



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
Когалым»

Исполнитель Олесов Владислав Денисович ПМ-Б17-2-3

(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)

«1» июня 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

	Стр.
Введение	4
1 Условие образование и классификация облачности	6
1.1 Формы облачности, в том числе оказывающие влияние на полеты воздушных судов	6
2 Основные методы прогноза низкой облачности разной заблаговременности	10
2.1 Методы прогноза высоты нижней границы облачности	10
2.2 Прогноз высоты нижней границы облачности по методу Е.И. Гоголевой	11
2.3 Прогноз низкой облачности по методу З.А. Спарышкиной	14
3 Анализ образования низкой облачности на аэродроме Когалым за период 2016-2020 гг.	15
3.1 Географическая характеристика исследуемого региона	15
3.2 Количество случаев высоты нижней границы облачности менее 200 метров	16
3.3 Синоптические ситуации образования облачности с ВНГО ниже 200 м	18
3.4 Апробация методов прогноза ВНГО по данным АМСГ Когалым с 2016 по 2020 года	26
3.5 Уточненная формула для прогноза ВНГО по данным АМСГ Когалым с 2016 по 2020 года	37
Заключение	43
Список использованных источников	44

Сокращения

ВНГО	-	Высота нижней границы облачности
АМСГ	-	Авиационная метеорологическая станция гражданская

ВВЕДЕНИЕ

Среди метеорологических явлений, оказывающих наибольшее влияние на безопасность полетов воздушных судов, одно из первых мест занимает низкая облачность. В современное время первостепенным методом прогноза высоты нижней границы облачности на аэродроме, является статистическая интерпретация продукции численных моделей, т.е. использование статистических зависимостей между величинами, достаточно точно вычисляемыми в рамках моделей, и характеристиками погоды, не прогнозируемыми в моделях или прогнозируемыми с недостаточной точностью.

Высота нижней границы облачности определяет возможность выполнения взлета и посадки самолета. Поэтому для обеспечения безопасности полетов, на каждом аэродроме установлены минимумы погоды. Он обозначает предельные погодные условия, при которых разрешается взлет и посадка воздушного судна. Предельные условия определяются многими факторами: тип воздушного судна, бортовым и наземным оборудованием, рельефом местности и многими другими.

В качестве реальных данных о наличии низкой облачности и высоте ее нижней границы использованы архивные данные АМСГ Когалым. Период наблюдений составил 5 лет, с 2016-2020 года. Архив погоды включает в себя ежечасные метеорологические наблюдения.

Актуальностью исследования обусловлена тем, что низкая облачность является опасным метеорологическим явлением погоды для авиации. Поэтому главная задача специалистов состоит в том, чтобы заблаговременно и максимально точно спрогнозировать высоту нижней границы облачности.

Для АМСГ Когалым данные исследования проводятся впервые.

Целью работы является исследование условий образования низкой облачности, выбор оптимального метода прогнозирования ВНГО в районе прогнозирования АМСГ Когалым для обеспечения безопасности полетов.

Задачи:

- Собрать базу данных случаев ВНГО менее 200 метров на АМСГ Когалым за период 2016-2020 года.
- Выбрать случаи с ВНГО менее 200 метров на АМСГ Когалым за период 2016-2020 года.
- Определить синоптические ситуации образования облачности с ВНГО ниже 200 м.
- Проанализировать прогностические формулы определения ВНГО по данным АМСГ Когалым за период 2016-2020 года.

1. Условие образование и классификация облачности

Облако представляет собой скопившиеся в атмосфере мельчайшие капли воды и ледяные кристаллы, являющиеся результатом конденсации водяного пара, расположенные на определенной высоте над земной поверхностью. Облака это результат конденсации и сублимации атмосферных водяных паров. Важную роль играют два фактора увеличения общего содержания влаги или вследствие уменьшения значения температуры воздуха. В свободной атмосфере наиболее важными процессами, которые приводят к образованию облачных масс, являются восходящее движение воздушных масс и адвекция.

Структура облачности различаются в зависимости от вертикального перемещения и горизонтального размера области, охватываемой физическим процессом. Облачность делят на три вида: кучевообразные, волнистообразные и слоистообразные облака. Хотя такое облачное деление в основном основано на его внешнем виде, этот принцип основан на характеристиках физического процесса образования облаков (в основном связанных с типом и величиной движения воздуха в вертикальном направлении). Другой принцип классификации облаков основан на значении высоты нижней границы облачных масс. Высота нижней границы облаков – это расстояние по вертикали от земной поверхности до нижнего основания облаков [6].

1.1. Формы облачности, в том числе оказывающие влияние на полеты воздушных судов

Кучевообразные облака

Кучевые облака имеют форму отдельных масс облаков. Такие облака часто имеют большой вертикальный диапазон, но, в отличие от слоистых облаков, они слабо развиты по горизонтали. Теплопередача в жидкостях и

турбулентность считаются основными процессами, приводящими к образованию кумулятивных облаков. Конвекция-это результат чрезмерного нагрева изолированных воздушных масс с неустойчивой стратификацией в поверхностных слоях атмосферы. Летом в регионах с низким давлением над материком создаются наиболее благоприятные условия для возникновения конвективных движений. Неустойчивая стратификация происходит под воздействием прямых приливов солнечного света вблизи земли. В этих условиях отдельные перегретые воздушные массы начинают двигаться вертикально вверх с ускорением. Достигнув уровня конденсации, воздух полностью насыщается. При понижении температуры водяной пар конденсируется и появляются облака. Приток солнечного света в течение дня способствует увеличению неустойчивости нижнего слоя атмосферы, и в результате конвективных движений воздуха происходит образование кучевых облаков. Из-за этого частота кумулятивных облаков днем больше, чем ночью. Высота нижней границы кучевых облаков или "облаков хорошей погоды" обычно составляет от 600 до 1200 метров, а вертикальная толщина не превышает нескольких сотен метров [1].

Волнистые облака

В атмосфере происходят волновые движения с амплитудами и длинами волн. Под влиянием таких движений при определенных условиях могут образовываться волновые облака в виде слоя, состоящего из валов, гребней, пластин и т. д. Такой слой распространяется горизонтально на десятки и сотни километров. Эти облака имеют относительно небольшую вертикальную длину - несколько десятков и сотен метров, в некоторых случаях до 2-3 км и более. Волновые облака, наблюдаемые в атмосфере, в основном рождаются под влиянием тех волн, которые возникают в "замедляющихся" слоях, т. е. в атмосфере. В слоях с инверсией или сильно устойчивой стратификацией, а также при обтекании горных массивов и высот воздушными потоками (волны препятствий). На вершине волны воздух движется вверх и охлаждается, приближаясь к состоянию насыщения.

Таким образом, образуется волнистое облако. При обтекании горных массивов и холмов возникает сложная система волн, в которой слои чередуются с восходящими и нисходящими вертикальными движениями. Длина и амплитуда волн определяется рядом факторов: скоростью набегающего потока, вертикальным градиентом температуры, шириной горных хребтов и т.д. Влияние гор сохраняется во всей тропосфере, а иногда даже в стратосфере. Клеточная циркуляция играет важную роль в формировании облаков упорядоченной структуры. Исследования облачности со спутников доказали, что в воздушной оболочке Земли часто образуются туманные массы, горизонтальные масштабы которых колеблются от 1-2 до десятков километров. Такие системы обычно называют мезомасштабными системами. Элементы облака, составляющие систему, чаще всего имеют форму не совсем совершенных ячеек - шестиугольников; есть также гребни облачного покрова и некоторые переходные формы от первого ко второму. Анализ экспериментальных данных позволил установить, что мезомасштабная облачная масса формируется под влиянием конвективных движений, развивающихся в слоях с неустойчивой стратификацией или над неоднородной земной или водной плоскостью. При сильно развитой конвекции облачная система состоит из кучево-дождевых облаков, которые образуют отдельные массивы, большие хребты или спирали [6].

Слоистообразные облака

Слоистые облачные массивы-это самые низкие облака. Высота нижней границы колеблется от 30 до 400 метров, а толщина слоя-от 100 до 600 метров. Рассмотрим теорию формирования и развития слоистого облачного покрова, под которым понимаются правильно слоистые, преимущественно фронтальные слоистые-дождевые-высокие слоистые-перистые-слоистые и плотные волнообразные, т. е. слоистые-кучевые-слоистые-отдаленные облака. Слоистые облака образуются во время циклонических депрессий, вблизи атмосферных фронтов и других суровых погодных систем. За пределами зоны осадков облачность часто возникает в виде нескольких

слоев, достигающих 10 километров и более, разделенных прозрачными (безоблачными) промежутками, которые заполняются с началом осадков. Эти облака возникают в результате медленного, но длительного увеличения всего толстого слоя воздуха, которое при скорости в несколько сантиметров в секунду может длиться в течение нескольких часов. Общим для этих облаков является то, что их горизонтальный диапазон во много раз больше вертикального. По этой причине основные факторы формирования слоистых облаков и, как следствие, исходные уравнения имеют одинаковый вид для облаков всех форм этой группы. Различия между многочисленными формами, типами и разновидностями слоистых облаков обусловлены различиями в основных физических параметрах, определяющих условия формирования облаков. Существует 3 типа слоистых облаков: туманные, волнистые и разорванно - слоистые [4].

2. Основные методы прогноза низкой облачности разной заблаговременности.

2.1. Прогностические формулы определения высоты нижней границы облачности.

Самые известные полуэмпирические формулы определения высоты нижней границы облачности:

формула Ферреля (2.1.1)

формула без автора (2.1.2)

формула Ипполитова (2.1.3)

В формуле 2.1.1 основными предикторами являются температура и точка росы:

$$H=122*(T-Td) \quad (2.1.1)$$

где T - температура воздуха у земной поверхности

Td - температура точки росы у земной
поверхности

В формулах 2.1.2 и 2.1.3 основными предикторами являются относительная влажность воздуха:

$$H=5400*(2-\text{Log}R) \quad (2.1.2)$$

$$H=24*(107-R), \quad (2.1.3)$$

где H - Высота нижней границы облачности

R - Относительная влажность

На основе этих формул существует еще много других методов, которые имеют своего автора или безымянные. Отличаются эти формулы только значениями коэффициентов. Другими словами, они получены в результате обработки какого-либо ряда наблюдений. Очень важным моментом является то, что для каждого пункта прогнозирования желательно уточнить данные коэффициенты по более актуальным данным наблюдениям.

2.2. Прогноз высоты нижней границы облачности по методу Е.И. Гоголевой

Значения температуры T и температуры точки росы $T'd$ использованы Е.И. Гоголевой при построении графика для прогноза низкой облачности (Рисунок 2.2.1). На графике по вертикальной оси температура воздуха T , а по горизонтальной – прогностическая температура точки росы $T'd$. Наклонные линии разделяют области с преобладанием облаков указанных пределов. Этот метод целесообразно применять при медленно меняющимся синоптическими условиями и достаточно хорошо выраженном переносе масс воздуха. Оптимальный период прогноза по этому методу 9 часов, однако, при необходимости с помощью метода Е.И. Гоголевой можно разрабатывать прогнозы с заблаговременностью до 12 часов [2].

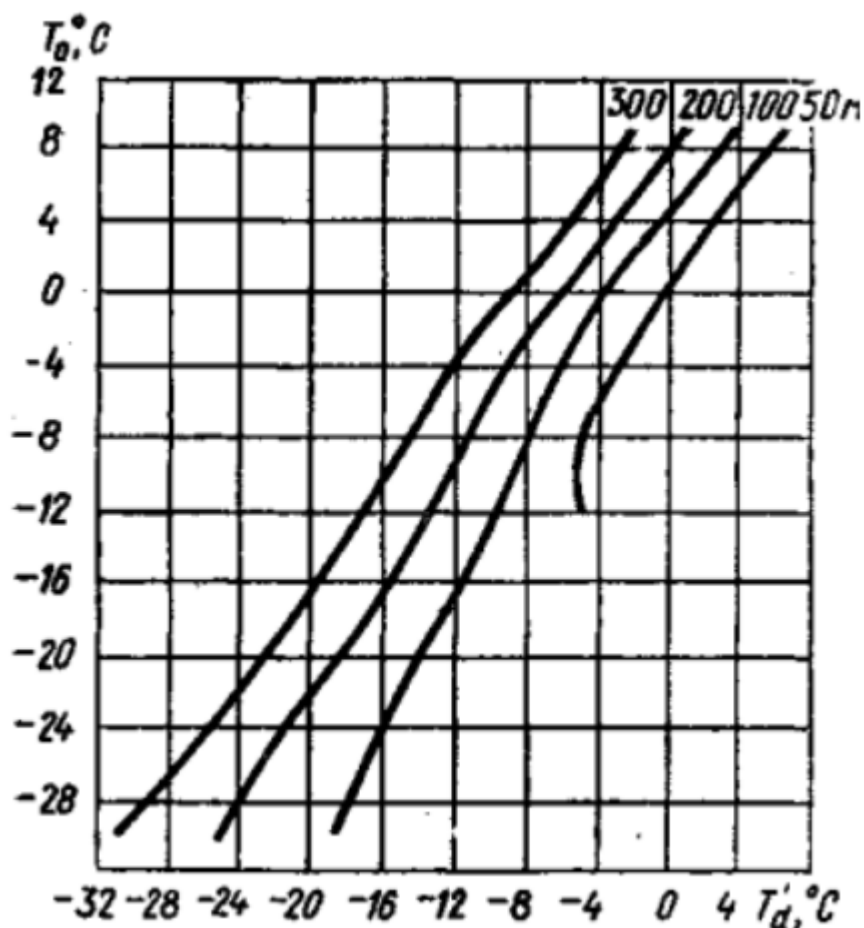


Рисунок 2.2.1 - График для прогноза высоты нижней границы облаков по методу Е.И. Гоголевой.

К.Г. Абрамовичем определены добавочные критерии прогноза низкой облачности. Если характерные для переноса воздуха изменения температуры переходят за значение 4°C за период времени 12 ч, то при адвекции тепла отмечается уменьшение значения высоты облачности, а при адвекции холода – увеличение. Если же адвективные изменения температуры больше или равны 6°C за период времени 12 ч, то при горизонтальном переносе тепла происходит облакообразование или резкое понижение облачности, а при переносе холода – повышение или исчезновение облаков. Вероятность, что эти прогнозы окажутся верными на европейской части Российской Федерации составляет около 80%. На основе метода Е.И. Гоголевой разработано много других способов прогноза облачности, охватывающие другие параметры. Например, для прогноза высоты нижней границы облаков

на срок до 12 часов можно рекомендовать график, представленный на (Рисунок 2.2.2.). На графике вдоль вертикальных осей откладывается адвективное увеличение температуры у земной поверхности ($T - T'$) за период прогноза, наклонные линии связаны с прогностическим значением ветра у земной поверхности, а значение высоты нижней границы облаков измеряется вдоль горизонтальной оси.

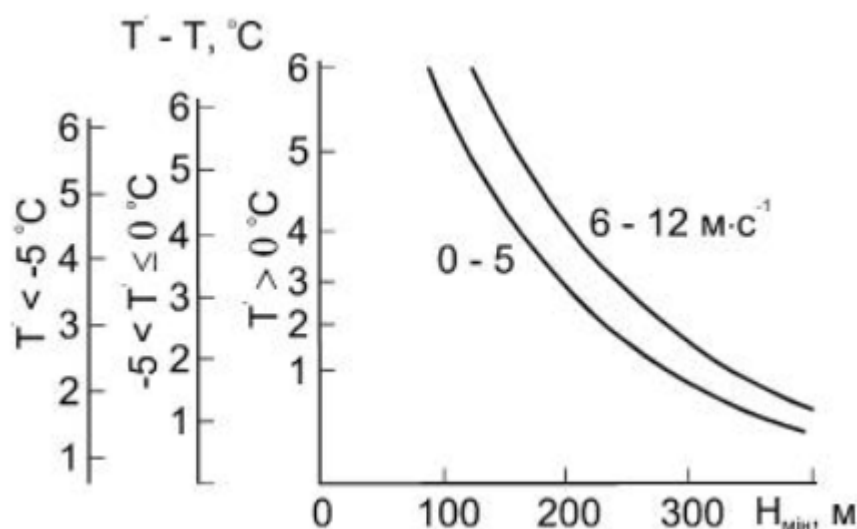


Рисунок 2.2.2 - График для прогноза минимальной высоты нижней границы облаков

Наличие трех шкал, ориентированных вертикально позволяет не пренебречь влиянием температуры на высоту облачного покрова. Первая шкала применяется, если значения температуры ниже -5°C , вторая — если значение температуры, попадает в промежуток от -5°C до 0°C , и третья — при положительных температурах. Чтобы оценить возможность образования облаков высотой ниже 300 метров в холодный период удобно использовать график, указанный на рисунке 3. Здесь температура воздуха у поверхности в данный момент T отражается вдоль горизонтальной оси, а величина предполагаемого нагрева ΔT — вдоль вертикальной оси. Разделительные линии пересекают весь график на два участка. Если точка с начальными значениями

T и ΔT попадает в зону «Облака», то в прогноз должен указывать на низкую облачность, если нет – говорится об отсутствии низких облаков.

2.3. Прогноз низкой облачности по методу З.А. Спарышкиной

График для прогноза низкой облачности, предложенный З.А.Спарышкиной (Рисунок 2.4.1.). Он позволяет по значениям температуры T_0 и температуры точки росы T_{d0} в начале траектории переноса определить возможность возникновения облачности высотой до 100 м. Оптимальное предварительное время при использовании данного метода 6 –9 часов [3].

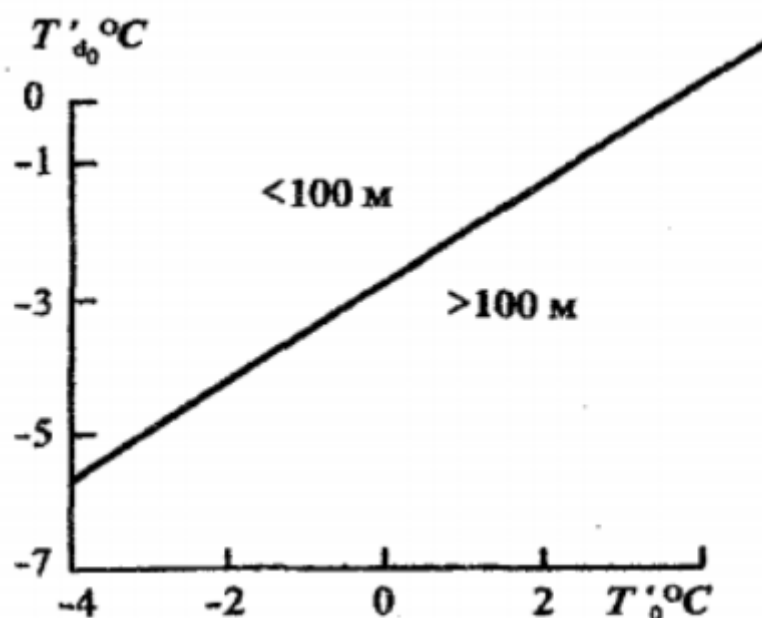


Рисунок 2.3.1 - График З.А. Спарышкиной для прогноза облачности высотой до 100 метров.

3. Анализ образования низкой облачности на аэродроме Когалым за период 2016-2020 гг.

3.1 Географическая характеристика исследуемого региона

Когалым расположен в Сургутской низине Среднеобской низменности (Рисунок 3.2.1). Для этой территории характерна сильная заболоченность. Реки в основном извилистые, скорость течения составляет около 6 километров в час.. Город Когалым расположен в между двух крупных рек Ингу-Ягун и Кирилл-Высягун и занимает площадь более 20 тыс. гектаров. Климат региона резко континентальный, с суровой длительной зимой.



Рисунок 3.2.1 – Территория Когалыма на карте.

Аэродром Когалым Рисунок (3.2.2) - имеет координаты 62°11' северной широты, 74°32' восточной долготы, и высоту около 67 м над уровнем моря. Расположен в 6,5 км южнее центра г. Когалыма. Разница местного времени от всемирной скоординированной времени – 5 часов. Минимум погоды на аэродроме 60-600.



Рисунок 3.2.2 – Спутниковый снимок аэропорта Когалым

3.2.Количество случаев высоты нижней границы облачности менее 200 метров

Случаем низкой облачности считается эпизод, зарегистрированный в метеорологическом наблюдении с интервалом не более 30 минут.

Таблица 3.2.1 – Количество случаев ВНГО менее 200 метров на АМСГ Когалым за период с 2016 по 2020 гг.

Месяцы	ВНГО <100 метров	ВНГО от 100 до 200 метров
Январь	114	173
Февраль	84	115
Март	34	75
Апрель	44	89
Май	42	66

Июнь	11	37
Июль	2	23
Август	42	88
Сентябрь	61	112
Октябрь	75	197
Ноябрь	90	198
Декабрь	109	217

За период с 2016 по 2020 гг. были проанализированы архивные данные АМСГ Когалым (Рисунок 3.2.2). На аэродроме наблюдались многочисленные и длительные эпизоды низкой облачности наиболее характерны для зимы и для осени. Летом, как правило, эпизоды наличия низкой облачности кратковременны и немногочисленны. Общее количество случаев за 2016-2020 года составило 2098 из них 708 случаев ВНГО менее 100 метров, 1390 случая ВНГО от 100 до 200 м.

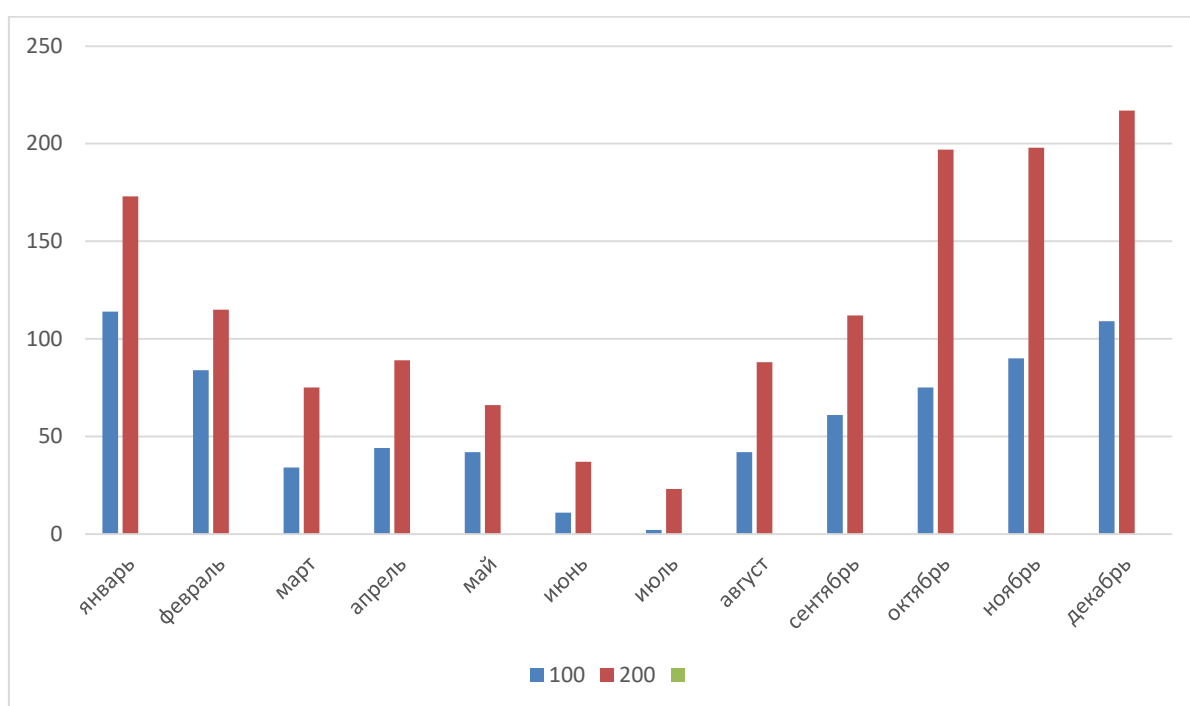


Рисунок 3.2.2 - Количество случаев с ВНГО менее 200 м по данным АМСГ Когалым за 2016-2020 года.

3.3. Синоптические ситуации образования облачности с ВНГО ниже 200 м.

Исследуя повторяемость низкой облачности (Рисунок 3.3.1) по характерным синоптическим ситуациям можно сделать вывод, что наибольшая повторяемость низкой облачности на АМСГ Когалым наблюдается при периферии циклона и оси ложбины, связано это, прежде всего с прохождением фронтов.

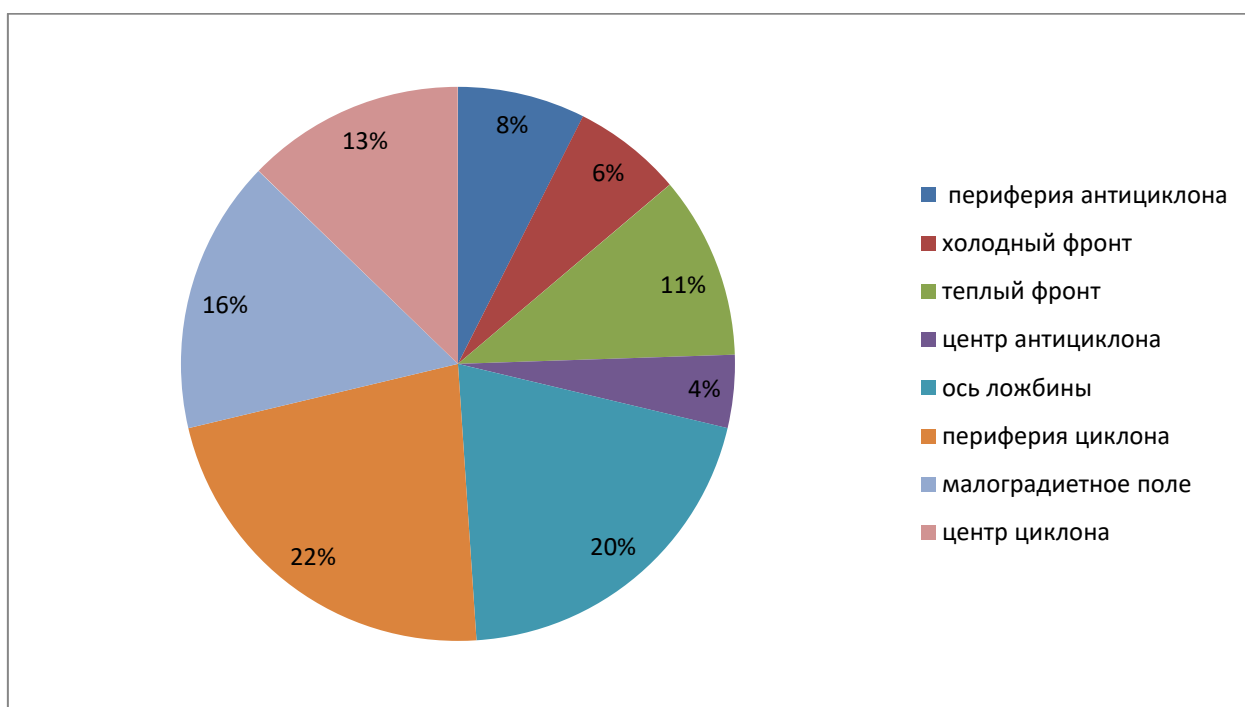


Рисунок 3.3.1 - Повторяемость низкой облачности по характерным
синоптическим ситуациям

Далее на рисунках 3.3.2 – 3.3.8 представлены случаи с типовыми синоптическими ситуациями, при которых наблюдалась низкая облачность.

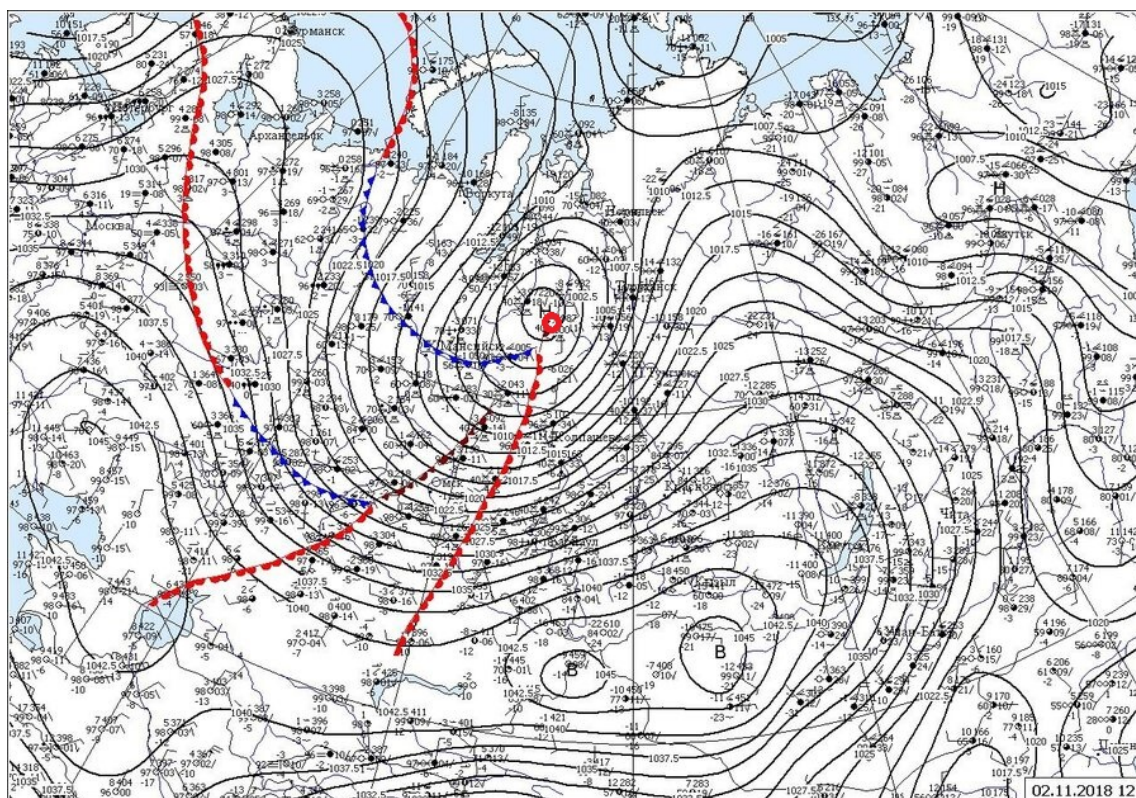


Рисунок 3.3.2 – Синоптическая карта за 02.11.2018 г. 12UTC
(центр циклона)

Как видно по синоптической карте за 02.11.2018 г. исследуемый район находился под влиянием центра циклона с давлением в центре 987 гПа. Циклон имеет 4 замкнутых изобары, в стадии максимального развития. На аэродроме наблюдалась низкая облачность с нижней границей 120 метров, минимальная видимость составляла 750 метров, в течении дня выпадал ливневый снег.

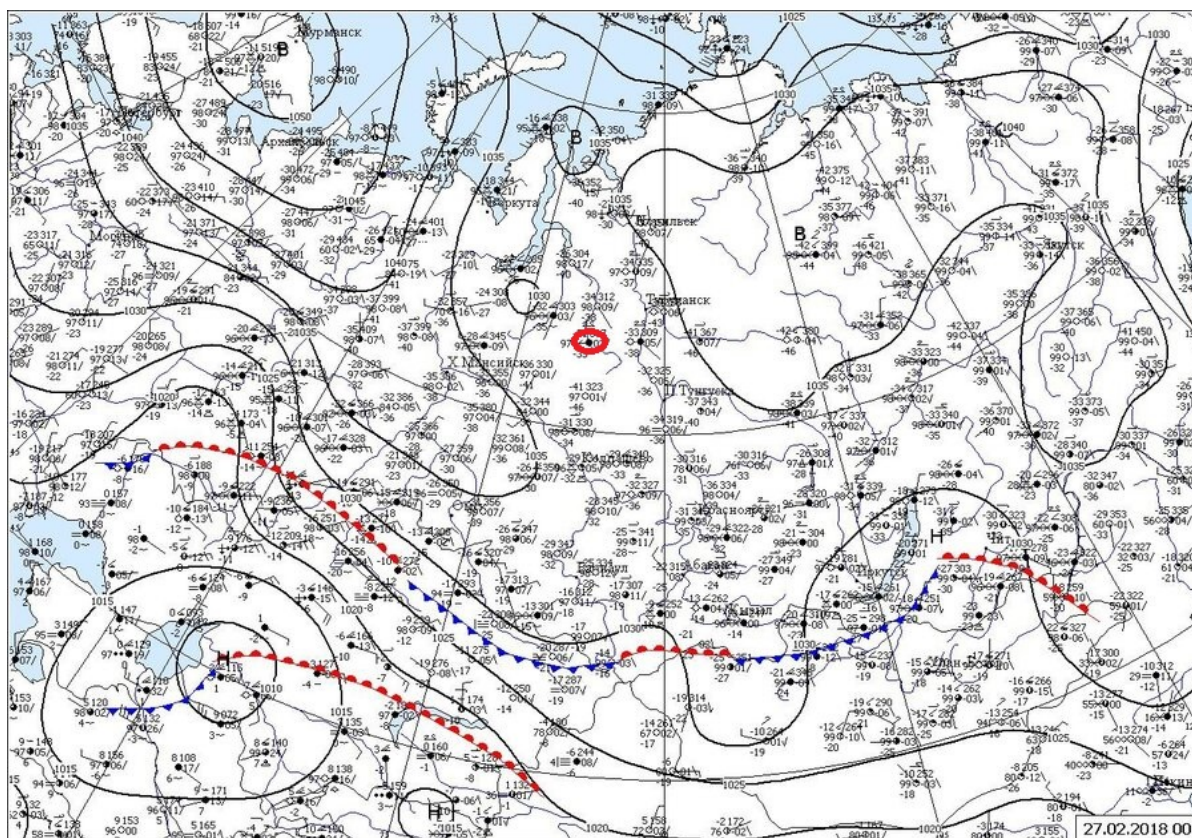


Рисунок 3.3.3 – Синоптическая карта за 27.02.2018 г. 00UTC

(малоградиентное барическое поле)

Погода на аэродроме Когалым определялась малоградиентным барическим полем низкого давления. На аэродроме наблюдалась облачность с нижней границей 80 метров, минимальная видимость составляла 500 метров, в течении дня наблюдался сильный ливневый снег.

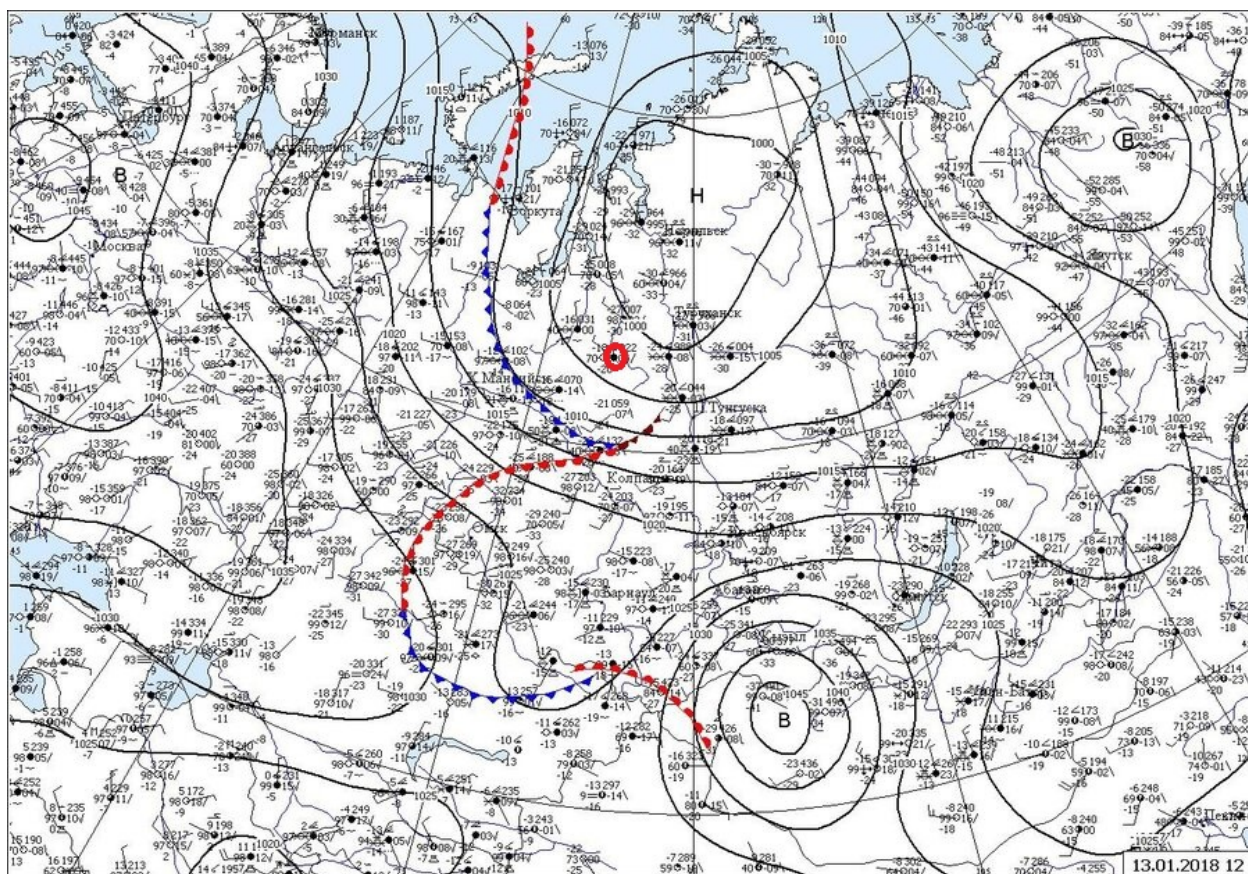


Рисунок 3.3.4- Синоптическая карта за 13.01.2018 г. 12 00 UTC

Как видно по синоптической карте , аэродром Когалым находится на юго-западной периферии циклона. На аэродроме наблюдалась низкая облачность с нижней границей 90 метров, минимальная видимость составляла 6000 метров, в течении дня выпадал слабый снег.

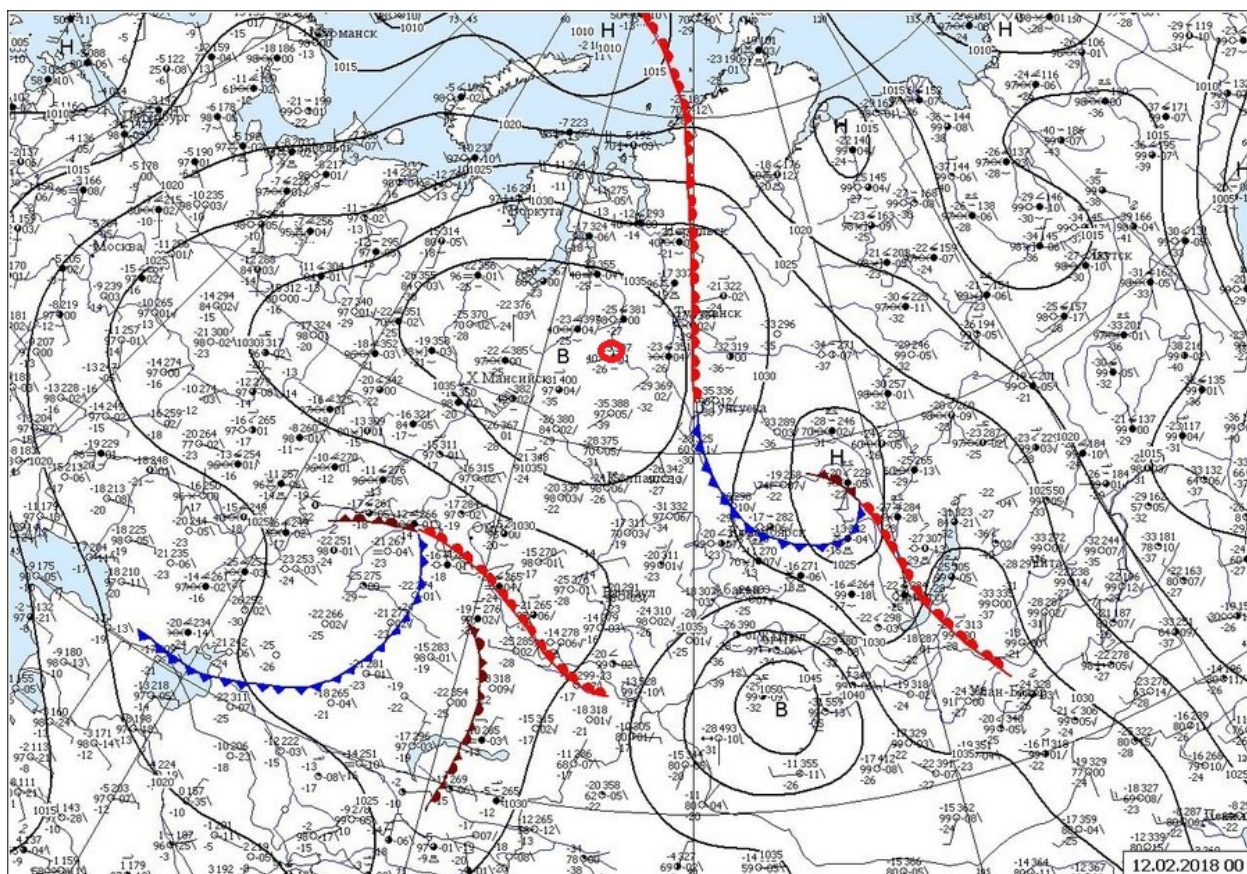


Рисунок 3.3.5- Синоптическая карта за 12.02.2018 г. 00 00 UTC
(антициклон)

Погода на аэродроме Когалым определялась областью высокого атмосферного давления (антициклона). На аэродроме наблюдалась облачность с нижней границей 90 метров, минимальная видимость составляла 1000 метров, явлений нет.

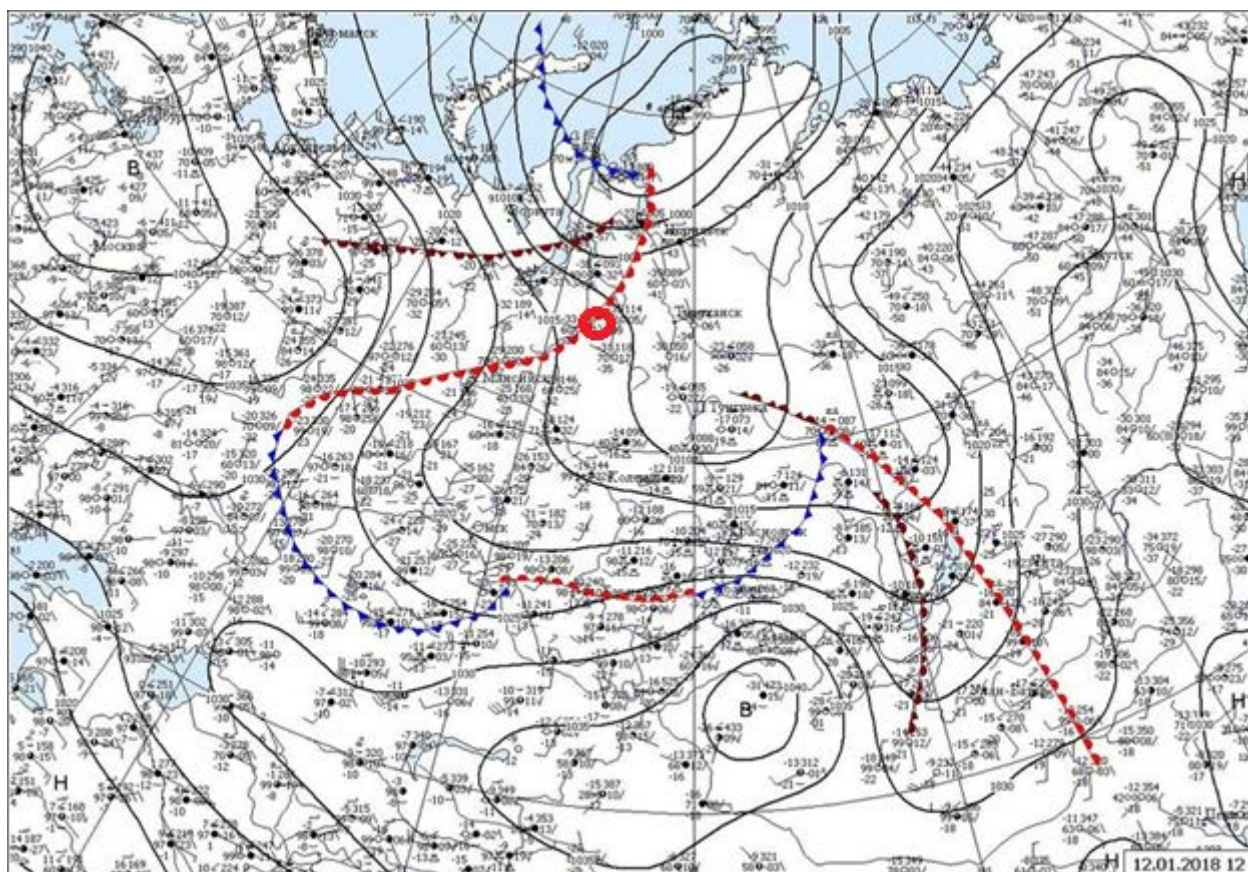


Рисунок 3.3.6- Синоптическая карта за 12.01.2018 г. 12 00 UTC
(теплый фронт)

Как видно по синоптической карте, аэродром Когалым находится по влиянию теплого фронта. На аэродроме наблюдалась облачность с нижней границей 100 метров, минимальная видимость составляла 1000 метров, явлений не было.

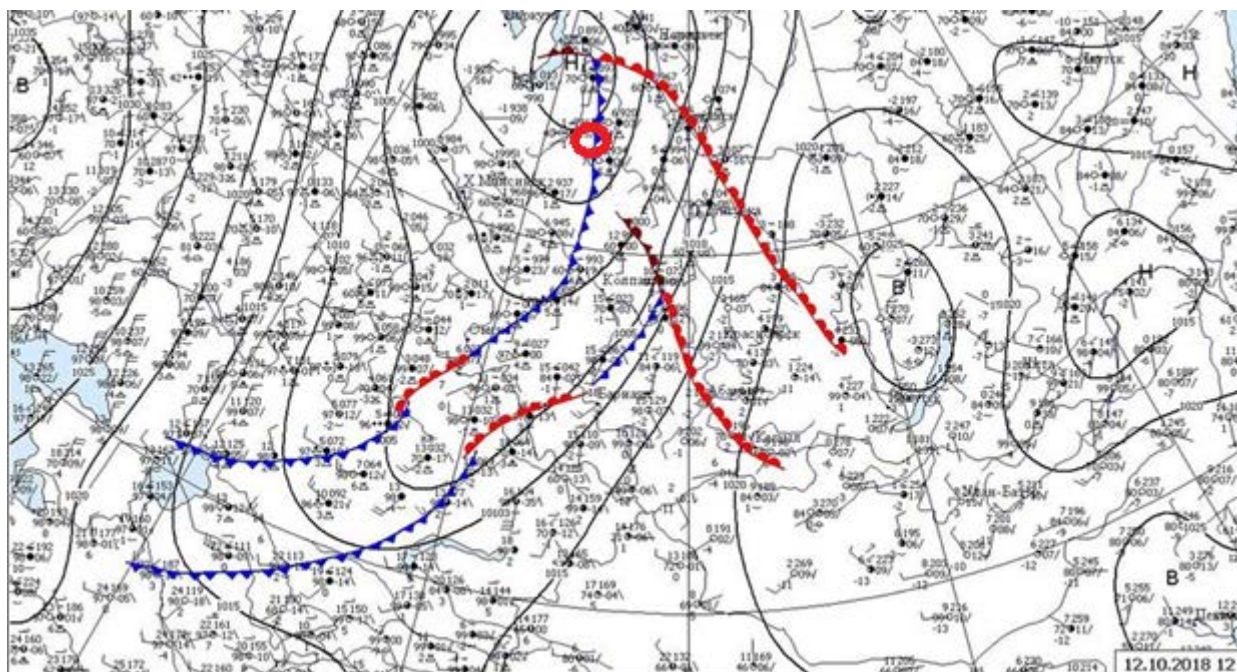


Рисунок 3.3.7- Синоптическая карта за 12.10.2018 г. 12 00 UTC
(холодный фронт)

Как видно по синоптической карте, аэродром Когалым находился в зоне холодного фронта. На аэродроме наблюдалась облачность с нижней границей 150 метров, минимальная видимость составляла 2000 метров, в течении дня падал слабый снег.

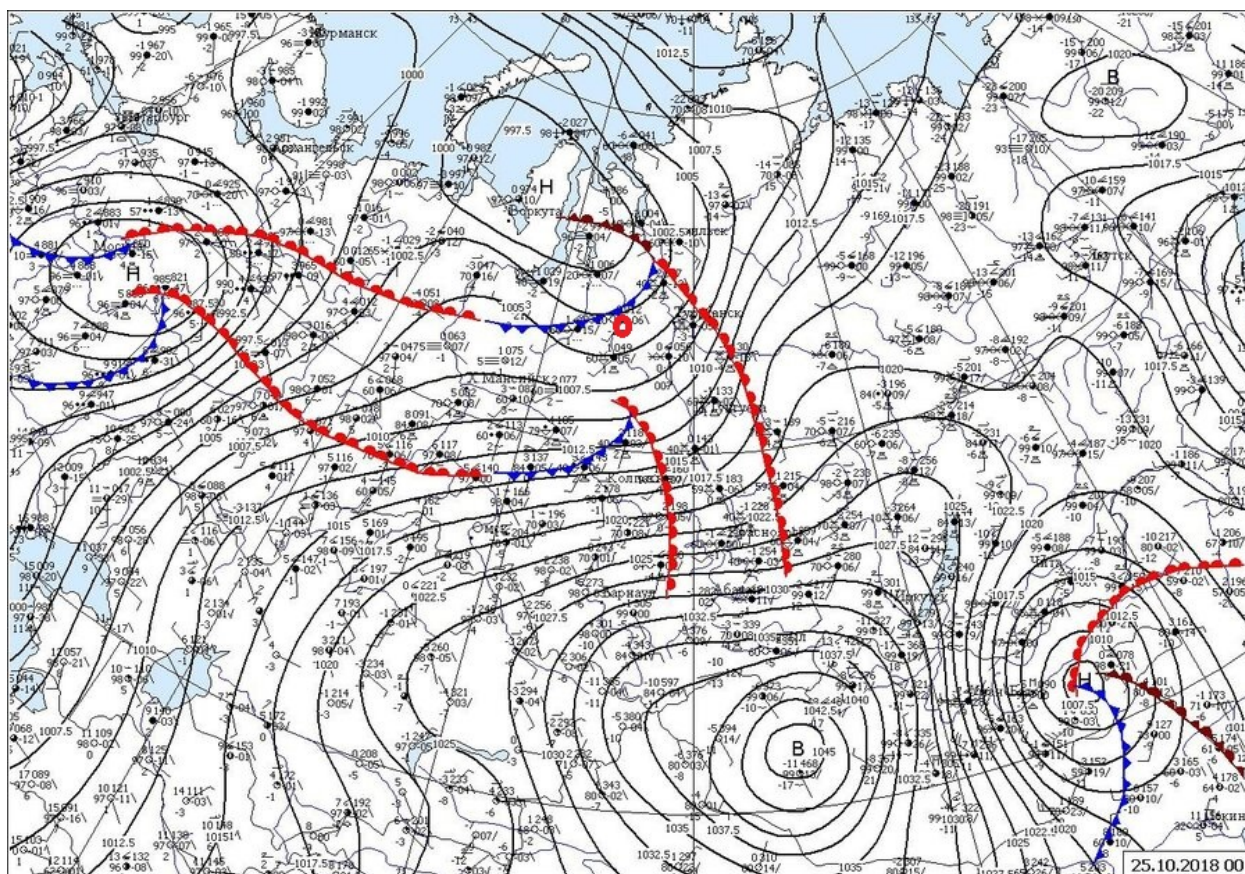


Рисунок 3.3.8- Синоптическая карта за 25.10.2018 г. 00 00 UTC
(ось ложбины)

Как видно по синоптической карте за 25.10.2018 г. исследуемый район находился под влиянием ложбины циклона. На аэродроме наблюдалась низкая облачность с нижней границей 150 метров, минимальная видимость составляла 1200 метров, явления не наблюдалась.

3.4. Апробация методов прогноза ВНГО по данным АМСГ Когалым с 2016 по 2020 года

Эмпирические формулы, в которых используются константы, были апробированы по данным АМСГ Когалым за период 2016-2020 гг. Также была сделана попытка уточнить эти коэффициенты для данного аэродрома.

На рисунках (3.4.1-3.4.10) линией «факт» обозначена фактическая высота, которая наблюдалась на аэродроме, линией «1» - формула Ферреля, линией «2» безымянная формула, линией «3» - формула Ипполитова.

Результаты расчета методов для ВНГО менее 100 м за период 2016-2020 гг. показали что, наименьшая погрешность наблюдается по всем формулам в летний период. Но и случаев с низкой облачностью в летний период минимальная.

А в зимние месяцы, когда наблюдается максимальное количество случаев низкой облачности, результаты расчетов по прогностическим формулам имеют наибольшую разницу с фактической. Объясняется это тем, что зимой наблюдается большая разница температуры и температуры точки росы формула Ферреля (2.1.1). Также в зимние месяцы относительная влажность, достигающая значений 65-80%, существенно влияет на результаты расчета по формулам (2.1.2) и (2.1.3), которые показывают большую погрешность и в отдельных случаях разница с фактической составляет более 1000 м.

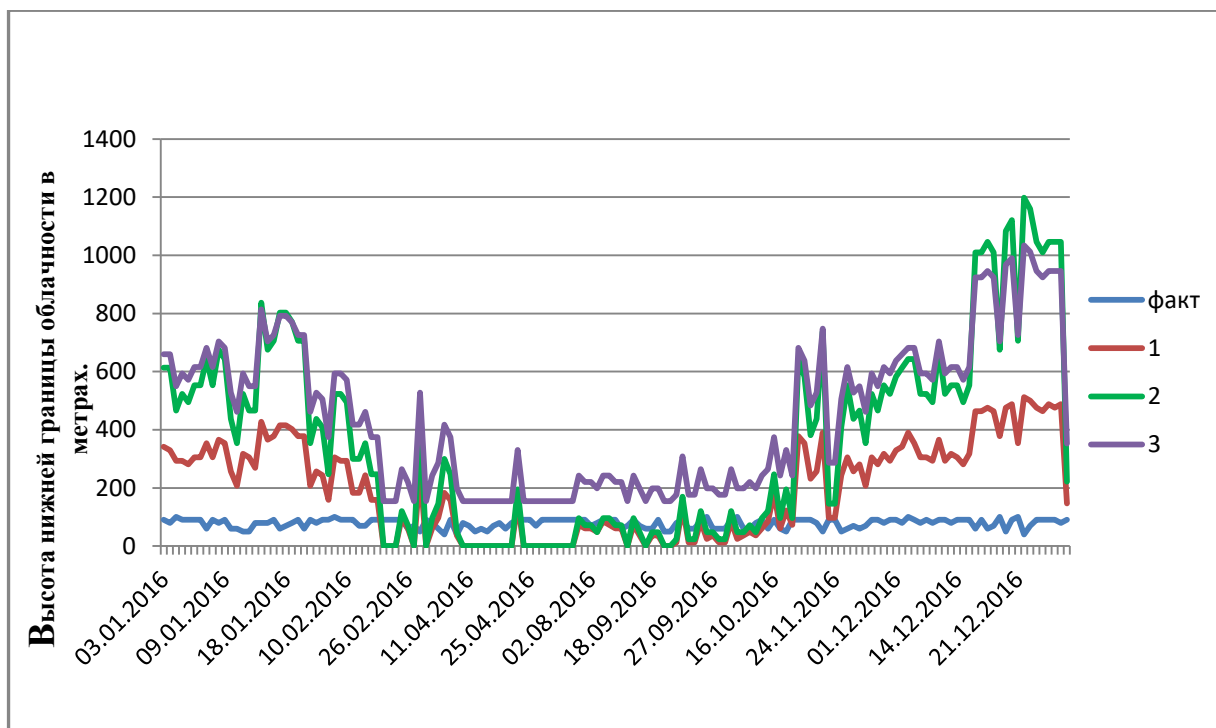


Рисунок 3.4.1- Результат расчетных методов ВНГО менее 100 метров
за 2016 год по данным АМСГ Когалым.

Максимальная погрешность наблюдалась 21 декабря 03:43 UTC при фактической высоте облачности 40 метров, прогностические же формулы показали (1) - 512 метров; (2) - 1198 метров; (3) - 1034 метров соответственно.

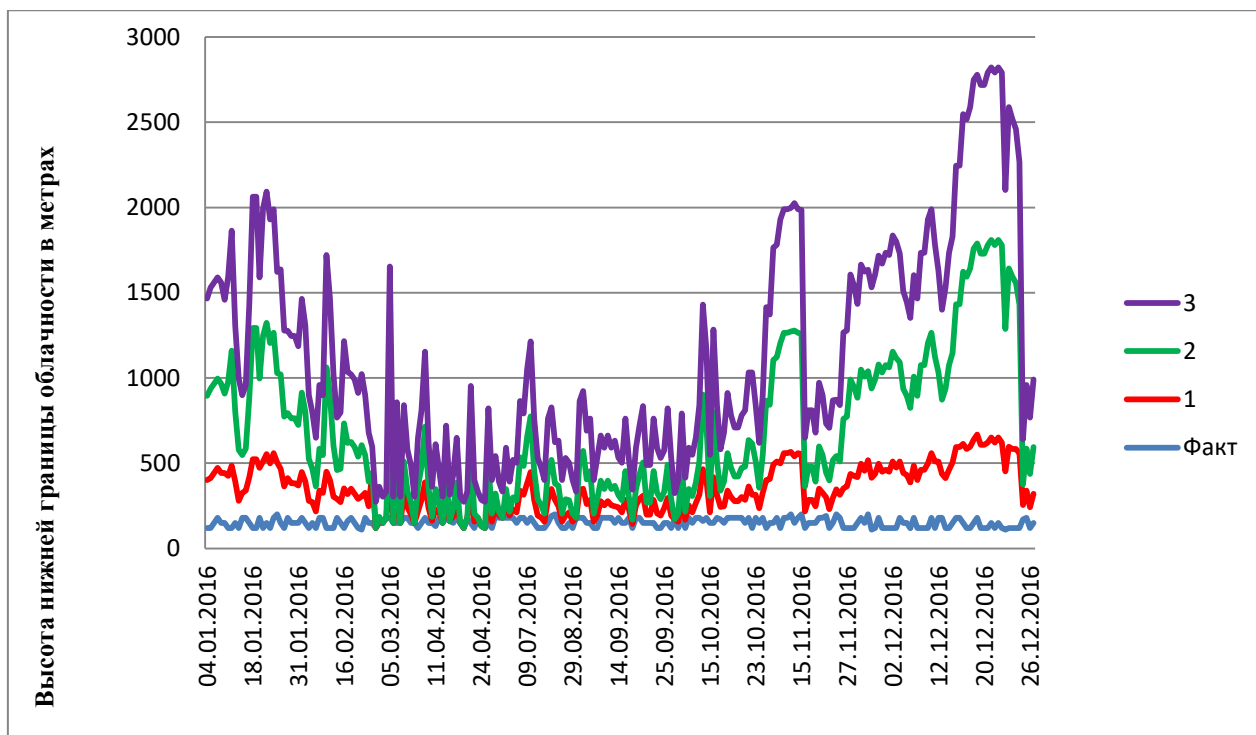


Рисунок 3.4.2- Результат расчетных методов ВНГО 100-200 метров за 2016 год по данным АМСГ Когалым.

Максимальная погрешность наблюдалась 21 декабря 12:30 UTC при фактической высоте облачности 150 метров, прогностические же формулы показали (1) - 500 метров; (2) - 1160 метров; (3) - 1012 метров соответственно.

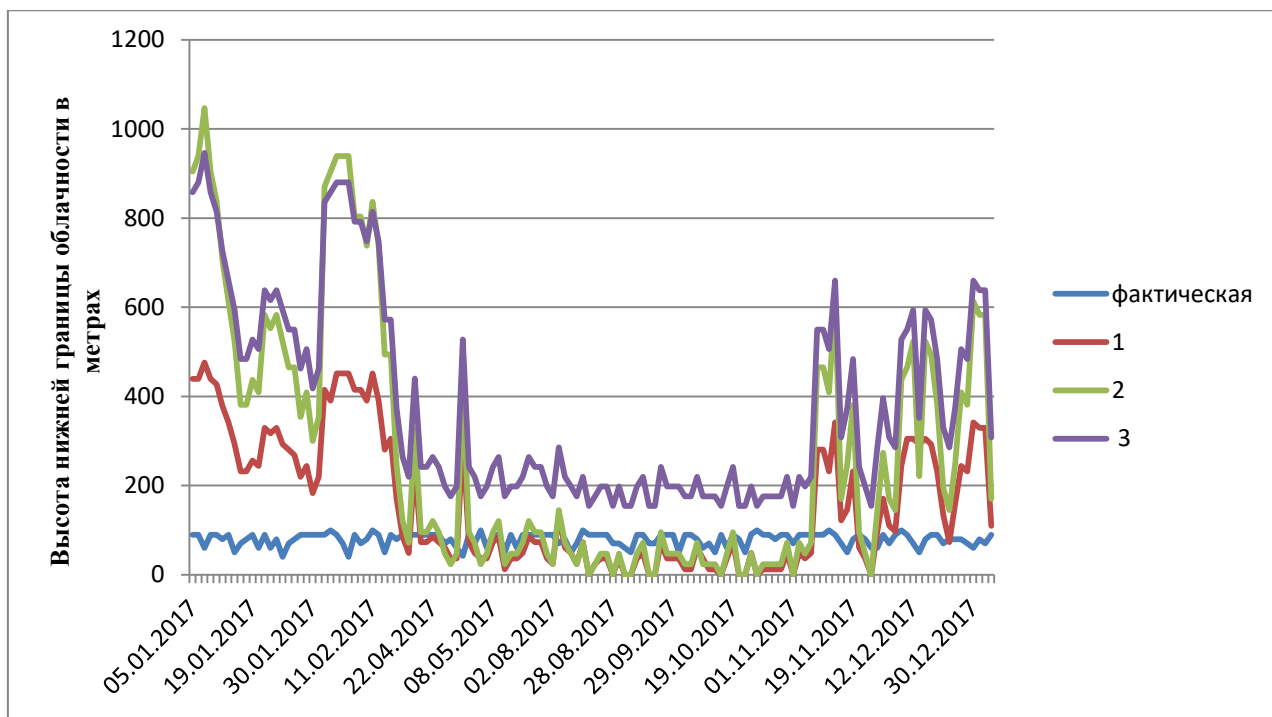


Рисунок 3.4.3- Результат расчетных методов ВНГО менее 100 метров за 2017 год по данным АМСГ Когалым.

Максимальная погрешность наблюдалась 6 января 15:30 UTC при фактической высоте облачности 60 метров, прогностические же формулы показали (1) - 476 метров; (2) - 1046 метров; (3) - 946 метров соответственно.

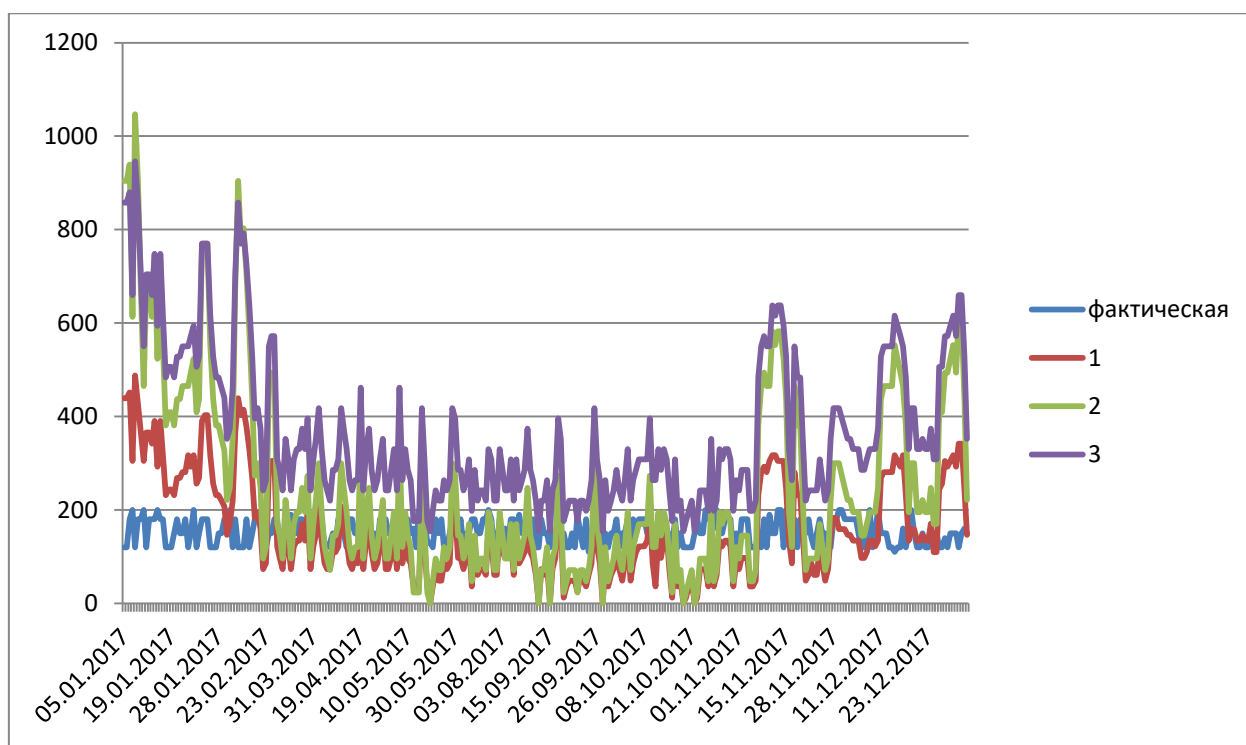


Рисунок 3.4.4 - Результат расчетных методов ВНГО 100-200 метров за 2017 год по данным АМСГ Когалым.

Максимальная погрешность наблюдалась 7 января 02:30 UTC при фактической высоте облачности 120 метров, прогностические же формулы показали (1) - 488 метров; (2) - 1046 метров; (3) - 946 метров соответственно.

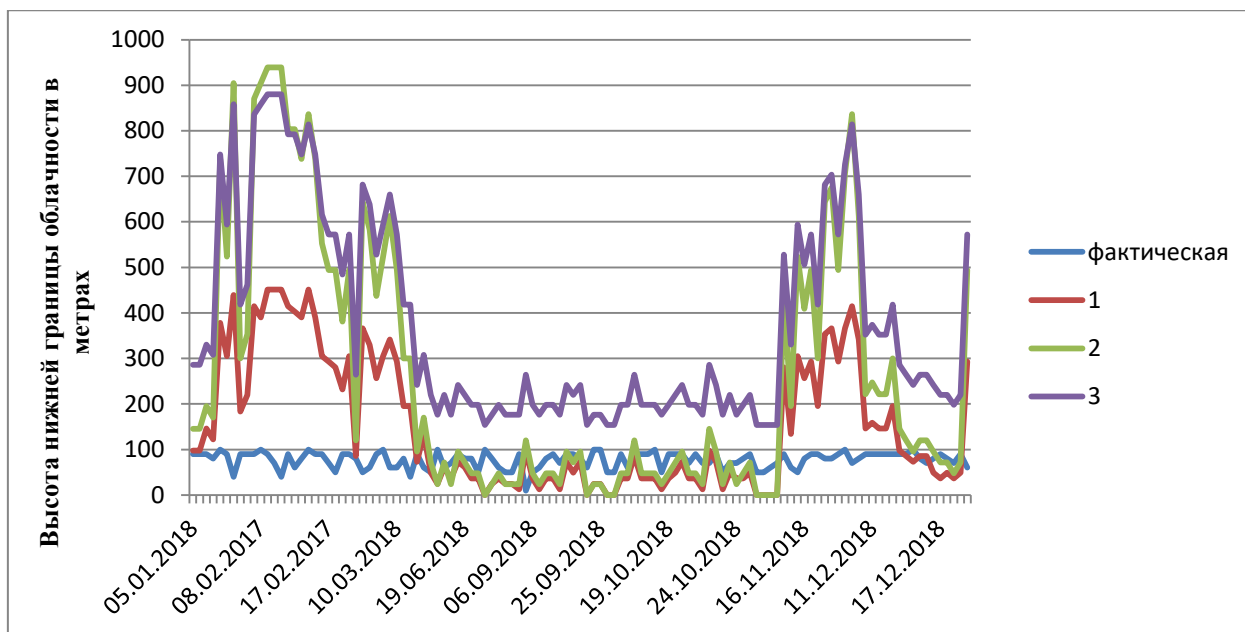


Рисунок 3.4.5 - Результат расчетных методов ВНГО менее 100 метров за 2018 год по данным АМСГ Когалым.

Максимальная погрешность наблюдалась 8 февраля 01:00 UTC при фактической высоте облачности 90 метров, прогностические же формулы показали (1) - 451 метров; (2) - 940 метров; (3) - 880 метров соответственно.

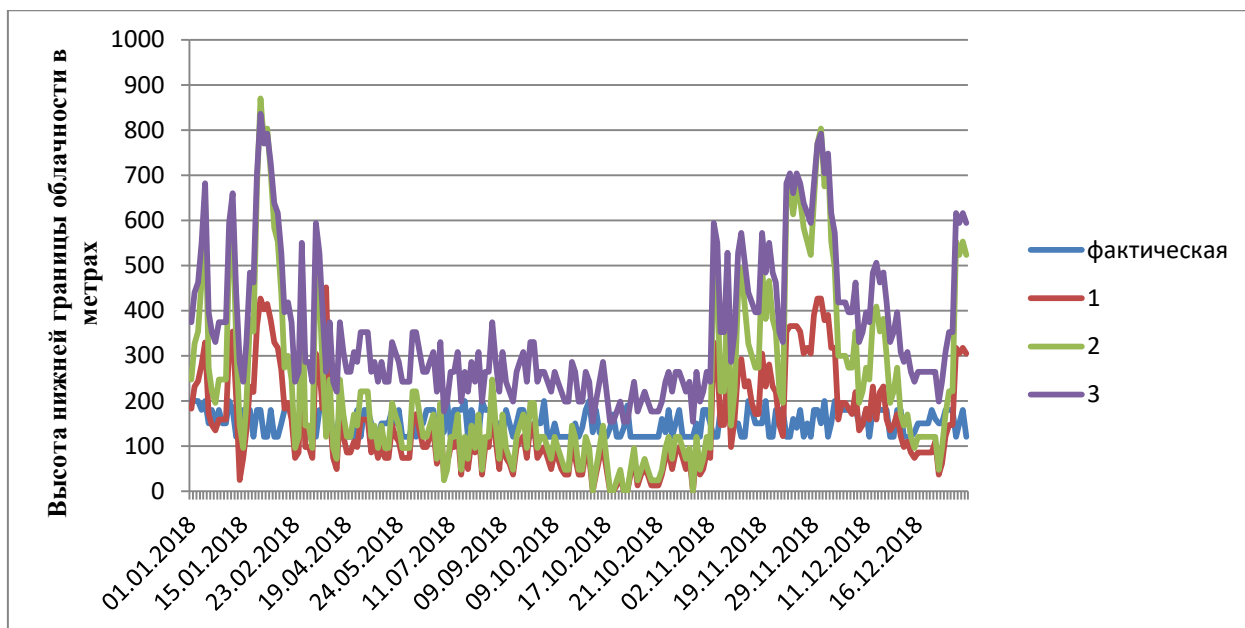


Рисунок 3.4.6 - Результат расчетных методов ВНГО 100-200 метров
за 2018 год по данным АМСГ Когалым

Максимальная погрешность наблюдалась 7 февраля 04:00 UTC при фактической высоте облачности 180 метров, прогностические же формулы показали (1) - 427 метров; (2) - 870 метров; (3) - 836 метров соответственно.

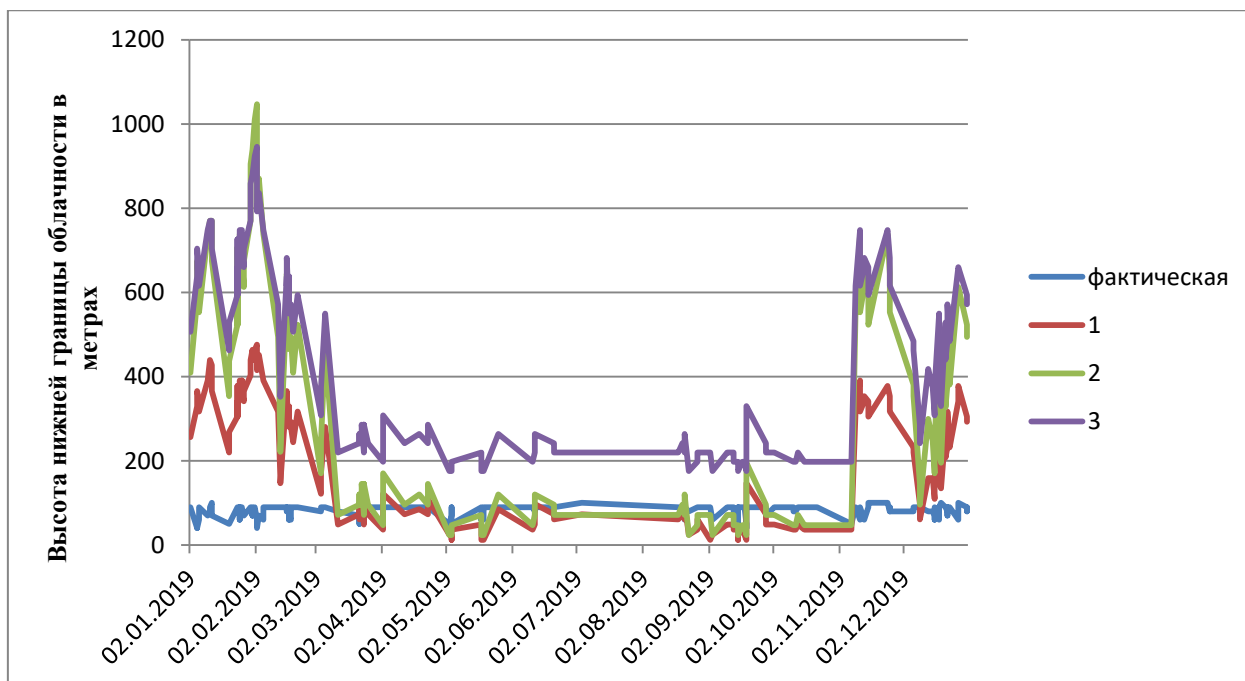


Рисунок 3.4.7 - Результат расчетных методов ВНГО менее 100 метров
за 2019 год по данным АМСГ Когалым

Максимальная погрешность наблюдалась 2 февраля 02:39 UTC при фактической высоте облачности 60 метров, прогностические же формулы показали (1) - 475 метров; (2) - 1046 метров; (3) - 946 метров соответственно.

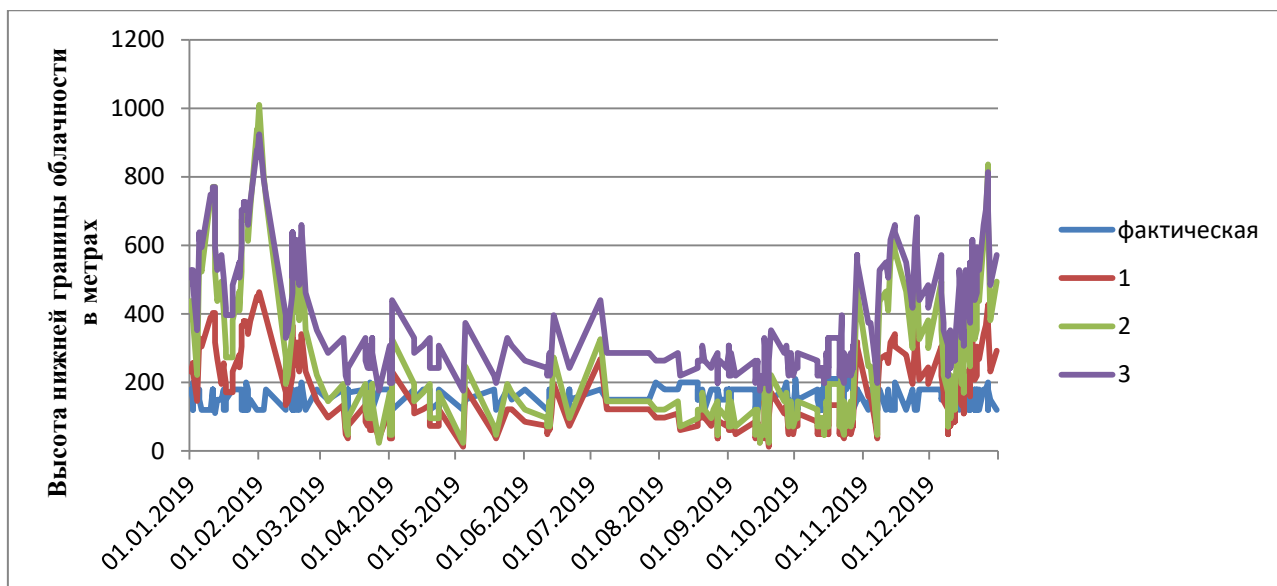


Рисунок 3.4.8 - Результат расчетных методов ВНГО 100-200 метров

за 2019 год по данным АМСГ Когалым

Максимальная погрешность наблюдалась 1 февраля 02:30 UTC при фактической высоте облачности 120 метров, прогностические же формулы показали (1) - 463 метров; (2) - 1010 метров; (3) - 924 метров соответственно.

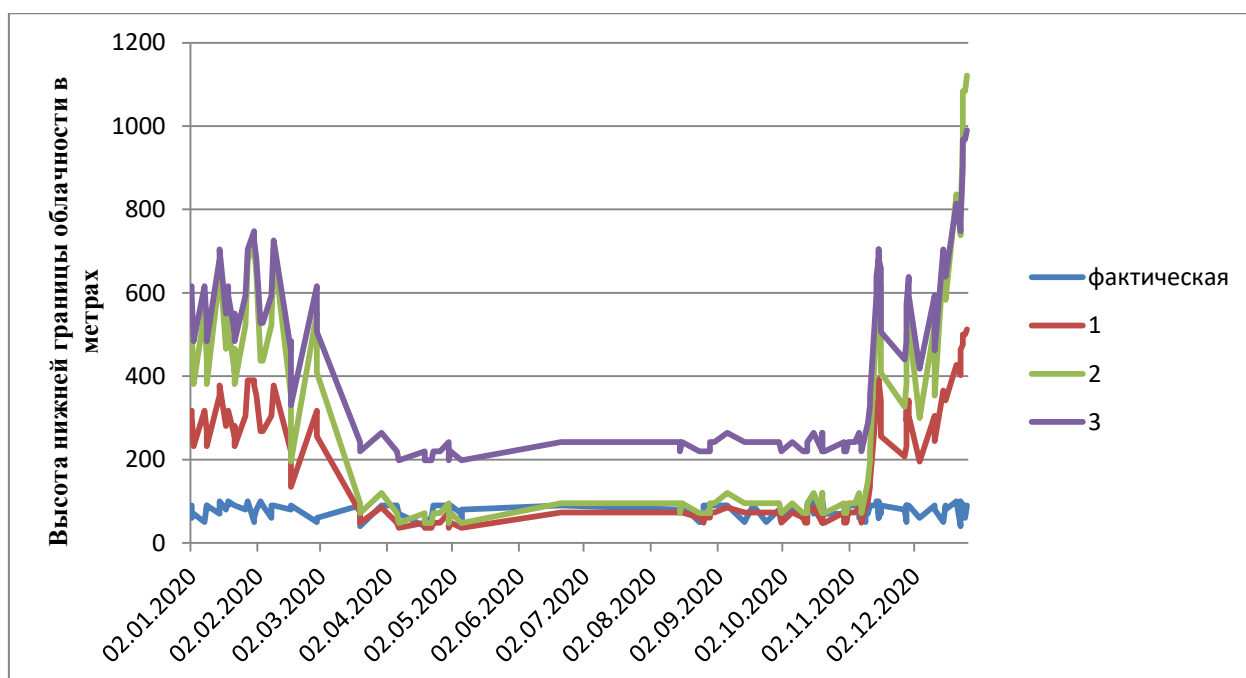


Рисунок 3.4.9 - Результат расчетных методов ВНГО менее 100 метров
за 2020 год по данным АМСГ Когалым

Максимальная погрешность наблюдалась 26 декабря 01:00 UTC при фактической высоте облачности 90 метров, прогностические же формулы показали (1) - 512 метров; (2) - 1121 метров; (3) - 990 метров соответственно.

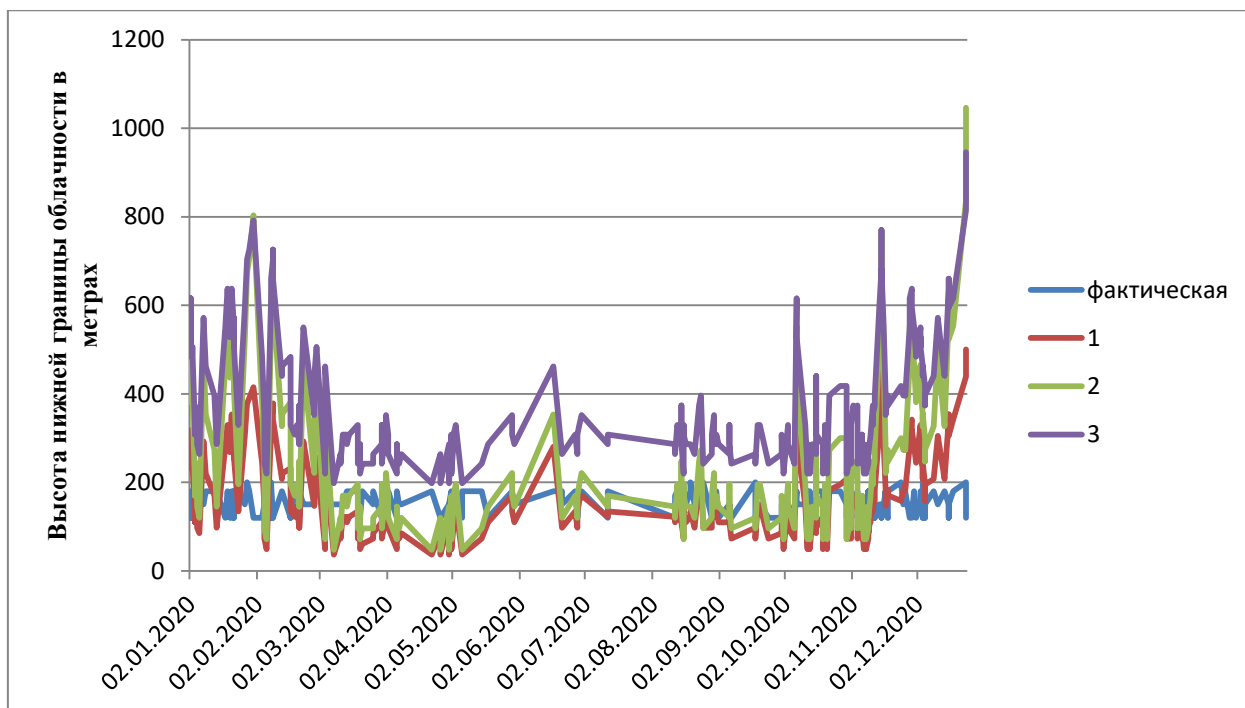


Рисунок 3.4.10 - Результат расчетных методов ВНГО 100-200 метров за 2020 год по данным АМСГ Когалым

Максимальная погрешность наблюдалась 24 декабря 18:00 UTC при фактической высоте облачности 120 метров, прогностические же формулы показали (1) - 500 метров; (2) - 1046 метров; (3) - 946 метров соответственно.

3.5. Уточненная формула для прогноза ВНГО по данным АМСГ Когалым с 2016 по 2020 года

Оценки показывают, что формула Ферреля (2.1.1) лучше работает при ВНГО менее 500 метров, но именно малые ВНГО представляют большой интерес с точки зрения метеорологического обеспечения авиации.

Поэтому мы приступили к подбору коэффициента для этой формулы, так как значения предиктора данной формулы - дефицит точки росы в течении года сильно различается, что делает невозможным использовать один коэффициент в течении всего года.

Напомним, как выглядит формула Ферреля: $H=122*(T-T_d)$

В результате проведенных расчетов выявлено, что коэффициент 122 будет меняться при следующих дефицитах:

от 0,1 до 0,8 $K=150$

от 0,9 до 1,8 $K=110$

от 1,9 до 2,8 $K=50$

от 2,9 до 4,5 $K=40$

На рисунках (3.5.1-3.5.10) линией «факт» обозначена фактическая высота, которая наблюдалась на аэродроме, линией «1» - формула Ферреля и уточненная формула зеленым светом.

Как видно по графикам, у уточненной формулы меньшие погрешности в течении года, чем по формуле Ферреля (1).

Использование уточненных коэффициентов для формулы (2.1.1) способствует более точному определению ВНГО на аэродроме Когалым в течение всего года, а также получению наибольшей успешности данного расчетного метода. Минусом уточненной формулы, как и формулы (2.1.1) является невозможность их использования при относительной влажности 100%, когда дефицит равен нулю.

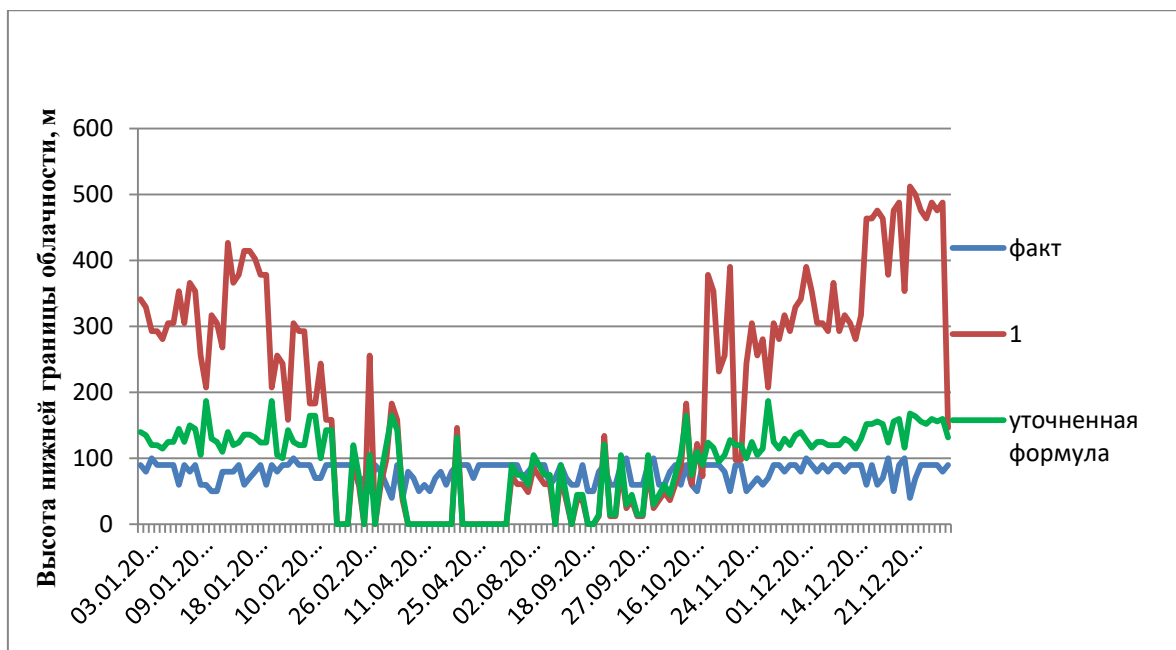


Рисунок 3.5.1 - Уточненная формула для ВНГО менее 100 метров за 2016 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 168 м;
уточненная формула – 33 м.

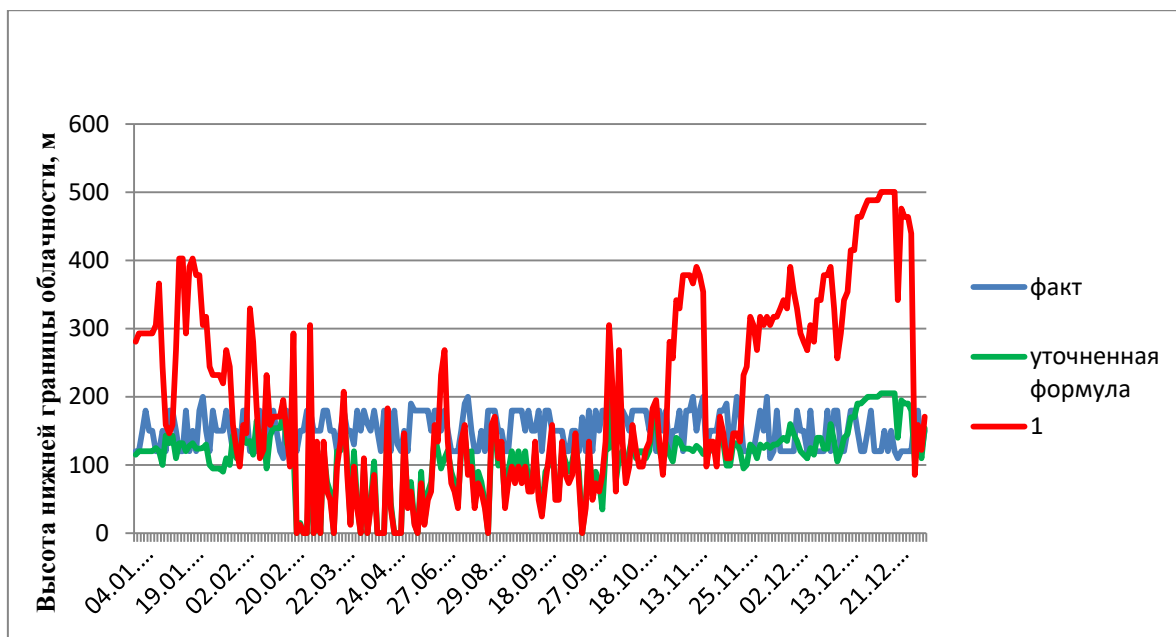


Рисунок 3.5.2 - Уточненная формула для ВНГО от 100 до 200 м за 2016 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 67 м;
уточненная формула – 2 м.

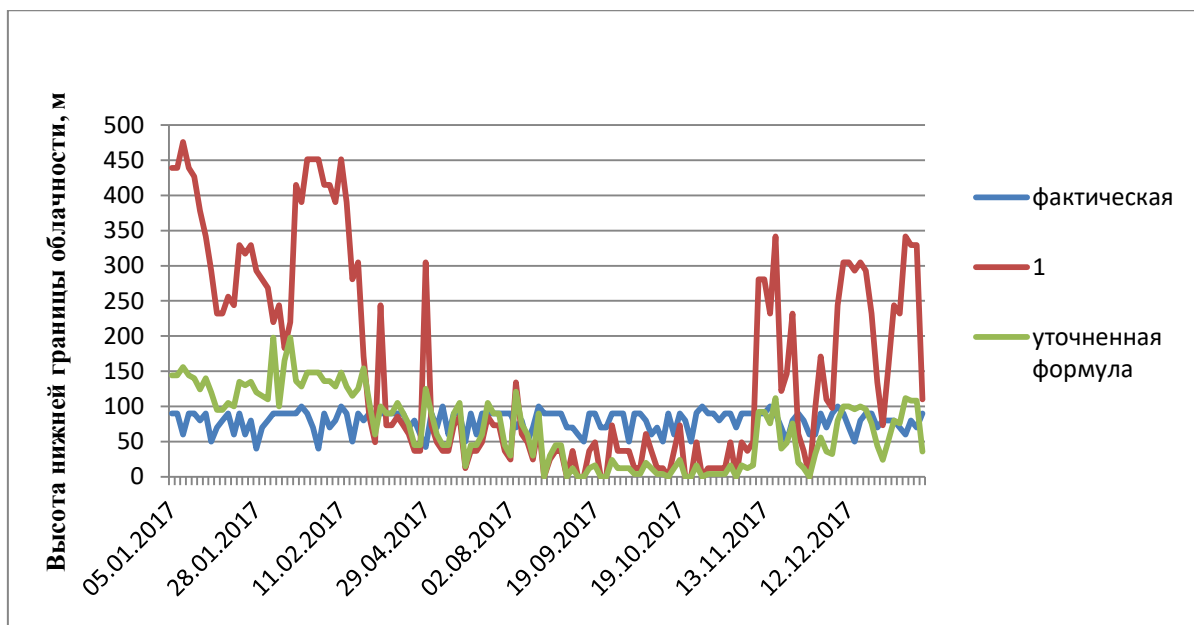


Рисунок 3.5.3 - Уточненная формула для ВНГО менее 100 метров за 2017 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 261 м;
уточненная формула – 41 м.

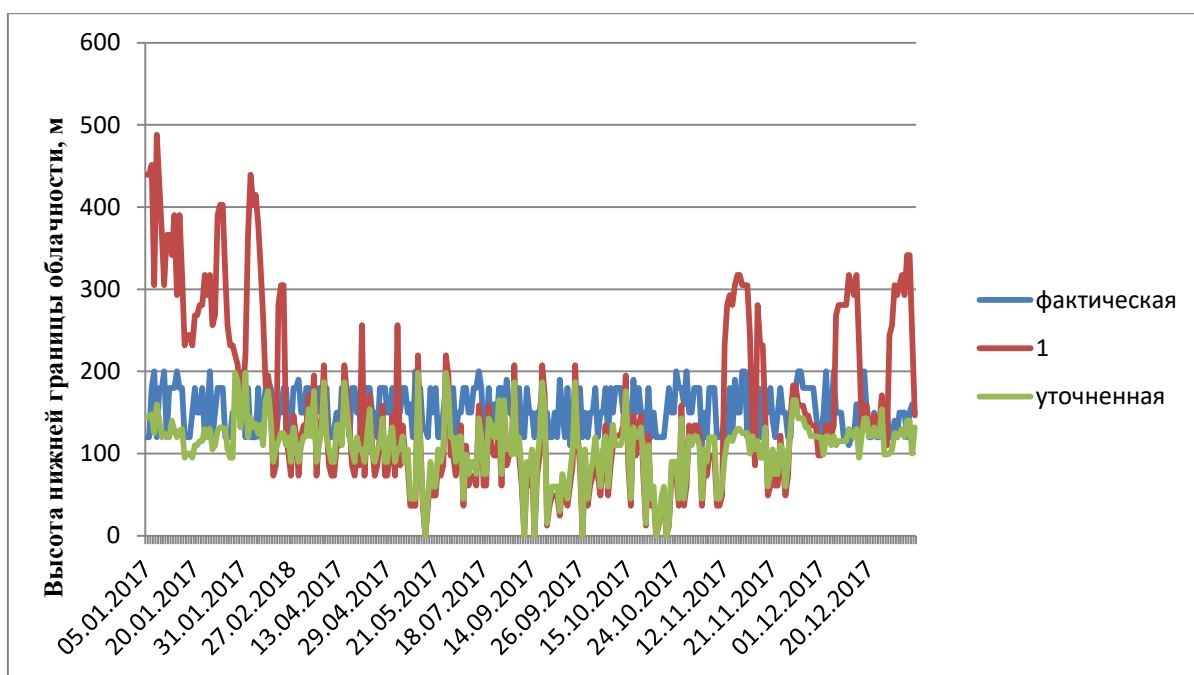


Рисунок 3.5.4 - Уточненная формула для ВНГО от 100 до 200 метров
за 2017 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 105 м;
уточненная формула – 2 м.

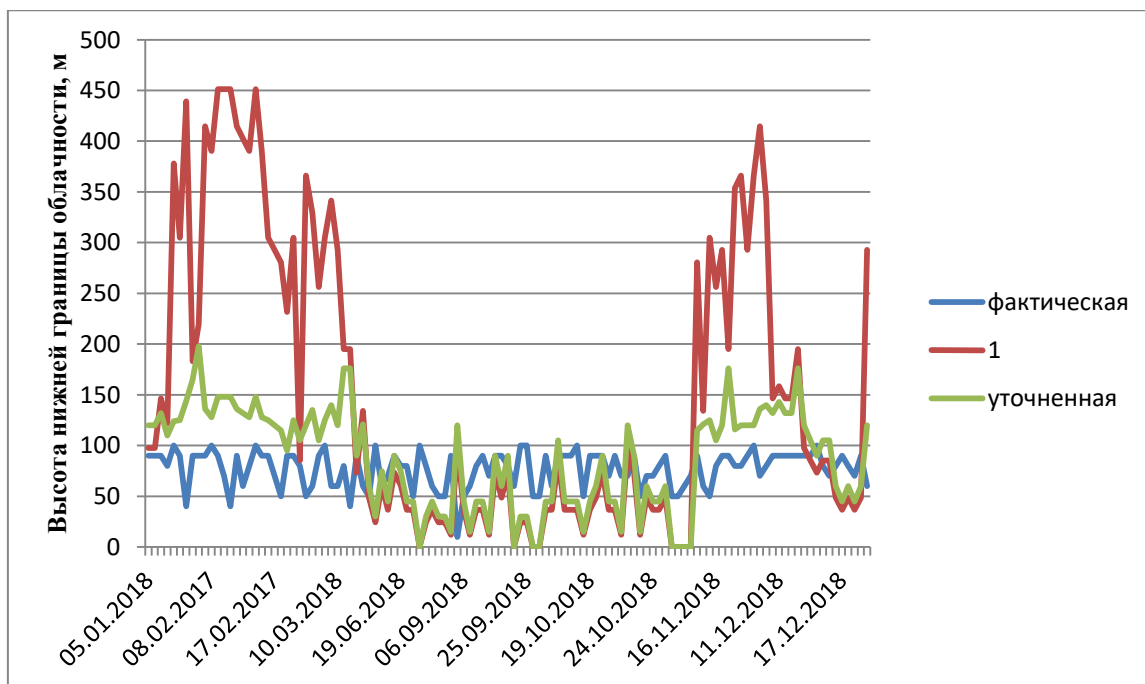


Рисунок 3.5.5 - Уточненная формула для ВНГО менее 100 метров за 2018 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 232 м;
уточненная формула – 35 м.

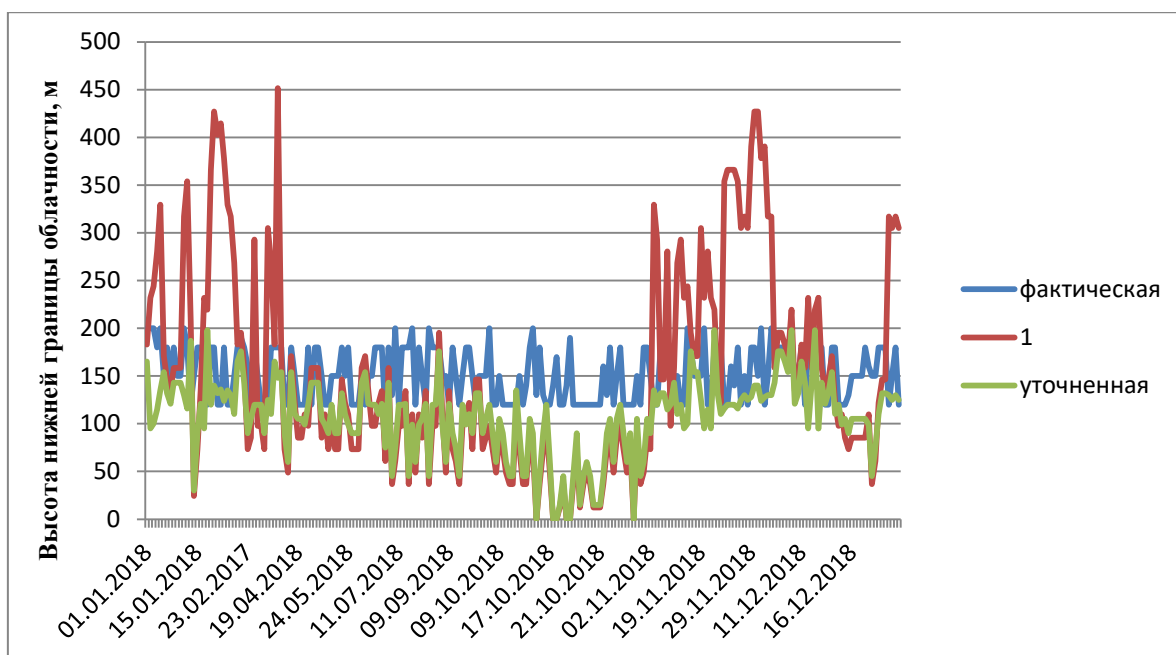


Рисунок 3.5.6 - Уточненная формула для ВНГО от 100 до 200 метров
за 2018 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 124 м;
уточненная формула – 3 м.

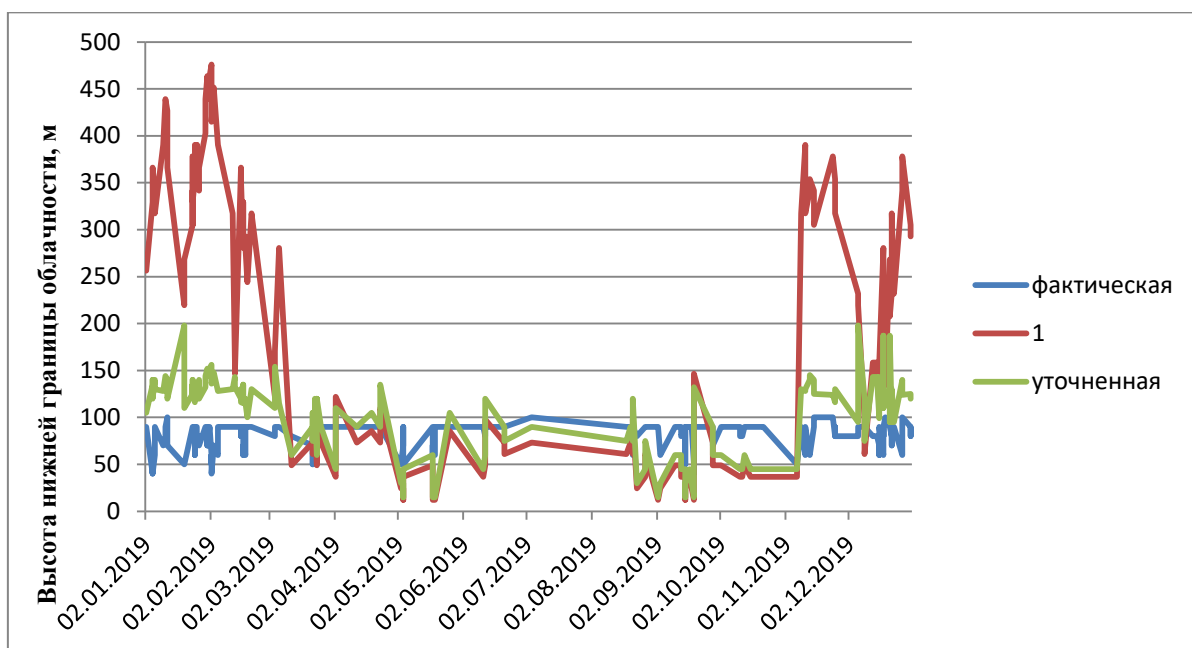


Рисунок 3.5.7 - Уточненная формула для ВНГО менее 100 метров за 2019 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 251 м;
уточненная формула – 27 м.

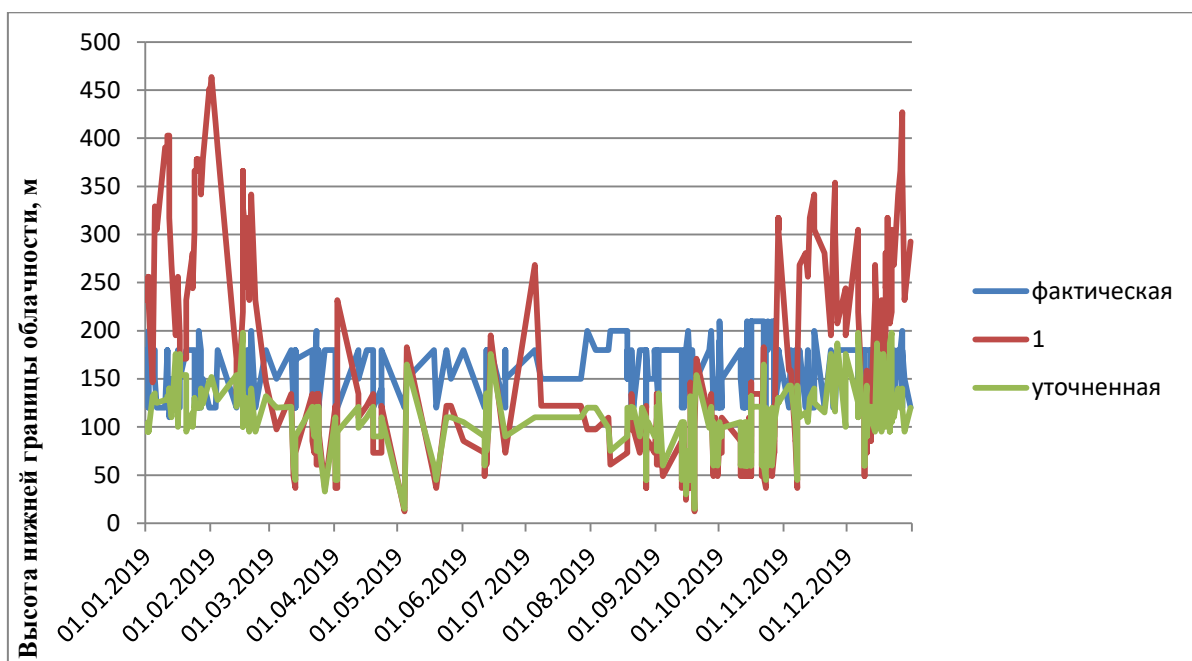


Рисунок 3.5.8 - Уточненная формула для ВНГО от 100 до 200 метров
за 2019 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 112 м;
уточненная формула – 2 м.

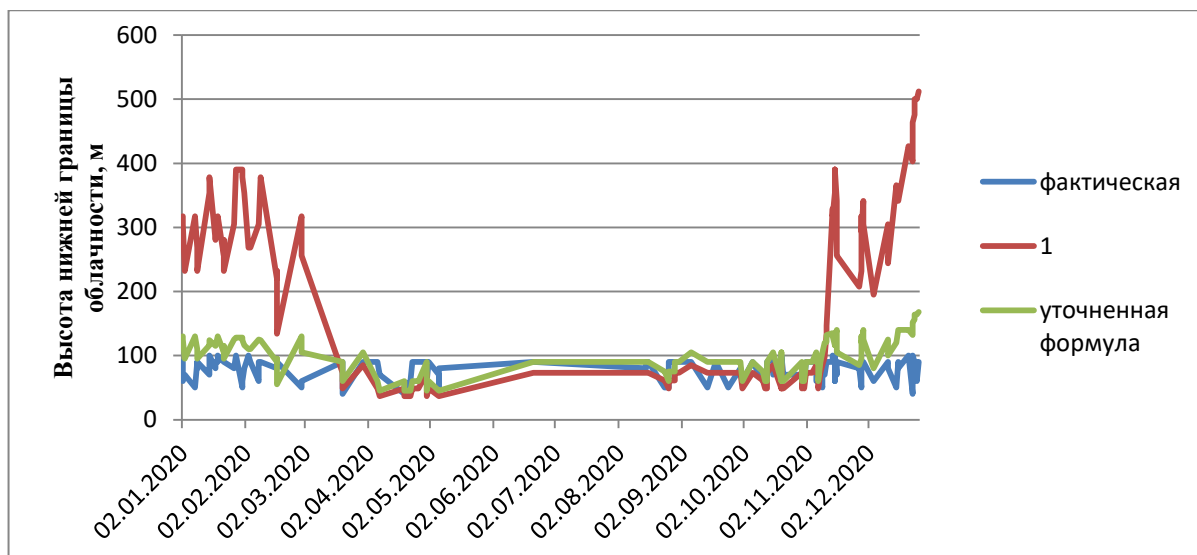


Рисунок 3.5.9 - Уточненная формула для ВНГО менее 100 за 2020 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 185 м;
уточненная формула – 31 м.

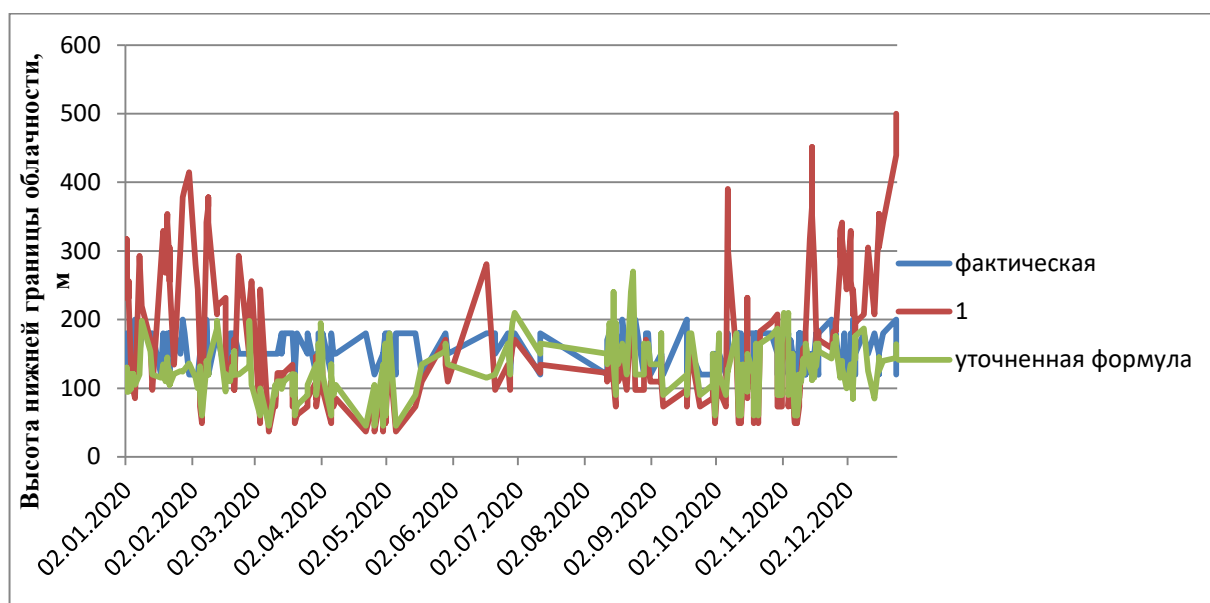


Рисунок 3.5.10 - Уточненная формула для ВНГО от 100 до 200 метров за 2020 г.

Абсолютная погрешность формул составила: формула Ферреля – 71 м;
уточненная формула – 2 м.

Заключение

Низкая облачность существенно затрудняет выполнение полета, взлета и посадки воздушного судна, поэтому точный прогноз высоты нижней границы облачности важная часть работы синоптика.

В данной работе были проанализированы архивные данные на АМСГ Когалым за период 2016 – 2020 гг. и апробированы эмпирические формулы расчета ВНГО.

В результате можно сделать следующие выводы:

- В период 2016 – 2020 гг. было зафиксировано 2098 случая низкой облачности (708 случая до 100 метров, 1390 случая от 100 до 200 метров);
- Наибольшее количество случаев низкой облачности приходится на зимние месяцы; повторяемость - 67%
- Прогностические формулы (2.1.1, 2.1.2, 2.1.3) имеют большую погрешность в зимние месяцы и сильно отклоняются от фактических данных;
- Прогностическую формулу (2.1.3) можно использовать при относительной влажности -100%, где дефицит равен нулю;
- Использование уточненных коэффициентов для формулы (2.1.1) способствует более точному определению ВНГО на аэродроме Когалым в течение всего года и получению более высокой оправдываемости данного расчетного метода.
- Средняя абсолютная погрешность уточненной формулы за период 2016 – 2020 гг. составила: для ВНГО менее 100 м – 33 м, ВНГО от 100 до 200 м. – 2 м.

Список использованных литератур

1. Атлас облаков / Д.П.Беспалов, А.М.Девяткин, Ю.А.Довгалюк и др. – СПб.:Гидрометеиздат,2006.–248с.
2. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды. –2-е изд., стереотипное. – СПб.:БВХ - Петербург, 2010. –288 с.: ил. – (Учебное пособие)
3. Богаткин О.Г. Информационно-справочная книга авиационного метеоролога. –Санкт-Петербург: 2010. –220 с.
4. Богаткин О.Г.Основы авиационной метеорологии. Учебник. —СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. –339 с.
5. Официальный сайт Администрации города Когалыма. (Электронный ресурс) admkogalym.ru
6. Матвеев. Л.Т. Курс общей метеорологии –Физика атмосферы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. –752 с.