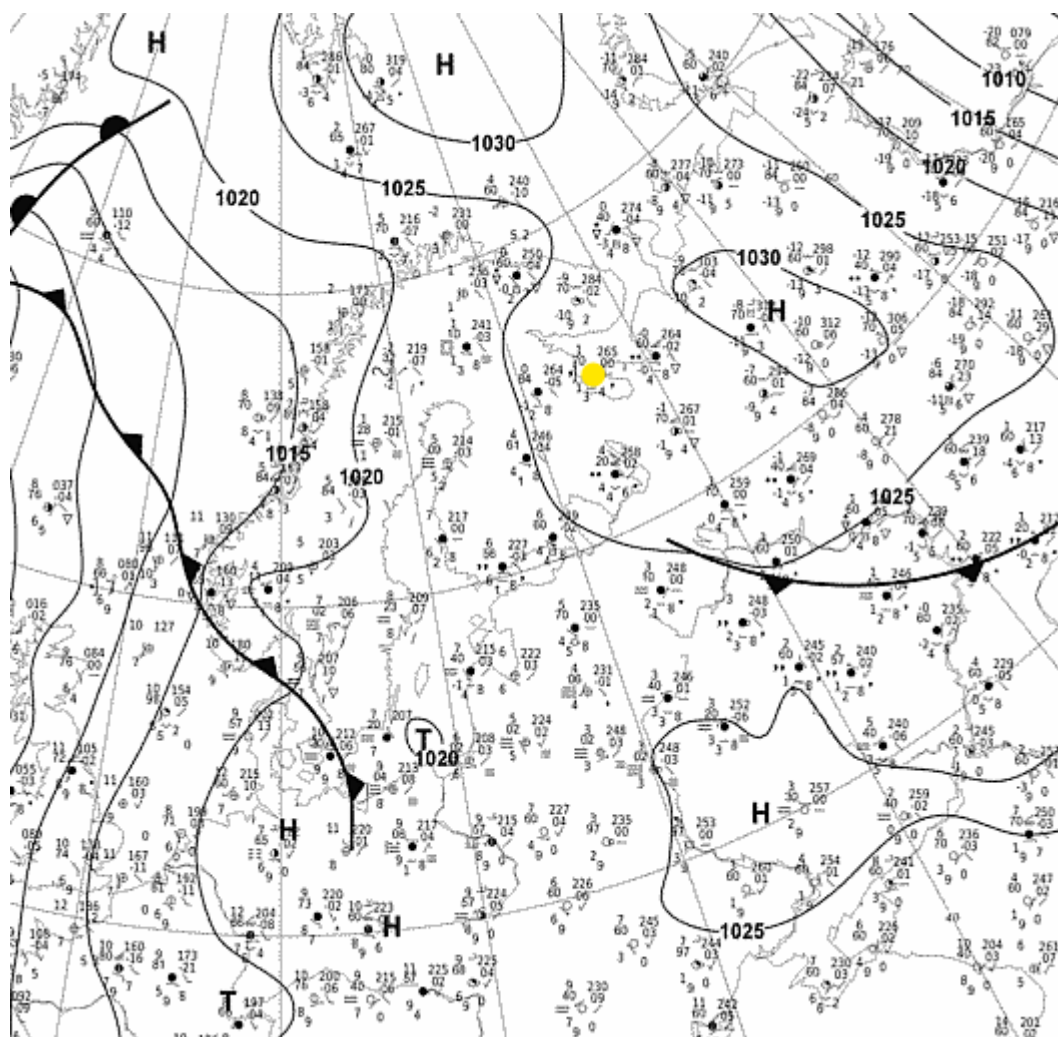


Рисунок 3.2.3 -Приземная карта за 08.11.2018 18 UTC

На рисунке 3.2.3 регион находится под влиянием многоцентрового антициклона. Прогнозируется переохлажденная морось и туман. Температура воздуха 0С°. Облачность 7-8 баллов.

3. МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ЗАМЕРЗАЮЩИХ ОСАДКОВ

3.4. Расчет вероятности возникновения гололеда

На рисунке 4.1.1 представлен график для расчета вероятности возникновения гололеда. По вертикали находятся разность геопотенциальных высот уровней 1000 и 800 Гпа. По горизонтали расположены вероятности возникновения гололеда.

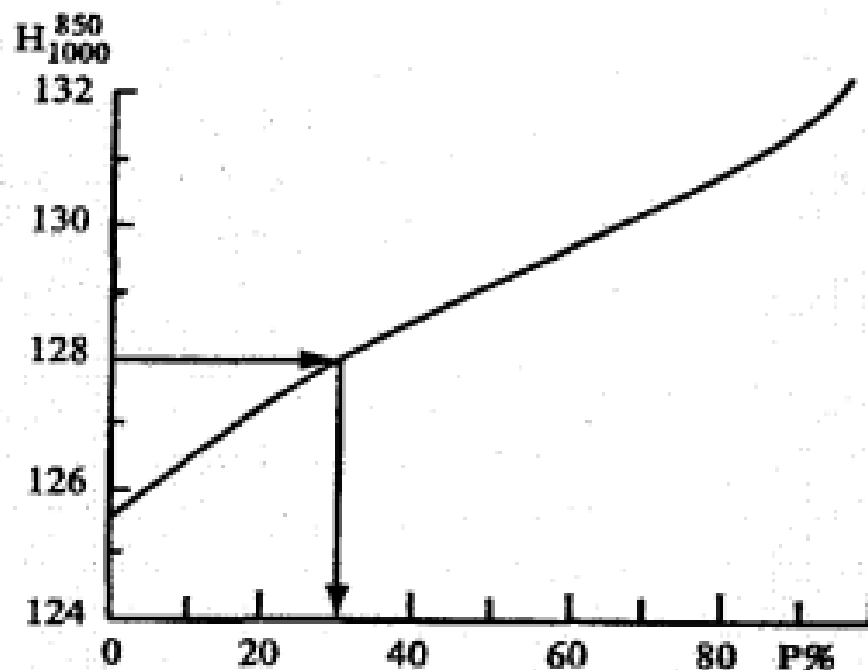


Рисунок 4.1.1 – График для определения вероятности возникновения гололеда

Из данного графика можно сделать вывод, что при прогностической температуре на АТ-850 равной 1°C , отрицательной температуре у поверхности земли и значениях H_{1000}^{850} равном 130-132 гп.дам, следует ожидать гололед. И если значения H_{1000}^{850} меньше, чем 128 гп.дам, то гололеда наблюдаться не будет.

3.5. Метод Годске.

Возможность выпадения замерзающих осадков в зоне аэродрома «Талаги» определяется по методу Годске по данным зондирования атмосферы. Проводится регистрация значений вертикальных профилей температуры, точки росы, относительной влажности и т.д. [1].

По данным бортовой погоды, были проведены расчеты оправдываемости метода Годске за 2018 г., по формуле 4.1.1. Требуется найти температуру насыщения над льдом по представленной формуле 4.1.1. Результаты представлены в таблице 4.1.1.

$$T_{н.л.} = -8D = -8(T - T_d)(4.1.1)$$

Где: $T_{н.л.}$ - температура насыщения над льдом
 D - дефицит температуры точки росы
 T - температура
 T_d - точка росы

Замерзающие осадки следует ожидать в том случае, если температура насыщения над льдом превышает температуру окружающего воздуха.

Таблица 4.1.1–Расчет оправдываемости метода Годске по данным за 2018 г.

Метод Годске				Обледенение будет
	T	TD	$T_{н.л.}$	$T - T_{н.л.} \leq 0$
4:14	-1	-1	0	-1
10:20	-1	-1	0	-1
13 января				
5:30	-1	-1	0	-1
22:00	1	1	0	1
14 января				
17:53	-5	-5	0	-5
16 января				
5:30	-6	-6	0	-6
27 января				

16:29	0	0	0	0
13 марта				
22:58	-5	-5	0	-5
14 марта				
0:00	-5	-5	0	-5
31 октября				
12:30	-2	-11	-72	70
8 ноября				
11:15	-1	-1	0	-1
18:30	0	0	0	0
9 ноября				
12:00	-1	-1	0	-1
11 ноября				
15:24	-3	-4	-8	5
13 ноября				
5:00	-1	-4	-24	23
30 ноября				
23:00	-1	-2	-8	7
1 декабря				
0:00	-1	-2	-8	7
5 декабря				
15:00	-2	-3	-8	6
14 декабря				
13:59	-9	-10	-8	-1
29 декабря				
5:30	-7	8	120	-127

Оправдываемость данного метода составила 65% (13 случаев), фактически было зафиксировано 20 случаев.

4.2. Метод Р. А. Ягудина

Прогноз осуществляется с помощью номограммы. Для этого необходимо определить температуру воздуха у поверхности земли и на уровне 850 гПа. Тогда по левой части номограммы можно установить возможность возникновения гололеда. Используя начальные данные, переходим в правую часть номограммы и определяем интенсивность гололеда по температуре воздуха у поверхности земли и высоте изотермы - 10°C[5].

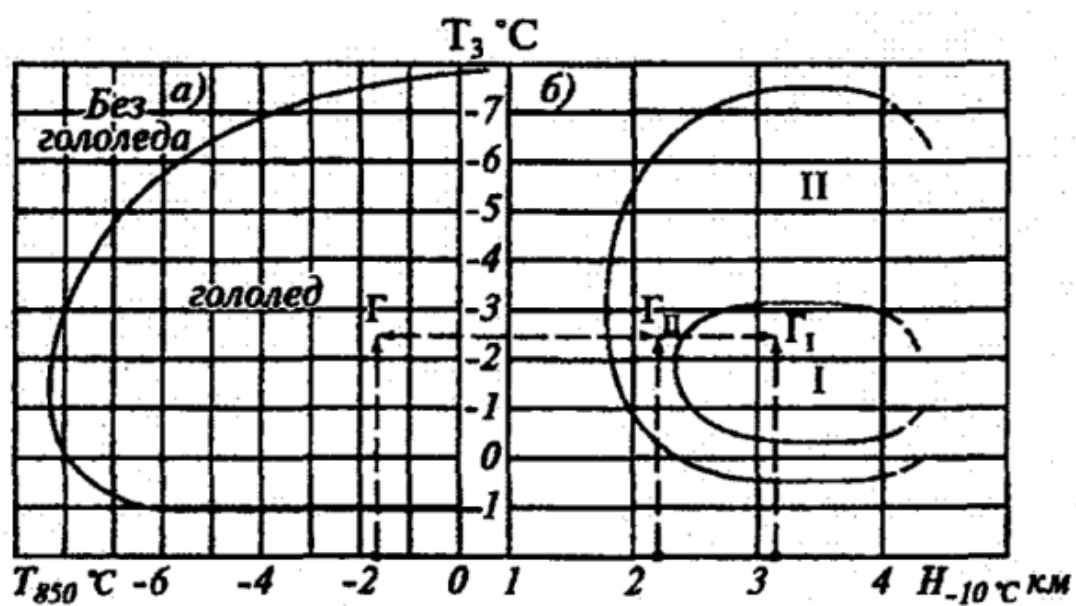


Рис. 1 - Номограмма Р.А. Ягудина

Таблица 4.1.2 – Расчет оправдываемости метода Ягудина по данным за 2018 г.

Метод Ягудина Р.А.			
	Прогноз наличия явления	Интенсивность	
2 января			
4:14	есть		Слабый
10:20	есть	Умеренный	
13 января			
5:30	есть		Слабый
22:00	есть		Слабый
14 января			
17:53	есть		Слабый
16 января			
5:30	есть		Слабый
27 января			
16:29	нет		
13 марта			
22:58	нет		
14 марта			
0:00	нет		
31 октября			
12:30	нет		
8 ноября			
11:15	есть	-	-
18:30	есть	-	-

9 ноября			
12:00	нет		
11 ноября			
15:24	есть	-	-
13 ноября			
5:00	есть	Умеренный	
30 ноября			
23:00	есть	Умеренный	
1 декабря			
0:00	нет		
5 декабря			
15:00	есть	Умеренный	
14 декабря			
13:59	нет		
29 декабря			
5:30	нет		

Оправдываемость метода Ягудина составляет 60% (12 случаев), фактически было зафиксировано 20 случаев. Недостатком данного метода является то, что он не учитывает положительные температуры у поверхности земли. А отрицательные температуры на уровне 850 гПа не могут опускаться ниже -8 °С.

Таким образом, метод Ягудина не является универсальным и не может быть полностью достоверным, так как он основан на статистических данных и субъективных оценках. Он должен использоваться в комбинации с другими методами, чтобы дать наиболее точный результат.

4.3. Анализ эффективности методов прогнозирования замерзающих осадков

Сравнивая приведенные методы, можно сделать следующие выводы. Хуже всего методом Годске прогнозируются замерзающие осадки при циклонах и антициклонах.

Например, 11.11.2018 в 18 часов по UTC аэродром находился под влиянием северной периферии антициклона, по прогнозу на аэродроме ожидалась переохлажденная морось. Наблюдалась 10 балльная облачность на

высоте 1500 м, что можно видеть на аэрологической диаграмме на рисунке 4.3.2 и ливневые осадки (рис. 4.3.1). Температура у поверхности земли - 3,5°C. Также наблюдалась низкая скорость ветра (1-2 м/с). Метод Годске замерзающие осадки не спрогнозировал, тем не менее они наблюдались в течение часа.

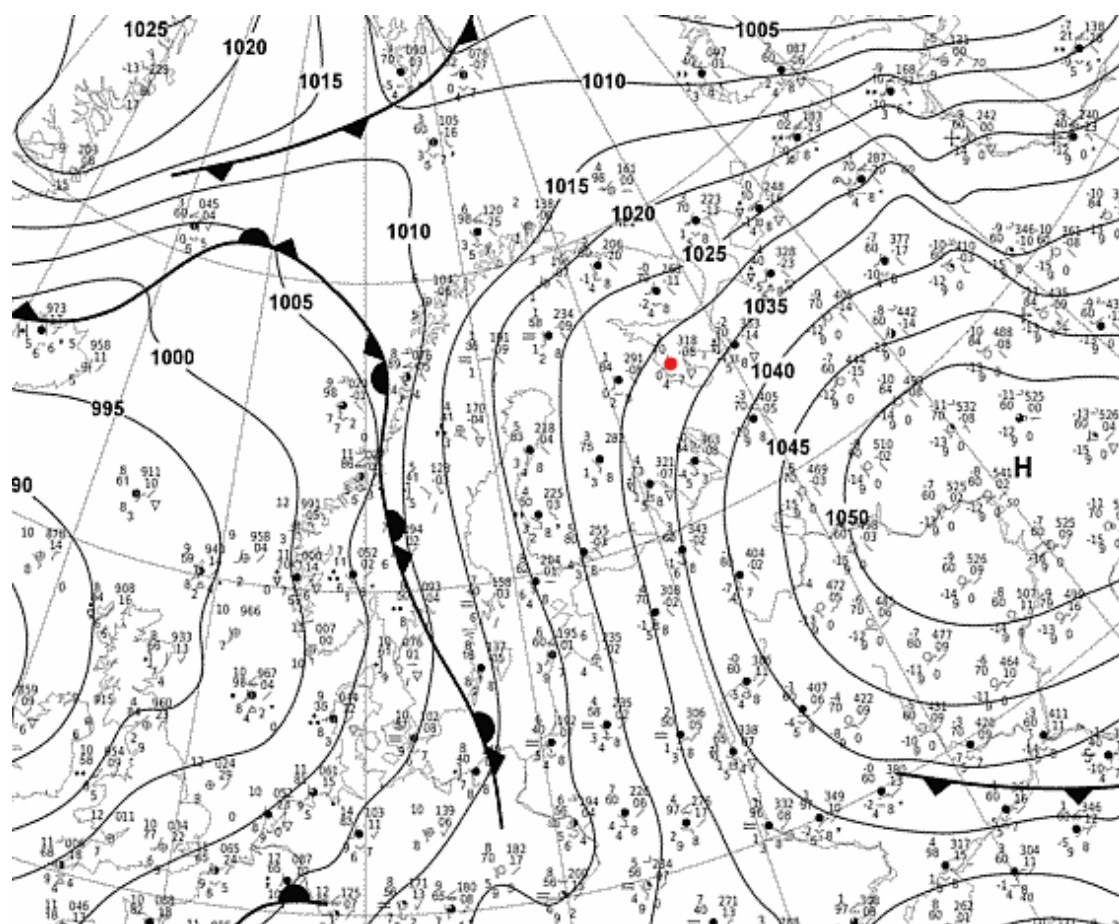


Рисунок 4.3.1 – Приземная карта за 11.11.2018 г. 18UTC

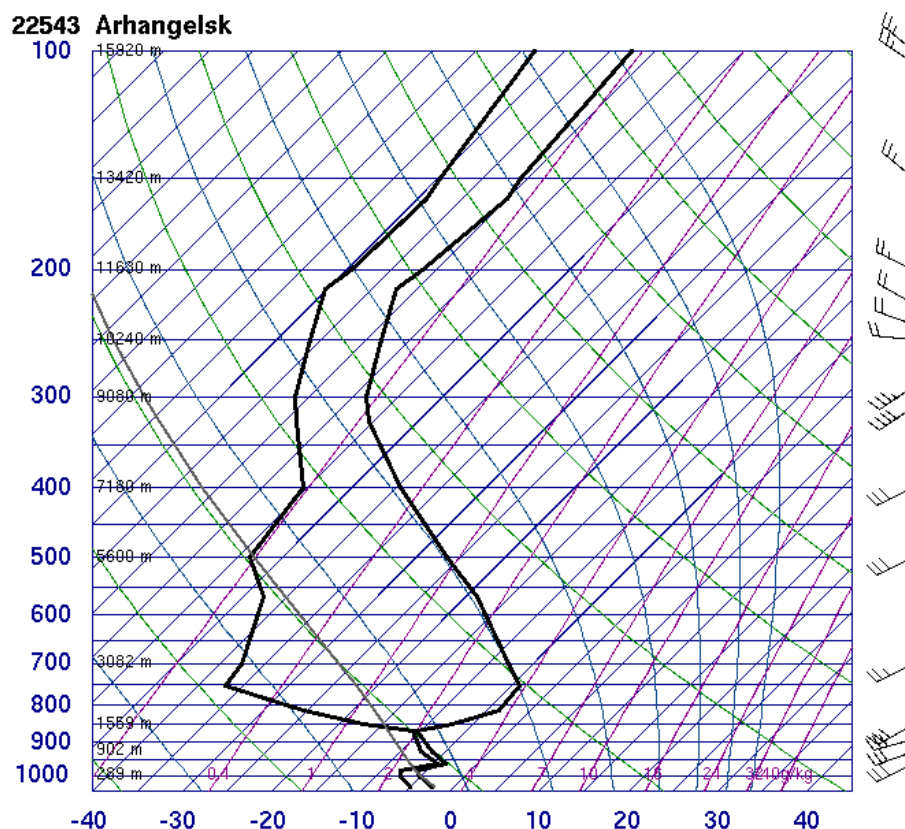


Рисунок 4.3.2 –Пример температурно–ветрового зондирования за 11.11.2018
18 UTC

Хуже всего методом Ягудина прогнозируются замерзающие осадки при прохождении теплого фронта. Например, 14.03.2018 прогнозировался теплый фронт. Наблюдалась сплошная облачность 10 баллов. Температура воздуха у поверхности -8°C . Ветер северо-восточный. На аэрологической диаграмме видно, что дефицит точки росы составляет один градус. Наблюдается инверсия температур вблизи поверхности земли.

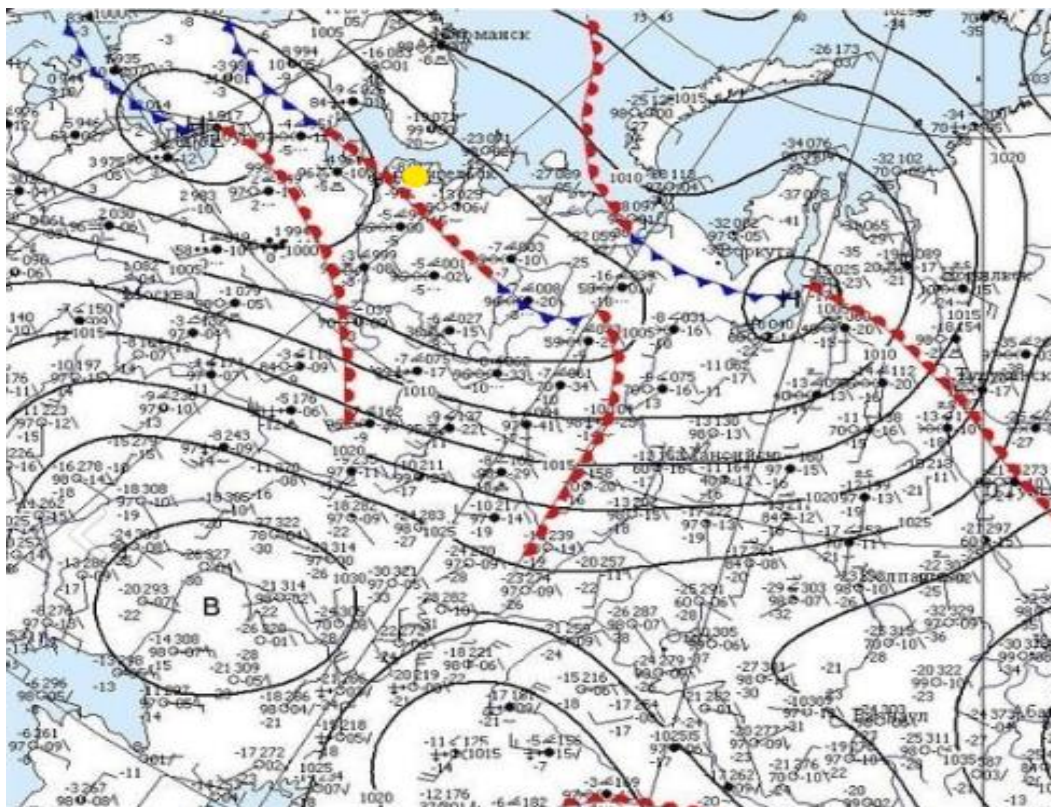


Рисунок 4.3.3- Приземная карта 14.03.2018 г. 18UTC

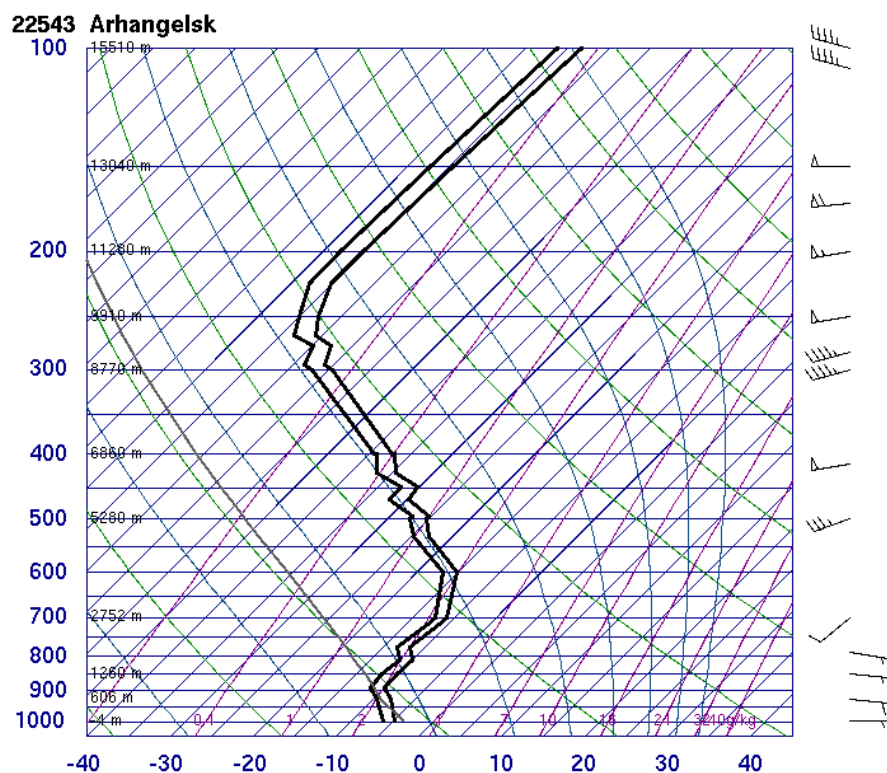


Рисунок 4.3.4- Пример температурно-ветрового зондирования за 14.03.2018 г. 18 по UTC

Метод Ягудина замерзающие осадки не спрогнозировал, тем не менее они наблюдались в течение 2 часов.

Оба метода точно прогнозируют замерзающие осадки, находящиеся в теплом секторе.

Теплый сектор – это область, расположенная между холодным и теплым фронтами. В этой части циклона теплый воздух из южных регионов перемещивается с холодным воздухом и образует облачность, часто сопровождаемую осадками. Теплый сектор является благоприятной средой для образования гололеда, так вызывает сильный ледяной дождь и снег. Наблюдение за теплым сектором и его передвижением позволяет синоптикам предсказывать приближение сильных осадков и предупреждать о возможных опасностях.

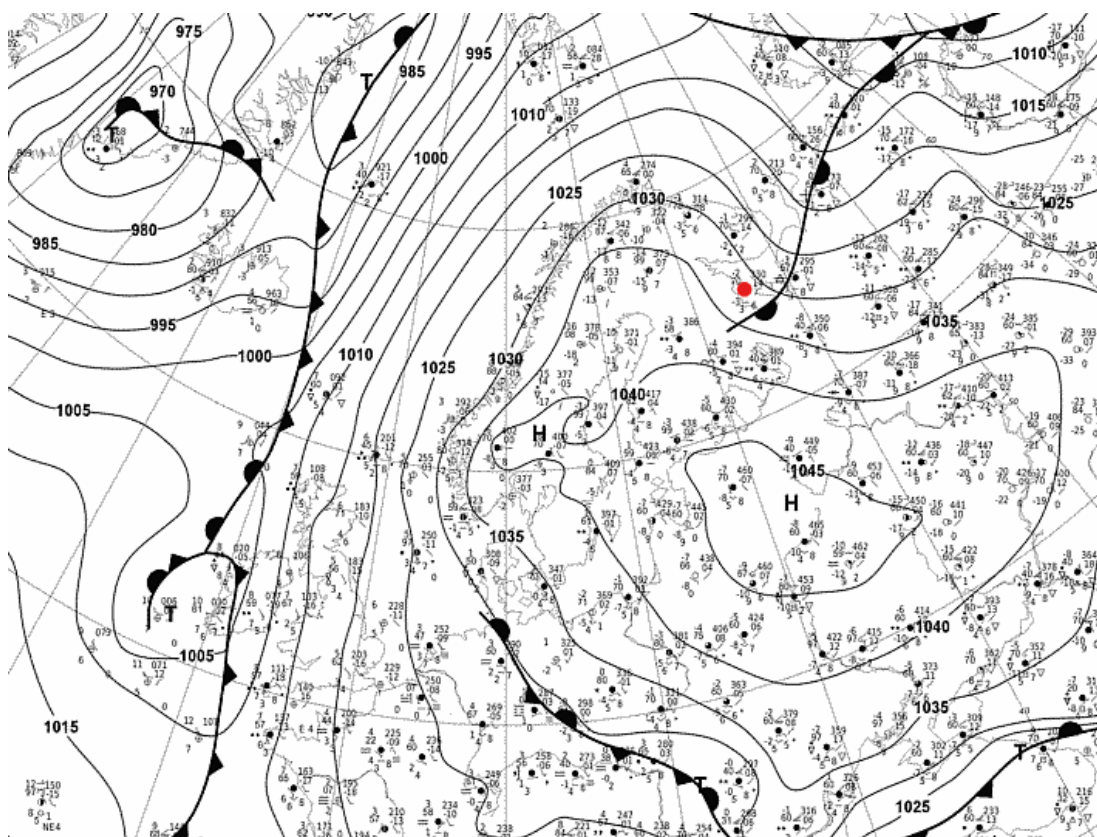


Рисунок 4.3.5-Приземная карта 13.01.2018 г. 06 UTC (теплый сектор)

22543 Arhangelsk

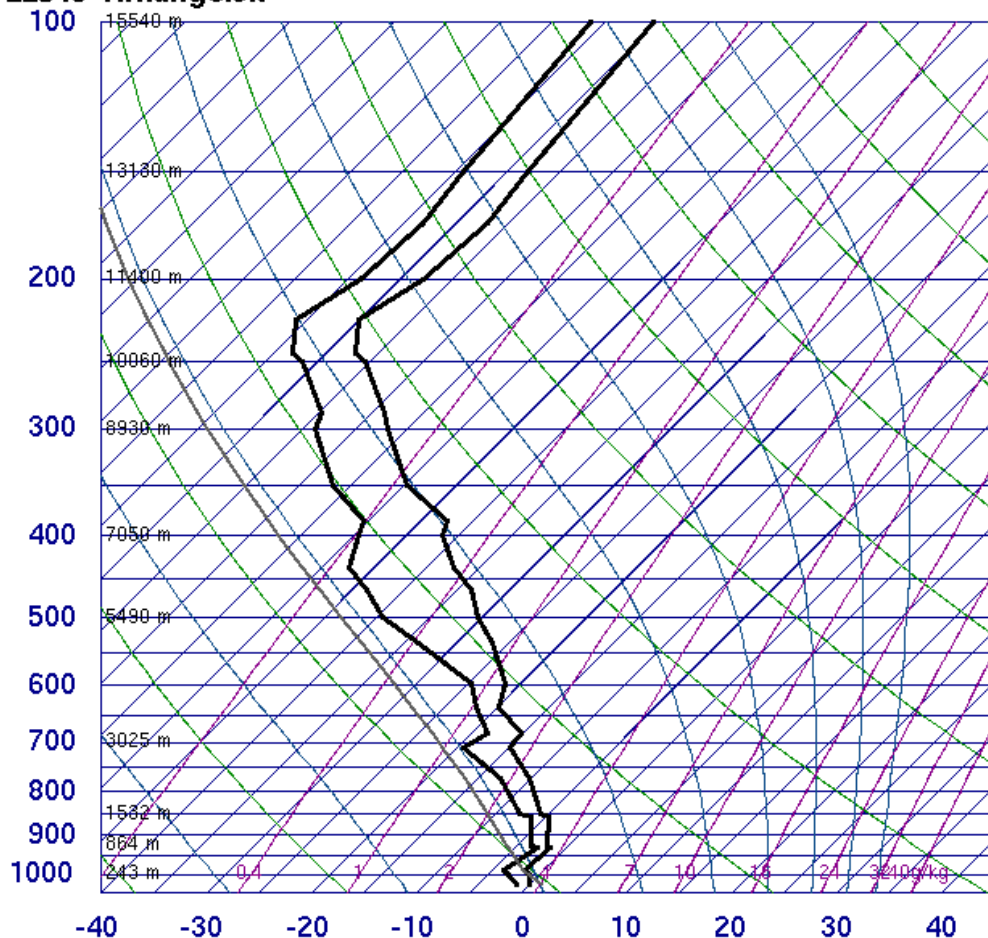


Рисунок 4.3.6 – Пример температурно-ветрового зондирования
за 13.01.2018 г. 06 UTC

По представленным изображениям (Рисунок 4.3.5, 4.3.6) мы можем сделать следующие выводы. В теплом секторе наблюдалась облачность 7-8 баллов. Температура воздуха составляет -2°C . Температура точки росы -3°C . На аэрологической диаграмме (Рисунок 4.3.6) видно, что дефицит с высотой увеличивается. Инверсия температур вблизи поверхности земли. Таким образом, оба метода смогли дать успешный прогноз замерзающих осадков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения безопасности полетов в период большой вероятности выпадения замерзающих осадков на аэродроме, требуется высокое качество прогноза. Для этого используют различные методы прогнозирования. В данной работе мы оценили их эффективность.

Оправдываемость метода Ягудина составляет 60%. Недостатком данного метода является то, что он не учитывает положительные температуры у поверхности земли. А отрицательные температуры на уровне 850 гПа не могут опускаться ниже -8°C .

Таким образом, метод Ягудина не является универсальным и не может быть полностью достоверным, так как он основан на статистических данных и субъективных оценках. Он должен использоваться в комбинации с другими методами, чтобы дать наиболее точный результат.

Оправдываемость метода Годске составила 65%. Хуже всего методом Годске прогнозируются замерзающие осадки при циклонах и антициклонах. А методом Ягудина хуже всего прогнозируются замерзающие осадки при прохождении теплого фронта. Оба метода точно прогнозируют замерзающие осадки, находящиеся в теплом секторе. Но более универсальным является синоптический метод.

По годовым распределениям случаев замерзающих осадков, можно сделать вывод что за период с 2018 – 2021 гг. было обнаружено 27 случаев выпадения замерзающих осадков и 118 случаев замерзающего тумана (FZFG). Наибольшее количество случаев замерзающих осадков приходится на январь (10 случаев) и ноябрь (8 случаев). Меньше в декабре (4 случая). Минимум пришелся на февраль (2 случая), март (2 случая) и октябрь (1 случай). Отсюда можно сделать вывод, что большая часть случаев распределения осадков приходится на начало зимы.

Больше всего случаев переохлажденных явлений наблюдалось в 2018 г. (98 случаев). Меньше всего в 2022 г. (1 случай). Из всех представленных явлений чаще всего встречался FZFG. За 4 года наблюдений было отмечено 118 случаев переохлажденного тумана. Значительно меньше наблюдалась переохлажденная морось (FZDZ). Всего 23 случая за 4 года, из которых 16 наблюдались в 2018 году. Меньше всего наблюдались осадки в виде переохлажденного дождя (FZRA). За весь период наблюдения отмечено 6 случаев.

Чаще всего замерзающие осадки наблюдались при прохождении периферии антициклона, повторяемость составляет 19%. Так же по 4 случая произошли в области теплого фронта, в передней части циклона и в центре антициклона. На фронтах окклюзии по типу теплого повторяемость больше, чем на фронтах окклюзии холодного типа. Меньше всего замерзающие осадки наблюдались при прохождении холодного фронта 2 рода. Был всего 1 случай, что составляет 3% от общей повторяемости.

В 52% рассмотренных случаев при выпадении замерзающих осадков присутствовала высотная инверсия. Меньше всего случаев приземной (4%) и высотной (4%) изотермии. Обычный ход кривой температуры составил 31%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Богаткин О. Г. Основы авиационной метеорологии. Учебник. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 339 с.
2. А. С. Зверев. Синоптическая метеорология. 1968 г. - 712 с.
3. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Гидрометеиздат, 1991. – 612 с.
4. Н.П. Шакина, Е.Н. Скриптунова, А.А. Завьялова/ Условия выпадения замерзающих осадков в некоторых аэропортах России и СНГ// Метеорология и гидрология.- 2007 г. -№ 7. -С. 25-38.
5. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология, – г. Екатеринбург, 2010. – 154 с.
6. Flymeteo.org[Электронный ресурс]:URL:
<https://flymeteo.org/stat/iceglaze.php>