

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

На тему Исследования условий возникновения низкой облачности в
аэропорту г. Когалыма

Исполнитель Марченко Евгения Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Кашлева Лариса Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**



(подпись)

Кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

« 18 » 06 2020г.

Санкт–Петербург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Исследование облаков нижнего яруса	5
1.1. Строение облаков.....	5
1.2. Формы облаков нижнего яруса. Классификация.....	7
1.3. Микрофизические характеристики облаков.....	14
1.4. Образование облаков.....	14
1.5. Структура нижней границы низких облаков.....	18
1.6. Низкая облачность - метеорологическое явление. Метеоминимумы.....	19
1.7. Расчёт высоты нижней границы облаков нижнего яруса....	21
2. Физико-географическое и климатическое описание города Когалыма	23
2.1. Характеристика климата города Когалым.....	23
2.2. Краткое физико-географическое и климатическое описание района аэродрома	25
2.3. Режим облачности.....	26
3. Исследование режима облачности нижнего яруса в районе аэропорта города Когалым	27
3.1. Описание исходного материала.....	27
3.2. Временная изменчивость облачности нижнего яруса с высотой нижней границы менее 200 м.....	27
3.3. Зависимость повторяемости низкой облачности от направления ветра.....	30
3.4. Зависимость повторяемости низкой облачности от скорости ветра.....	36
3.5. Зависимость возникновения низкой облачности от температуры воздуха.....	38
Заключение.....	40
Список используемой литературы и источников.....	42

Приложение А.....	43
Приложение Б.....	47
Приложение В.....	50

Введение

Низкая облачность - одно из самых серьезных метеорологических явлений. С ней связаны такие процессы, как выпадение осадков, их вид, интенсивность, продолжительность, различные атмосферные явления.

Облака значительно влияют на всю деятельность авиации, в особенности на взлет, посадку и полет самолёта в общем. Когда самолёт летит в облаках, он подвергает себя воздействию таких факторов, как турбулентность, обледенение, электризацию самолёта. Создаются большие трудности при посадке, так как высота облаков часто оказывается ниже установленного минимума. Собственно поэтому к прогнозу высоты нижней границы облачности синоптики всех АМСГ относятся очень серьезно.

Аэропорт Когалым в настоящее время является региональным гражданским авиатранспортным узлом Ханты-Мансийского автономного округа. В 1995 году аэропорт получил статус международного авиаузла, однако впоследствии, в 2011 году был лишён его. Но не смотря на это, изучение местных особенностей таких, как влияние рельефа, удалённость от крупных водоемов, промышленных зон, которые оказывают свое влияние на образование облачности нижнего яруса, является актуальной задачей в разработке климатологических характеристик, прогнозировании и работе аэродрома.

Цель моей работы - проанализировать режим облачности нижнего яруса и условий ее возникновения в районе аэропорта Когалым.

Для осуществления обозначенной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить литературу, посвящённую процессам, приводящим к облакообразованию;
2. Выполнить сбор и обработку метеорологических данных для аэропорта Когалым;
3. Изучить режим облачности нижнего яруса.
4. Выявить условия возникновения низкой облачности с целью их использования при прогнозировании.

В первой главе идет речь об условиях возникновения, строении, характеристиках облаков нижнего яруса, а также рассматриваются облака нижнего яруса, как опасное метеорологическое явление.

Во второй главе даётся общее физико-географическое и краткое климатическое описание Когалыма и района аэродрома.

В третьей главе произведен анализ режима облачности нижнего яруса в районе аэродрома Когалыма, выявление местных особенностей, способствующих образованию низкой облачности.

В настоящее время аэропорт города Когалым является важнейшим транспортным узлом, обеспечивающим:

- связь с отдалёнными труднодоступными нефтяными месторождениями;
- перевозку грузов и техники для нефтяных фирм и жителей Дальнего Востока и Крайнего Севера;
- обслуживание вахтовых работников нефтяных месторождений в районе Когалым,

то данная тема очень актуальна, ведь низкая облачность является одним из определяющих факторов работы аэродрома

1. Формы облаков нижнего яруса и условия их возникновения.

Нам известно, что облака возникают в результате сублимации или конденсации водяного пара в атмосфере, главным образом в результате восходящих движений воздуха. Облака - важнейшее атмосферное явление. Из облаков выпадают осадки, в них возникают грозы, облачный покров днем уменьшает приток солнечного тепла и света, а ночью резко ослабляет излучение и охлаждение земной поверхности. Тем самым облака сильно воздействуют на изменения температуры, в частности на ее суточный ход, препятствуют возникновению радиационных заморозков и туманов, ослабляют дневное нагревание и пр. Не секрет, что присутствие облачности, в особенности плотной и сильно развитой по вертикали, может значительно затруднять работу авиации. Для описания облачности используются разнообразные характеристики, от микрофизических до макромасштабных. Одними из основных являются количество и формы облаков, высота верхней и нижней границ.

1.1. Строение облаков.

Высота облаков и их строение взаимосвязаны с положением уровня конденсации, уровня нулевой изотермы, уровня замерзания и уровня конвекции.

Уровень конденсации практически совпадает с нижней границей облаков. Между уровнем конденсации и нулевым уровнем изотермы облако состоит из капель воды и, в некоторых случаях, из тающих снежинок. Выше уровня нулевой изотермы облака состоят в основном из переохлажденных водяных капель, которые наблюдаются до уровня замерзания. Уровень замерзания находится в среднем на высоте, где температура составляет от -12 до -17 ° С. Выше этого уровня происходит сублимация водяного пара, а также замерзание капель переохлажденной воды. В некоторых случаях вода в форме капель может иметь температуру до -40 ° С. Над уровнем замерзания

облака состоят в основном из ледяных кристалликов. Мы знаем, что в облаке не существует резкой границы между областями с жидкими и твердыми элементами воды. Возможны переходы частиц из одной области в другую. Имеются также мощные переходные слои, в которых одновременно могут присутствовать переохлаждённые капельки и ледяные кристаллы. На рисунке 1 показана схема строения облака, на которой представлен вертикальный разрез мощного облака. Его основание расположено в области положительных температур, а вершина в области отрицательных температур, т.е. захватывает зону ледяных кристаллов.

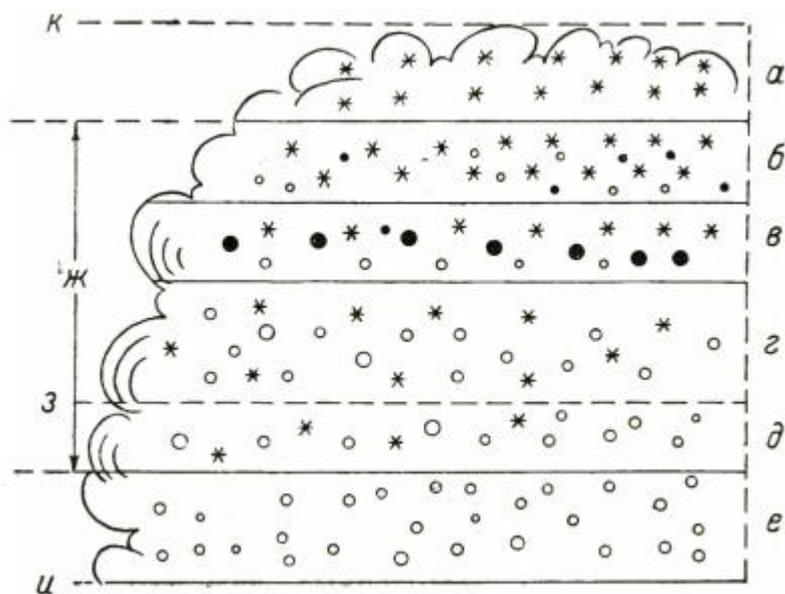


Рисунок 1- Строение облака (схема)

Нахождение верхней границы облака определяется уровнем конвекции.

Капли и кристаллы, из которых состоит облако, не всегда остаются в подвешенном состоянии. При восходящих движениях воздуха они могут подниматься вверх, а при ослаблении восходящих движений они под действием силы тяжести понижаются. При таких движениях воздуха в облаке температура и относительная влажность изменяются, и поэтому физическое состояние частиц облака также изменяется. Под действием ветра облака движутся в горизонтальном направлении, и в них часто развиваются турбулентные движения. Вокруг облака водяные пары в воздухе обычно не насыщаются. Поэтому на периферии капельные облака и кристаллы

непрерывно испаряются, и пары переносятся в окружающий воздух. Однако из-за восходящих движений воздуха облако постоянно получает дополнительный приток пара, благодаря которому поддерживается его существование. Облака могут находиться только в тех слоях атмосферы, где имеются подходящие условия для их образования; в отсутствие таких условий облака распространяются и испаряются.

1.2. Формы облаков нижнего яруса и их классификация.

Классификация облаков по некоторым признакам:

- По внешнему виду (морфологическая классификация).
- По происхождению (генетическая классификация).
- По микрофизическому строению - по агрегатному состоянию, виду и размерам образующих их элементов -капель или кристаллов.

Для метеорологических наблюдений - морфологическая классификация, она положена в основу Атласа облаков. Эта классификация не даёт прямых сведений о происхождении облаков и о их микрофизическом строении. Но все-таки при выполненных и записанных наблюдениях можно получить достаточно много сведений, чтобы по косвенным признакам судить о характере процессов, происходящих в атмосфере.

В морфологической классификации 10 основных форм облаков, которые подразделяются на ряд видов и разновидностей.

В качестве одного из важнейшего отличительного знака при определении форм облаков используется их внешний вид и структура. Облака могут размещаться в виде отделенных облачных масс или в виде сплошного облачного покрова. Строение бывает волокнистым, хлопьевидным или однородным. Еще облака могут быть плотными, через них не просвечивает голубое небо, или тонкими, просвечивающими и т. д. Признаки описанные выше характеризуют внешнее строение облака.

По высоте нижней границе облаков их обычно относят к одному из трех ярусов:

- верхнему,
- среднему,
- нижнему.

Облака нижнего яруса: формы и виды облаков, которые образуются, развиваются и существуют в нижнем слое атмосферы (от 30 м до 2 км).

- *Слоисто-кучевые облака (Stratocumulus – Sc).*

Высота нижней границы облаков отмечается чаще всего в пределах 0,5–1,5 км, толщина слоя – от 0,2 до 0,8 км.

Слоисто-кучевые облака состоят из мелких капель воды (радиусом в основном 5–7 мкм), зимой переохлаждённых.

Они могут встречаться одновременно с высококучевыми облаками.

Отличительным знаком слоисто-кучевых облаков служит их внешний вид, четко очерченная нижняя граница, отсутствие в большинстве случаев осадков или довольно малые осадки с перерывами



Рисунок 2- Слоисто-кучевые облака.

2. *Слоистые облака (Stratus – St).*

Высота нижней границы этих облаков обычно находится в пределах от 0,03 до 0,4 км, а толщина слоя – от 0,1 до 0,6 км. Слоистые облака состоят из мельчайших капель воды, радиус которых обычно 2–5 мкм, размер капель может колебаться от 1 до 20 мкм.

Слоистые облака делятся на 3 вида: туманообразные, волнистообразные и разорванно-слоистые.



Рисунок 3. Слоистые туманообразные облака.

3. *Слоисто-дождевые облака.*

Высота нижней границы слоисто-дождевых облаков находится в пределах от 0,5 до 1,9 км. Толщина слоя облаков обычно достигает 2–3 км, иногда 5 км и более. Тем не менее нередко случаи, когда толщина слоя слоисто-дождевых облаков не превышает 1–2 км .

Эти облака состоят из переохлажденных капель и ледяных кристаллов. В самой верхней части облака кристаллы имеют форму столбиков, а в нижней – форму пластинок. В нижней части облака преобладают мелкие капли воды с примесью снежинок или сравнительно крупных капель.

Большинство капель воды имеют радиус 8–12 мкм.

Из слоисто-дождевых облаков выпадают обложные осадки. Этот признак помогает обнаружить облака даже тогда, когда они снизу

маскируются разорванно-дождевыми облаками Frnb. Однако иногда осадки из Ns не достигают поверхности земли в результате испарения. Ns можно отличить от As neb. op. по следующим признакам:

- существенно более темному цвету;
- непрозрачности облаков;
- размытости основания облаков.



Рисунок 4-Слоисто-дождевые облака.

4. Кучевые облака (*Cumululus – Cu*).

Высота нижней границы кучевых облаков зависит от влажности воздуха. В умеренных широтах высота нижней границы кучевых облаков обычно бывает 0,6—1,2 км, вертикальная протяженность – от сотни метров до нескольких километров.

Кучевые облака состоят из капелек воды, более крупных в верхней части облака и более мелких у его основания. При минусовой температуре капли находятся в переохлажденном состоянии. Главный процесс, приводящий к образованию кучевых облаков, – это мощные восходящие

движения воздуха, обусловленные неравномерным нагревом подстилающей поверхности.



Рисунок 5. Кучевые облака.

5. *Кучево-дождевые облака (Cumulonimbus – Cb).*

Высота нижней границы кучево-дождевых облаков обычно варьируется в пределах от 0,6 до 1,2 км. Верхняя граница облака достигает 4–5 км, в некоторых случаях – высоты тропопаузы (8–9 км).

Микрофизическая структура показана множеством капель разных размеров, а также кристаллов льда, снежных зерен и града. Существенным процессом формирования кучевых облаков является процесс охлаждения воздуха при восходящем движении в условиях высокоразвитой динамической или тепловой конвекции. Именно поэтому их толщина достигает 3-5 км.



Рисунок 6. Кучево-дождевые облака.

Что бы определить количество облаков обычно применяются баллы или октанты (в авиационных прогнозах используют октанты). Когда измеряют количество облаков в баллах, то все небо делит на 10 частей, и то как закрыто небо облаками может изменяться от 0 (ясная погода) до 10 баллов (сплошная облачность).

1. безоблачно — 0—1 балл облаков;
2. малооблачно — 2—3 балла облаков;
3. переменная облачность — 4—7 баллов облаков;
4. значительная облачность — 8—9 баллов облаков;
5. сплошная облачность — 10 баллов.

По условиям возникновения, в соответствии с классификацией Бержерона, облака можно разделить на основные генетические типы:

- облака скольжения,
- фронтальные (слоистообразные);
- облака конвекции, неустойчиво стратифицированной воздушной массы (кучевообразные);
- облака устойчивой воздушной массы (волнистообразные).

Отдельно можно выделить орографические облака. С точки зрения морфологической первые можно называть слоистообразными, вторые — кучевообразными, третьи — волнистыми. К слоистообразным облакам нижнего яруса относятся слоисто-дождевые, слоистые; к кучевообразным — кучевые, кучево-дождевые; к волнистым — слоисто-кучевые облака.

По условию образования облака разделяют на фронтальные и внутримассовые. Низкая облачность присутствует на всех типах фронтах.

Зона теплых фронтов и окклюзий по типу теплого фронта: осадки, выпадающие из с Ns, не доходят до земли, испаряются в воздухе. Происходит скопление водяного пара под поверхностью фронта, который играет роль задерживающего слоя, это приводит к образованию под фронтальной системы облачности.

Зона холодных фронтов: низкие облака образуются в основном так же, как в зоне теплых фронтов под лицевой поверхностью за линией фронта. Холодные фронты имеют меньшую ширину осадков и меньшую площадь низкого облачного покрова. Характер облачности в основном зависит от скорости смещения этих фронтов. Если холодный фронт замедляется или отступает, на этом участке фронта будет наблюдаться значительное уменьшение облачности. В таких случаях фронты обычно выражаются инверсией температуры, которая сопровождается увеличением удельной влажности с высотой. Уменьшение облачности в таких случаях может быть вызвано турбулентным перемешиванием влаги сверху вниз.

Типичными синоптическими положениями, в которых образуются внутримассовые слоистые облака, являются теплые сектора циклонов, периферия антициклона, в котором наблюдается тепловая адвекция, а также размытые барические поля со слабыми градиентами давления. При слабой адвекции холода в антициклонной системе они практически не создаются.

1.3. Микрофизические характеристики облаков.

Микрофизические характеристики облаков: агрегатное состояние частиц, составляющих их размер и концентрация, водность облаков и т.п. Облака бывают капельными, смешанными и кристаллическими. Капельные облака состоят только из капель воды, смешанные из смеси переохлажденных капель и ледяных кристаллов, ледяные-из ледяных кристаллов.

Одной из самых важных характеристик облака является его водность. Водность облака - количество воды, содержащейся в 1 м^3 облака.

Рассмотрим микрофизические характеристики.

Слоисто-кучевые облака состоят в основном из небольших капель воды, переохлажденных зимой. В некоторых случаях среди капель есть несколько ледяных кристаллов и снежинок. Слоистые облака состоят из мельчайших капелек воды с радиусом 2–5 мкм, размер капель может колебаться от 1 до 20 мкм. Слоисто- дождевые облака состоят из переохлажденных капель и кристаллов льда. В верхней части облака кристаллы в основном в виде столбов, в нижней части - в виде пластин. В нижней части облака преобладают маленькие капли воды со смесью снежинок или относительно крупных капель. Большинство капель воды имеют радиус 8–12 мкм.

Кучевые облака состоят из капелек воды, которые больше на вершине облака (преобладающий радиус капли около 20 мкм) и меньше в ее основании (преобладают капли с радиусом около 10 мкм). При отрицательных температурах капли находятся в переохлажденном состоянии.

1.4. Образование облаков.

Образование облаков происходит из-за процесса адиабатического охлаждения восходящего воздуха. Условия такого охлаждения формируются в результате развития вертикальных движений различных масштабов:

макромасштабных упорядоченных движений (циклоны, фронты), мезомасштабных конвективных движений (локальная циркуляция), турбулентных и волновых движений (поверхностный слой атмосферы, инверсии свободной атмосферы).

Основой формирования кучевых облаков является конвекция, волнистые облака представляют собой волновые движения и турбулентное перемешивание в тропосфере, а слоистые облака основаны на широкомасштабном восходящем скольжении теплого воздуха вдоль клина холодного фронта.

Конвекция.

Термическая и динамическая конвекция (вертикальное движение отдельных масс воздуха при относительно спокойного состояния окружающего воздуха) является главной причиной, приводящей к образованию конвективных (кучево-образных) облаков. Наиболее интенсивно конвекция вырабатывается в неустойчивой атмосфере. К конвективным облакам относятся кучевые и кучево-дождевые облака. Их форма и размеры зависят от интенсивности конвекции и характера стратификации атмосферы.

На рисунке 7 представлена схема возникновения конвекции.

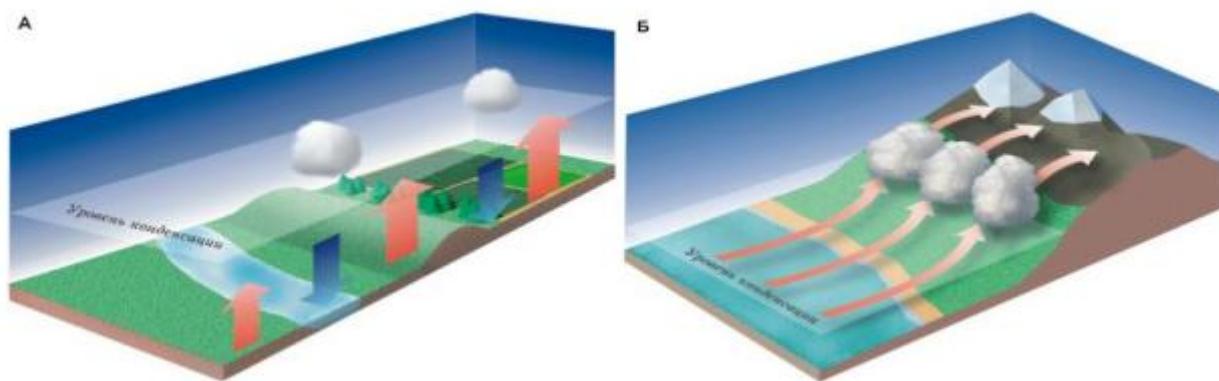


Рисунок 7-Схема возникновения конвекции.

А — термической; Б — динамической.

Летом в солнечную погоду под действием солнечного излучения активная поверхность интенсивно нагревается. Однако разные его части нагреваются по-разному. Восходящие движения воздуха развиваются на

более нагретых участках, а нисходящие движения развиваются на менее нагретых участках. Так начинается тепловая конвекция. Постепенно отдельные восходящие потоки сливаются и образуют сильный восходящий поток, охватывающий все большие и большие объемы воздуха. Многочисленные нисходящие движения формируются на периферии этого потока.

Если нестабильное или влажно-неустойчивое состояние находится только в относительно небольшом слое над уровнем конденсации, а удерживающий слой расположен выше, то образуются только хорошие погодные облака или средние значения кучевых облаков. В отсутствие улавливающего слоя кучевые облака продолжают развиваться вертикально, становясь острее и превращаясь в мощные кучевые облака с куполообразной вершиной.

Если содержание влаги в воздухе высокое и имеются благоприятные условия для дальнейшего развития конвекции, то кучевые облака быстро растут в вертикальном и частично в горизонтальном направлениях. Если его вершина достигнет уровня замерзания, то начнется ее обледенение, т.е. облачные элементы замерзнут и приобретут кристаллическую структуру. Облако темнеет и приобретает свинцовый оттенок на теневой стороне. Вершина приобретает смутное волокнистое строение, а облако превращается в кучево-дождевой.

Вертикальное развитие кучево-дождевого происходит до тех пор, пока температура поднимающегося воздуха не сравняется с температурой окружающей среды. Особенно резко замедляется рост облака, когда его вершина попадает в слой с глубокой инверсией температуры. При большой энергии восходящих движений, связанной с выделением теплоты конденсации, кучево-дождевое облако может проникнуть через слой инверсии.

Динамическая конвекция-представляет собой неупорядоченные вихревые движения, возникающие при горизонтальном перемещении и трении воздуха о земную поверхность. Вертикальные составляющие неупорядоченных вихрей составляют десятки см/сек, а иногда и м/сек.

Волновые движения и турбулентное перемешивание.

Волновые движения с разными амплитудами и длинами волн часто появляются в атмосфере на разных высотах. Такие движения в устойчивых воздушных массах при наличии инверсионных слоев являются основной причиной образования волнистых облаков. В нижнем слое тропосферы турбулентное перемешивание играет важную роль в образовании волнистых облаков. В стабильной атмосфере конвективные движения запрещены, вертикальное движение воздуха осуществляется только за счет турбулентного перемешивания. Турбулентное перемешивание приводит к перераспределению содержания водяного пара по высоте. Пар переносится с поверхности земли вверх и удерживается под инверсионным слоем, где также накапливаются ядра конденсации. Эти факторы способствуют конденсации водяного пара при инверсии и образованию облаков, которые имеют вид тонкого слоя значительной длины. В результате турбулентного перемешивания образуются облака нижнего яруса - слоисто-кучевые и слоистые. Слоистые кучевые облака встречаются в основном в ветренную погоду, а слоистые наоборот. Турбулентное перемешивание обычно не распространяется на большие высоты, поэтому основание образовавшихся облаков довольно низкое, а их верхняя граница практически совпадает с нижней границей инверсионного слоя.

Восходящее скольжение теплого воздуха.

В зоне атмосферного фронта масса холодного воздуха имеет форму клина, расположенного под массой теплого воздуха. Масса теплого воздуха, двигаясь в горизонтальном направлении, вынужденно медленно поднимается, во время которого адиабатически охлаждается. Это приводит к конденсации водяного пара и образованию облаков восходящего скольжения (слоистых), которые включают перистые, высокослоистые и слоистые

дождевые облака. Процесс восходящего скольжения во фронтальных зонах охватывает широкие пространства, что приводит к формированию фронтальных облачных систем, состоящих из облаков всех ярусов и имеющих значительные вертикальные и горизонтальные размеры. Самые мощные облачные системы развиваются 10 на тёплом фронте. Когда атмосферный фронт движется, его облачная система движется вместе с ним.

1.5. Структура нижней границы низких облаков.

Нижняя граница слоистых облаков имеет сложную структуру, что определено особенностями ее формирования и поведения. На уровне конденсации водяного пара, где теоретически должна находиться нижняя граница слоистых облаков, сконденсированной влаги еще недостаточно, чтобы нижняя граница была достаточно отчетливой. Требуется еще некоторое повышение концентрации капель и их укрупнение. Для этого нужно, чтобы температура воздуха стала несколько ниже температуры конденсации. На уровне температуры конденсации создается дымка, постепенно уплотняющаяся по мере понижения температуры. Нижняя граница облачности наблюдателем всегда наблюдается выше уровня конденсации, поскольку глаз начинает видеть облако лишь после того, как размеры капель и их концентрация превзойдут некоторую определенную величину. Нижняя граница облаков представляет собой слой переменной оптической плотности от легкого помутнения до полной потери вертикальной видимости. Плотной части облака предшествует подоблачный слой, который подразделяется на две части. Это мы наблюдаем на рисунке 8.

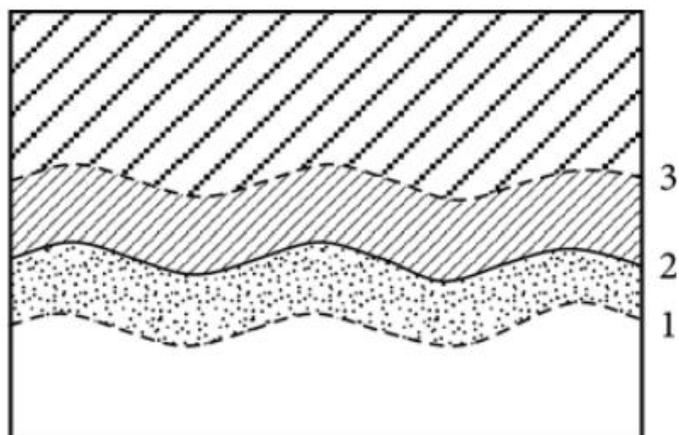


Рисунок 8- Схема структуры нижней границы облаков:

1 — уровень конденсации; 2 — нижняя граница облаков; 3 — верхняя граница подоблачного слоя; 1-2 — слой дымки; 2-3 — переходный слой.

Воздействие низкой облачности на полеты обусловлено не только местоположением ее на небольшой высоте, но и сложным строением нижней границы облаков.

Важнейшими формами нижней облачности являются облака слоистые и слоисто-кучевые.

Уровень, принимаемый условно за высоту нижней границы облаков будет несколько различным при измерении его разными способами.

С самолета, при наблюдении, обычно получают более низкие значения высоты облаков, чем по данным шаропилотных и инструментальных наблюдений.

1.6. Низкая облачность как опасное метеорологическое явление. Метеоминимумы.

Низкая облачность является одним из главных метеорологических факторов, осложняющих взлёт и посадку самолётов. Сложными метеорологическими условиями считаются такие условия, при которых высота нижней границы облаков (НГО) снижается ниже 200 м и менее. Низкая облачность значительно затрудняет, а иногда даже делает

невыполнимым полёт воздушного судна. К прогнозу высоты нижней границы облаков предъявляются строгие требования. Минимумы погоды – это предельные значения НГО и дальности видимости, при которых разрешается выполнять взлет или посадку.

Кучево-дождевые облака являются наиболее опасными облаками с точки зрения условий полета в них. Их формирование обычно сопровождается грозами и ливнями. Вертикальная толщина достигает 7-9 км, а нижнее основание часто лежит на высоте 300-600 м и имеет относительно небольшую площадь. Их быстрое развитие происходит особенно летом в резко пересеченной местности (над горами). В то же время в верхней части облака преобладают интенсивные восходящие движения, а нисходящие слабые. В основании и средней части облака, наряду с сильными восходящими движениями, происходят значительные нисходящие движения холодного воздуха, спускающегося из облака вместе с осадками. На этой стадии развития кучевых облаков команда может столкнуться с соседними и нисходящими потоками, достигающими скорости 20-30 м / с. Наибольшая турбулентность наблюдается в средней части облака на высоте 3000-6000 м. Сильная грозовая активность, сильная болтовня, сложные виды обледенения (при соответствующих температурах), сильные дожди, часто сопровождаемые градом, и резкое ухудшение видимости почти полностью исключают возможность полета в кучевых облаках. Поэтому полеты в кучево-дождевых (грозовых) облаках и под ними запрещены.

В особенности опасен полет под высокослоистыми и слоисто-дождевыми облаками навстречу фронту для экипажей, не овладевших полетами в сложных метеорологических условиях. Вблизи фронта слоисто-дождевая облачность нередко сливается с разорванно-слоистой, нижняя граница которой на расстоянии 100- 150 км от фронта может опускаться до самой земли.

Метеоминимумы.

Низкая облачность делает полет затруднительным, иногда невозможным полет. Она определяет минимум погоды. Поэтому всегда к

прогнозу высоты нижней границы облачности синоптики АМСГ относились очень серьезно.

Для аэродромов минимумы следующие. Минимум аэродрома для взлета - минимально допустимые значения видимости на ВПП (видимости) и при необходимости высоты нижней границы облаков, при которых разрешается выполнять взлет на воздушном судне данного типа. Минимум аэродрома для посадки-минимально допустимые значения видимости на ВПП и высоты нижней границы облаков или высоты принятия решения, при которых разрешается выполнять посадку на воздушном судне данной категории на данном аэродроме. Для посадки в наиболее сложных метеорологических условиях устанавливаются минимумы трех категорий:

- минимум первой категории: высота принятия решения – 60 м, видимость на ВПП – 800 м;

- минимум второй категории: высота принятия решения – менее 60 м, но не менее 30 м, видимость на ВПП – менее 800 м, но не менее 400 м;

-минимум третьей категории: высота принятия решения – менее 30 м, видимость на ВПП – менее 400 м.

1.7. Расчет высоты нижней границы облаков нижнего яруса.

Низкая облачность явление, которое больше всего зависит от местных условий. Поэтому методов прогноза явления разработано очень много.

Чтоб определить высоту нижней границы облачности наибольшее распространение получили следующие формулы:

- *формула Ипполитова:*

$$H = 24(100 - R)$$

- *формула Ферреля:*

$$H = 122(T - T_d)0$$

- *безымянная формула:*

$$H = 122(T - T_d)0 - m (3)$$

H - высота нижней границы облаков, м; T - температура воздуха у земли, °С; T_d - температура точки росы у земли, °С; R - относительная влажность, %; m - коэффициент, учитывающий наличие осадков. При присутствии мороси $m = 80$, при других видах осадков $m = 50$ и $m = 0$ при отсутствии осадков (в этом случае получается формула Ферреля).

Помимо приведенных выше формул имеются еще много других. Но в их основе лежат те же самые параметры, а отличаются эти формулы только коэффициентами. Другими словами, остальные формулы получены в результате обработки своего ряда наблюдений.

2. Физико-географическое и климатическое описание города Когалым.

Город Когалым находится в северо-восточной части Ханты-Мансийского автономного округа, граничит с Сургутским и Нижневартовским районами и находится на расстоянии около 960 км от города Тюмени, 470 км от города Ханты-Мансийска, 182 км от города Сургута, 287 км от города Нижневартовска.

2.1. Характеристика климата города Когалым.

Климат Когалыма резко континентальный и суровый. В зимнее время существенную роль в циркуляционных и погодных условиях играет Сибирский (Азиатский) антициклон, возникающий над сильно выхоленной обширной территорией Азии. Область повышенного давления распространяется на южную часть Западной Сибири, циклоны при этом чаще всего смещаются по более северным районам. Резкие изменения в погоде связаны с перемещением циклонов, созревающих летом на полярном фронте, а зимой - на арктическом. В любой сезон года вероятны резкие колебания температуры не только от месяца к месяцу, но и от суток к суткам.

Межсуточная изменчивость давления достигает 6 – 7 гПа, а в отдельных случаях до 26 – 30 гПа, межсуточные колебания температуры воздуха могут достигать 15°C – 20°C и зимой и летом.

С октября по апрель подмечается суровая продолжительная зима с сильными ветрами и метелями, весенние возвраты холодов происходят часто. С начала июня до середины сентября устанавливается короткий безморозный период, однако практически без заморозков обходится только июнь - август месяцы, потому лето довольно короткое, но теплое. В формировании климата важнейшую роль играют: преобладающий перенос воздушных масс с запада; расположение Уральских гор на западе; открытость территории с севера и юга, обеспечивающее свободное проникновение арктического холодного воздуха с севера и тропического и умеренного воздуха с юга.

Свободный воздухообмен при меридиональной циркуляции атмосферы вызывает резкие изменения погоды и колебания температур. Так проникновение тропического воздуха с южными циклонами может привести к кратковременным значительным повышениям температуры воздуха (летом до +35°, зимой - оттепели). Устойчивый переход температуры воздуха через 0° в сторону положительных температур (метеорологическое начало весны) отмечается в среднем 20-30 апреля. Через плюс 10° (метеорологическое наступление лета) устойчиво температура воздуха переходит в среднем 27 мая - 14 июня. Устойчивый переход температуры через 0° в сторону отрицательных температур (начало зимы у метеорологов) отмечается в среднем 7-14 октября. Осень начинается обычно с 1-10 сентября (температура воздуха устойчиво переходит через +10° в сторону понижения). В зимнее время доминирует антициклональный тип погоды, обусловленный влиянием отрога Сибирского максимума. Циклоны, в основном, проходят вдоль побережья Северного Ледовитого океана с вытянутыми на юг ложбинами. Фронты, перемещаясь с запада на восток, сопровождаются ухудшением погоды: снегопадами, метелями, пасмурным небом.

Весной синоптические процессы отличаются большой интенсивностью и скоростью перемещения, что обуславливает резкие смены погоды. Почти ежегодно в апреле-мае случаются прорывы южных циклонов, вызывающих резкое потепление и таяние снега, на смену которым обычно вторгается холодный арктический воздух.

Летние процессы проходят значительно медленнее зимних, циклоны не так глубоки и ветры не так сильны, как зимой и в переходный период. Циклоны, в основном, движутся с запада на восток. В конце июня и первую половину июля за счет влияния Азорского максимума нередко устанавливается ясная и теплая погода.

Осенью наблюдается активизация Исландского минимума, а к концу осени восстановление Сибирского максимума. Циклоническая деятельность вызывает затяжное ухудшение погоды, при этом часты метели, гололед, туманы, пасмурная погода.

2.2. Краткое физико-географическое и климатическое описание района аэродрома.

Аэродром Когалым расположен в 12 км южнее города Когалым. Географические координаты 62°11'24" С. Ш. и 74°32'05" В.Д.

Абсолютная высота аэродрома 67м. магнитное склонение + 19°.

Рельеф местности в районе аэродрома представляет собой заболоченную равнину, изрезанную речками, озерами, болотами.

Аэродром Когалым расположен в Саргатское низине Среднеобской низменности. Для этой территории характерна сильная заболоченность. Здесь очень много рек, речушек, озер. Реки в основном извилистые, скорость течения – около 6км в час. Самые крупные из них – Ингуягун, Ортьягун и Кирилл-Высьягун.

Рельеф равнинный, присутствует торфяно-песчаный грунт, сплошное залегание на небольшой глубине вечной мерзлоты обуславливает малый сток поверхностных вод, а низкие температуры их малую испаряемость. Все это является основанием сильной заболоченности и наличия бесчисленных озер.

В прямой близости от аэродрома, на расстоянии 1,5-5км к северу и югу протекают небольшие речки Кирилл-Высьягун и Старица. На востоке от ИВПП в 100м проходит железная дорога. В районе аэродрома, особенно на северо-востоке и севере от ИВПП находится ряд промышленных предприятий с множеством больших и малых котельных, что способствует в зимний период года при низких температурах появлению дополнительных ядер конденсации в приземном слое атмосферы.



Рисунок 1- Расположение аэропорта Когалым.

2.3. Режим облачности.

Определение количества облаков, т.е. степени покрытия неба облаками, производится визуально по десятибалльной шкале.

1. «Ясно или малооблачно» - 0-2 балла.
2. «Полуясное» -3-7 баллов.
3. «Пасмурно, облачно» – 8-10 баллов.

Годовой ход общей и нижней облачности в Когалыме практически однотипен: максимум повторяемости пасмурного неба приходится на декабрь, минимум- июль. Конец осени и первая половина зимы являются наиболее пасмурным временем года.

Количество и характер облачности изменяются в течении года в соответствии с сезонным ходом циркуляционных процессов. Весной и осенью суточный ход общей облачности более выражен, чем летом и зимой.

В теплое время года наибольшее количество нижней облачности наблюдается днем, а холодное- ночью. Минимальная облачность в течении почти всего года отмечается в утренние часы.

3. Исследование режима облачности нижнего яруса в районе аэропорта города Когалым.

При метеорологическом обслуживании авиации одним из важных и трудно-прогнозируемых элементов является высота облаков. Низкая облачность на аэродроме определяет условия взлета и посадки самолетов. В аэропорту Когалым измерение нижней границы облачности производится с помощью приборов ДВО-2. Наблюдения за ветром у поверхности земли производятся на ОПН и ВПН с помощью измерителей параметров ветра (ИПВ-01) (основных и резервных) с учетом рабочего курса посадки и взлета. Обеспечиваются дистанционные наблюдения, показания метеорологических датчиков, установленных в разных местах летного поля, заведены в систему АМИС-РФ, которая установлена на ОПН. Все приборы и центральное управление (ЦУ) АМИС-РФ имеет резерв. При переходе от наблюдений по основному прибору к наблюдениям по резервному, наблюдатели делают запись в журнале АВ-6 с указанием времени и причины перехода.

3.1. Описание исходного материала.

Для исследования низкой облачности сделаны выборки за период 2016-2019 гг. с облачностью, высота которой ниже 200 м, изучены скорость и направление ветра, а также температура воздуха в момент возникновения облачности с высотой нижней границы менее 200 м. Данные взяты из архива журнала погоды АВ-6 станции АМИС-РФ, которой оборудован основной пункт наблюдения на аэродроме Когалым.

Обработка данных велась за 4-летний период, отобрано 870 случаев с облачностью, высота нижней границы которой ниже 200 м, что в среднем в год составляет 218 случаев (табл.1) Результаты анализа занесены в таблицы. По данным таблиц построены графики.

3.2. Временная изменчивость облачности нижнего яруса с высотой нижней границы менее 200 м

Для анализа изменения числа случаев низкой облачности с высотой нижней границы менее 200 м составлена таблица 1, по данным которой построены графики, представленные на рисунке 1 и рисунке 2.

Таблица 1-Годовой ход числа случаев облачности нижнего яруса с ВНГО менее 200 м за период 2016-2019гг.

Годы	Число случаев облачности нижнего яруса с ВНГ менее 200 м по месяцам												Число случаев
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
2016	26	10	0	22	6	3	1	5	25	22	10	43	173
2017	14	14	3	17	11	0	2	32	26	49	39	39	246
2018	12	37	9	6	9	4	1	11	12	49	17	32	199
2019	56	23	23	8	11	8	1	13	24	25	21	39	252
Среднее	27	21	9	13	9	4	1	15	22	36	22	38	218

Как видно из графика (рис.1), низкая облачность наблюдается почти в течении всего года и имеет выраженный годовой ход. Максимум числа случаев наблюдается в холодный период с октября по февраль. минимум в теплый период –с марта по сентябрь.

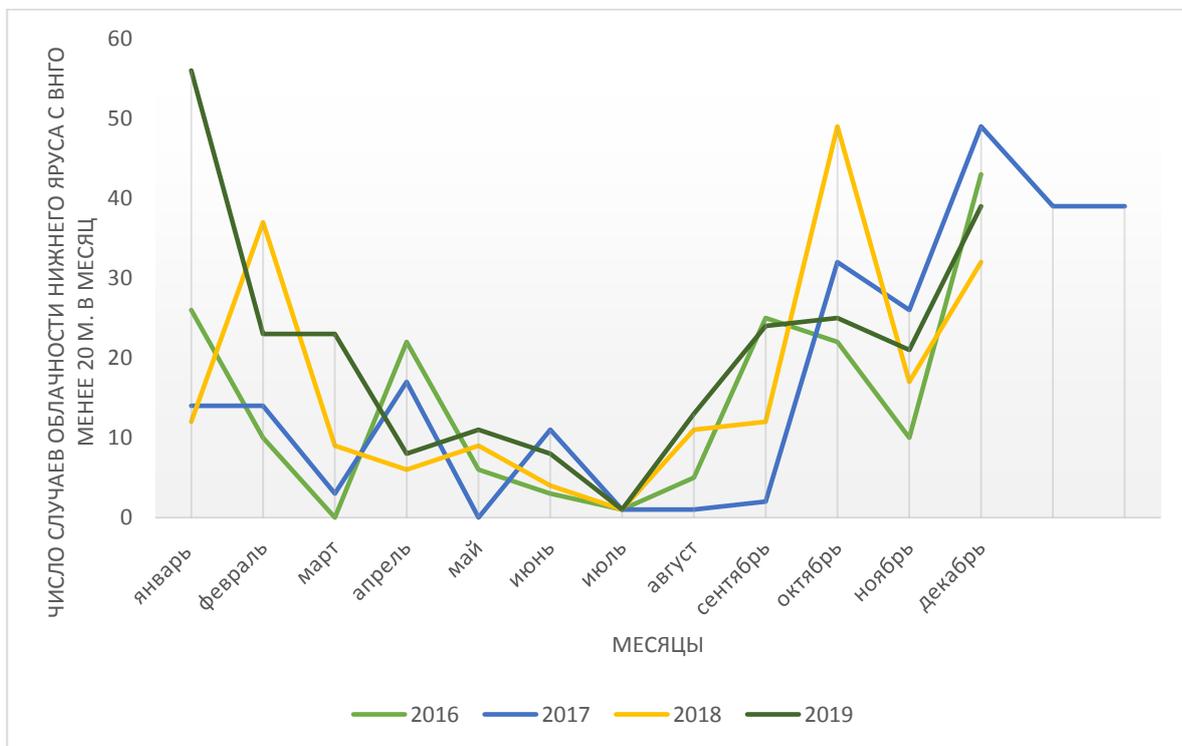


Рисунок 1- Годовой ход числа случаев облачности нижнего яруса с ВНГО менее 200 м по месяцам за период 2016-2019гг.

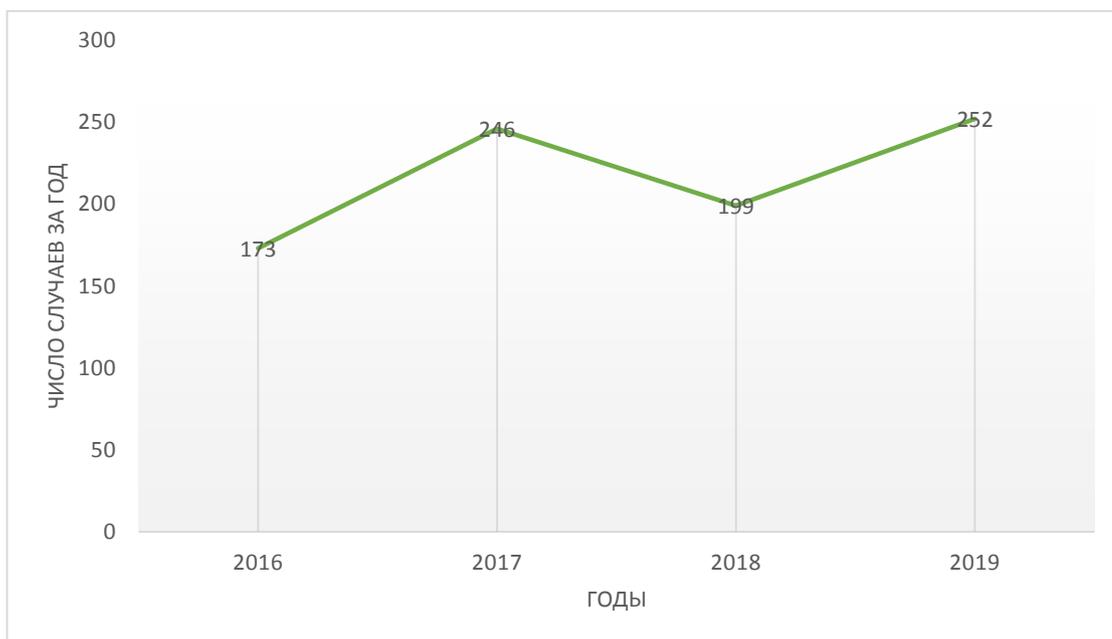


Рисунок 2- Изменение годового числа случаев облачности нижнего яруса с ВНГО менее 200 м за период 2016-2019 гг.

Рассмотри распределение низкой облачности для каждого месяца. В январе наибольшее число случаев низкой облачности наблюдается в 2019 г., наименьшее – 2018г. В феврале наибольшее число случаев в 2018, а

наименьшее- в 2016 г. Для марта максимум в 2019 г, минимум в 2016 г. В апреле наибольшее число случаев наблюдалось в 2016 г, наименьшее- в 2018. В мае максимум отмечен в 2017 и 2019 гг., наименьшее в 2016 г. В июне максимум был в 2019 г., минимум в 2017 г. Для июля максимум был в 2017 году, минимум держался в 2016, 2018 и в 2019 гг. В августе наибольшее число случаев в 2017 г., а наименьшее- в 2016 г. Для сентябре максимум в 2017 г, минимум в 2018 г. Для октября максимум был в 2017 году, минимум держался в 2018 г. В ноябре наибольшее число случаев низкой облачности наблюдается в 2017 г., наименьшее – 2016г. А в декабре максимум был в 2016 г, минимум в 2018 г.

По графику представленному на рис. 2, видно, что наименьшее число случаев низкой облачности зафиксировано в 2016 году -173 случая, наибольшее в 2019- 252 случая. За исследуемый период с 2016 по 2019 гг. наблюдается непостоянство числа случаев облачности нижнего яруса с ВНГ менее 200 м.

3.3. Зависимость повторяемости низкой облачности от направления ветра.

Чтобы отследить зависимость образования облачности с ВНГ менее 200м от направления ветра, были обработаны архивные материалы, сделаны необходимые выборки, рассчитано количество случаев низкой облачности в зависимости от каждого направления ветра. В таблицы А.1-А.4, представленные в приложении А, занесены выборки, отражающие число случаев облачности нижнего яруса с высотой нижней границы менее 200 м в зависимости от направления ветра для каждого года исследуемого периода. Согласно эти таблицам построены гистограммы годового хода числа случаев низкой облачности.

Для 2016 года гистограмма представлена в рисунке 3, по которому можно сделать вывод, что наибольшее число случаев возникновения низкой облачности в холодный период, т.е. в декабре наблюдается при юго-

западном ветре. В теплый период года в большинстве случаев низкую облачность приносит северо-западный ветер.

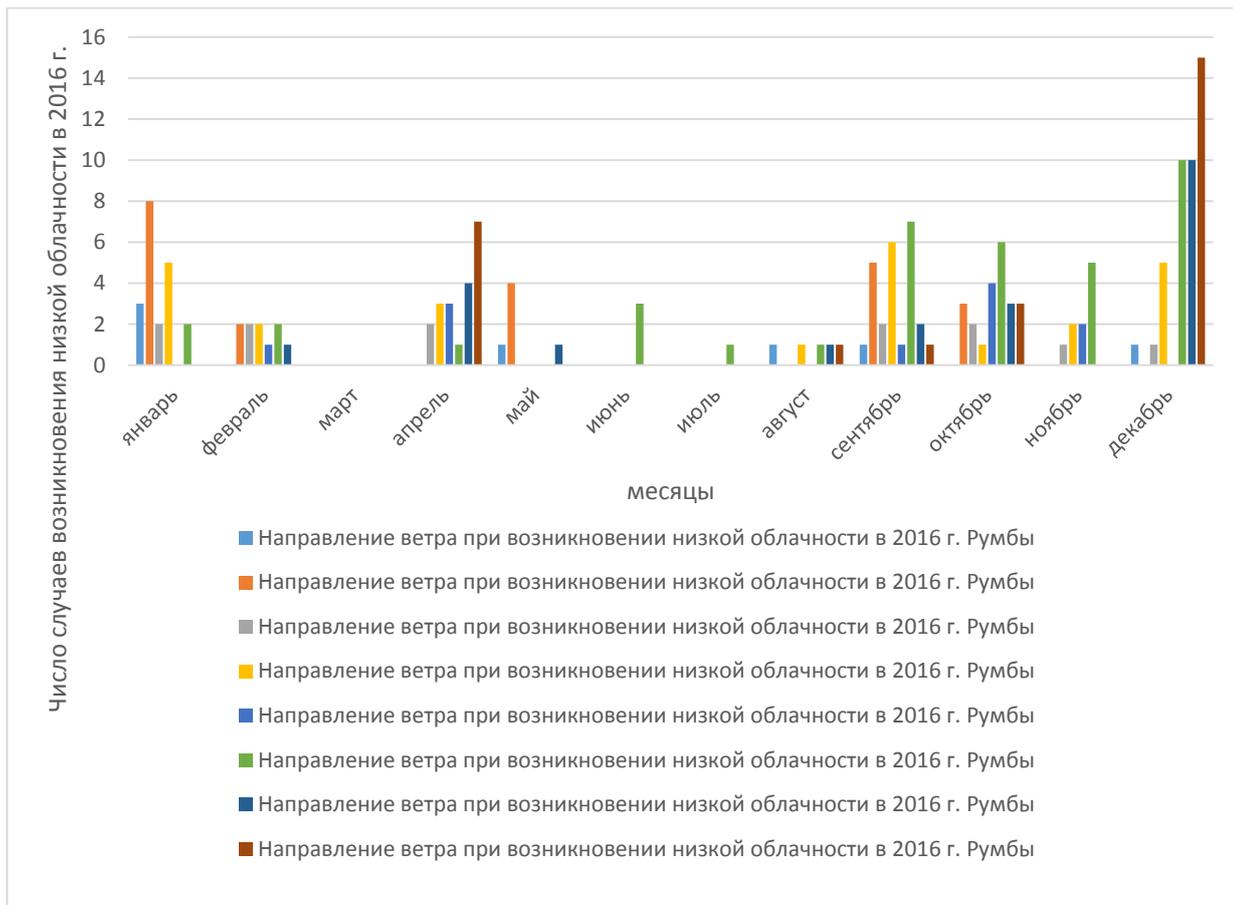


Рисунок 3 - Годовой ход числа случаев возникновения облачности с ВНГ менее 200 м в зависимости от направления ветра в 2016 г.

На рисунке 4 показан годовой ход числа случаев возникновения низких облаков в 2017 г. В холодный период, когда наблюдался максимум преобладали юго-восточные ветра, а в теплый – северо-восточные.

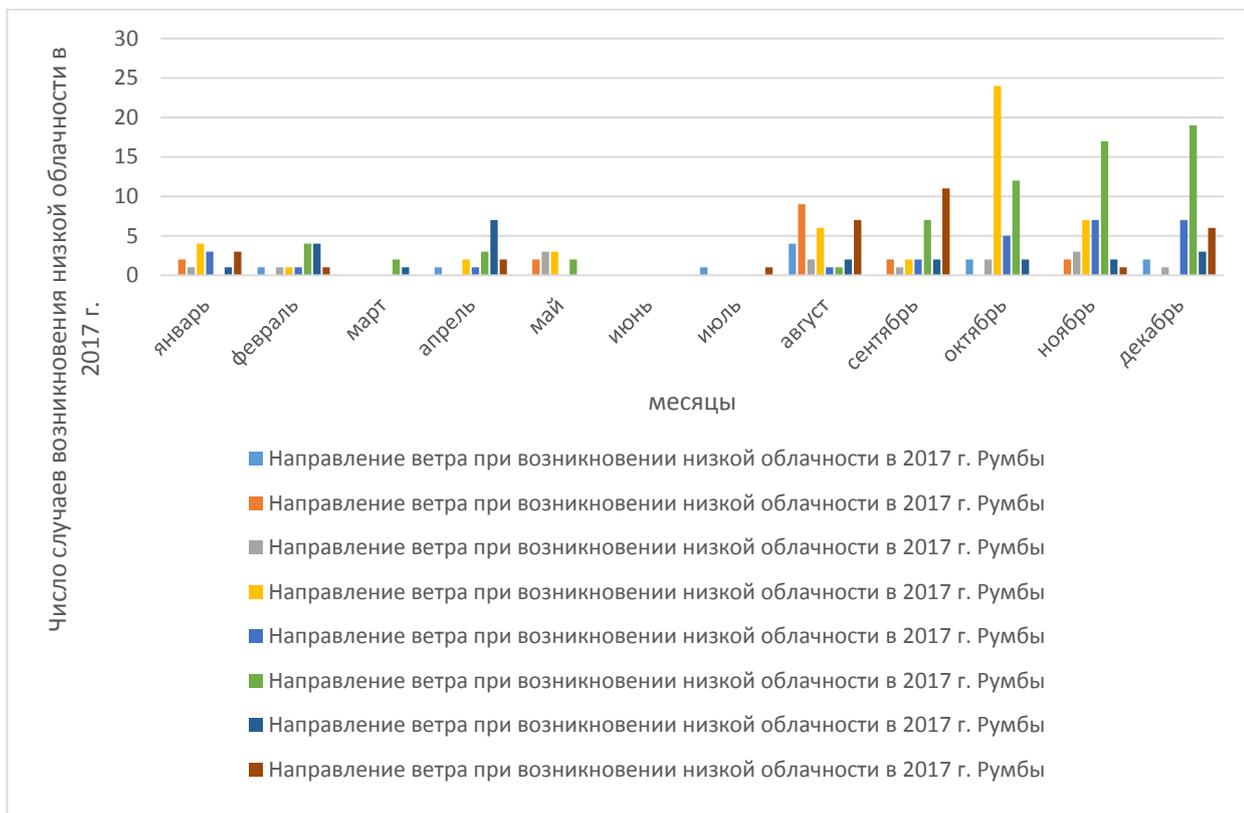


Рисунок 4 - Годовой ход числа случаев возникновения облачности с ВНГ менее 200 м в зависимости от направления ветра в 2017 г.

2018 г представлен на рисунке 5, на котором видно, что наибольшее число случаев возникновения низкой облачности в холодный период, т.е. в феврале наблюдается при юго-западном ветре. В теплый период года в большинстве случаев низкую облачность приносит юго-восточный ветер.

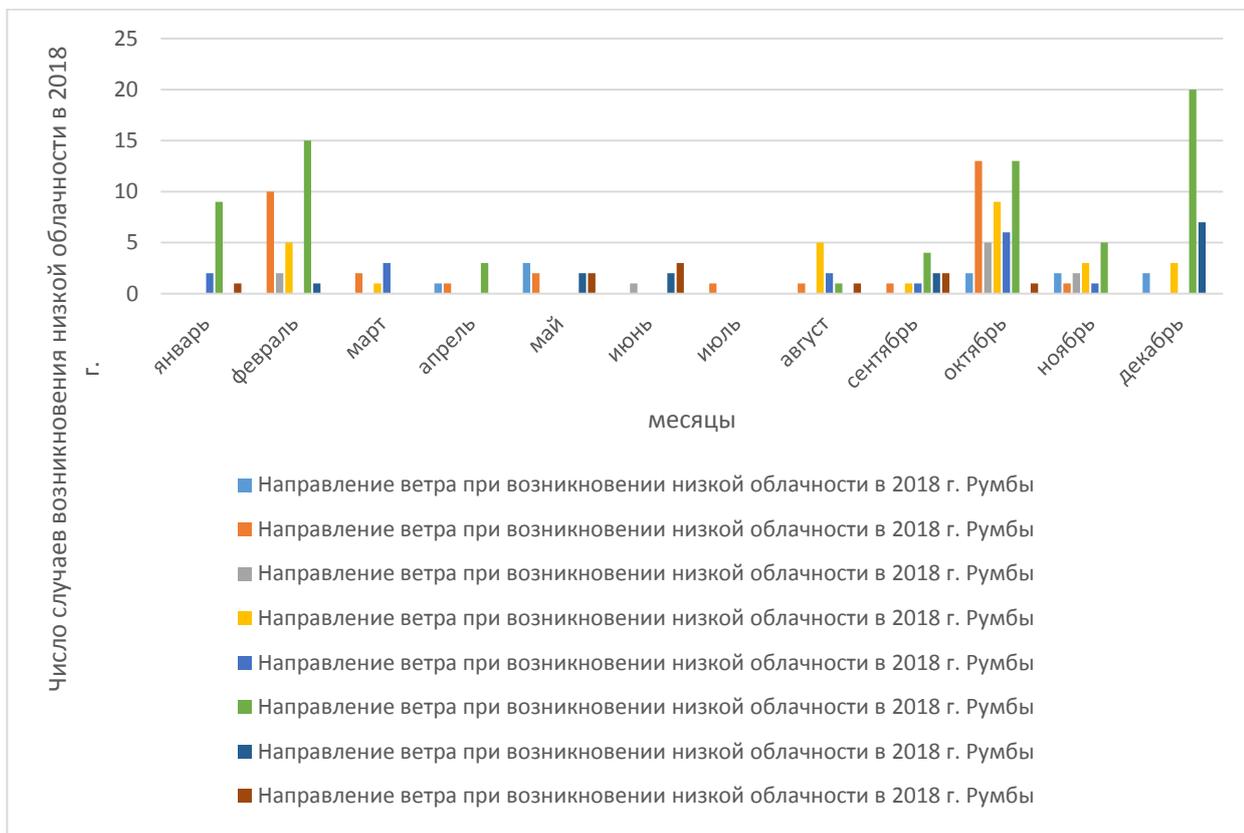


Рисунок 5- Годовой ход числа случаев возникновения облачности с ВНГ менее 200 м в зависимости от направления ветра в 2018 г.

Рисунок 6 показывает годовой ход числа случаев возникновения низких облаков в 2019 г. В холодный период, в январе, когда наблюдался максимум преобладали юго-западные ветра, а в теплый – северо-восточные.

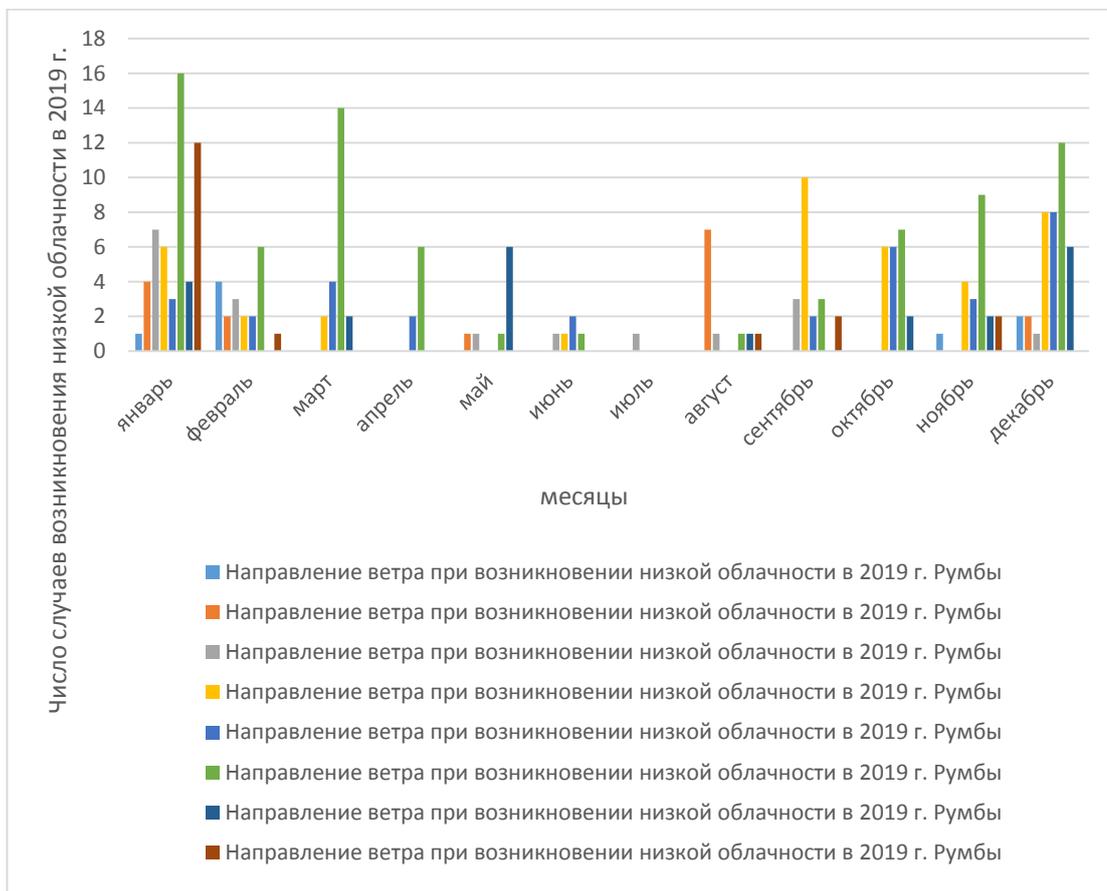


Рисунок 6- Годовой ход числа случаев возникновения облачности с ВНГ менее 200 м в зависимости от направления ветра в 2019 г.

Таблица 2. Распределение числа случаев возникновения низкой облачности с ВНГ менее 200 м за период 2016-2019гг. в зависимости от направления ветра.

Годы	Число случаев облачности нижнего яруса с ВНГ менее 200 м по месяцам в зависимости от направления ветра, румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
2016	15	23	7	25	9	38	21	25
2017	12	17	14	50	24	63	25	30
2018	7	36	8	28	13	50	24	13

2019	22	18	20	38	34	52	23	19
Среднее	14	24	12	35	20	51	23	22

С помощью таблицы 2 построим гистограмму, анализируя которую определим при каком направлении ветра в румбах, наблюдается наибольшее и наименьшее число случаев низкой облачности по годам.

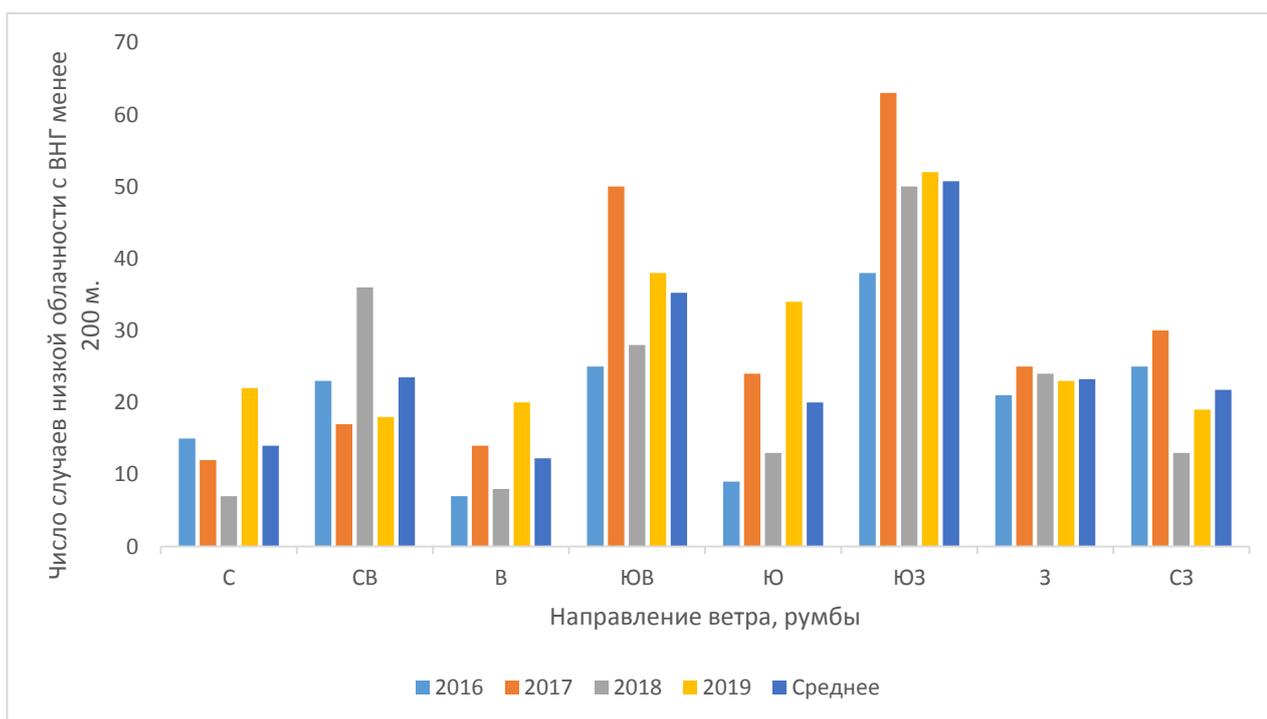


Рисунок 7- Направление ветра при возникновении облачности нижнего яруса с ВНГ менее 200 м за период 2016-2019 гг. наибольшее число случаев.

В период 2016-2019 гг. наибольшее число случаев облачности в ВНГ менее 200 метров наблюдалось при ветрах юго-западного направления. Наименьшее число случаев наблюдается при северном и восточных ветрах.

Рассматривая средние за исследуемый период значения числа случаев облачности нижнего яруса в ВНГ менее 200 м видно, что преобладающим при возникновении низкой облачности являются ветры юго-восточного направления. Одной из причин образования низкой облачности при данном

направлении ветра можно назвать близлежащий приток реки Старицы на расстоянии 1,5км к югу, так же имеется много болотистых территорий, поэтому тут происходит дополнительное увлажнение приземного слоя воздуха, что является немаловажной причиной образования низкой облачности.

3.4. Зависимость повторяемости низкой облачности от скорости ветра.

Для определения повторяемости низкой облачности с ВНГ менее 200 м в зависимости от скорости ветра из архива журналов погоды АВ-6 сделаны выборки. Для каждого случая выписаны скорости ветра в момент возникновения низкой облачности. Все данные занесены в таблицы, отраженные в приложении Б, в которых посчитаны все случаи по месяцам каждого года периода 2016-2019 гг. По данным таблиц построены гистограммы, представленные на рисунках 8-11.

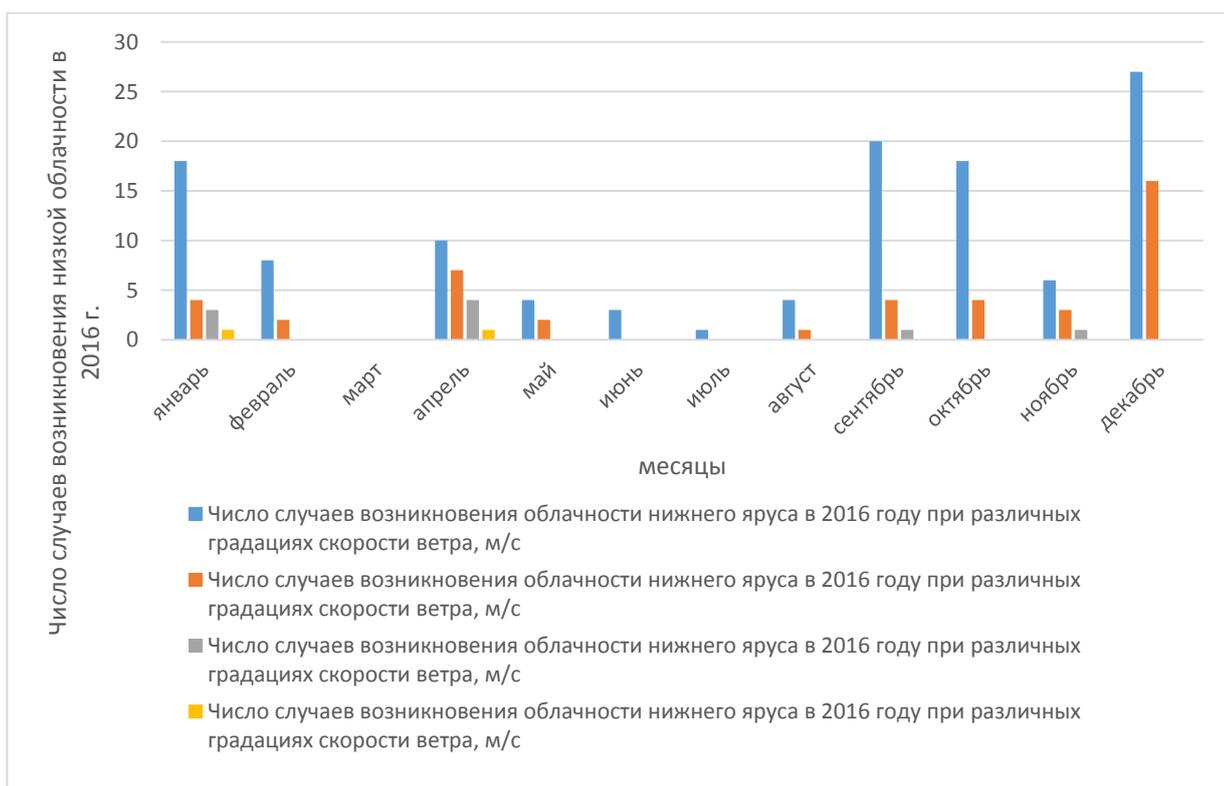


Рисунок 8 - Годовой ход числа случаев низкой облачности в зависимости от скорости ветра в 2016 г.

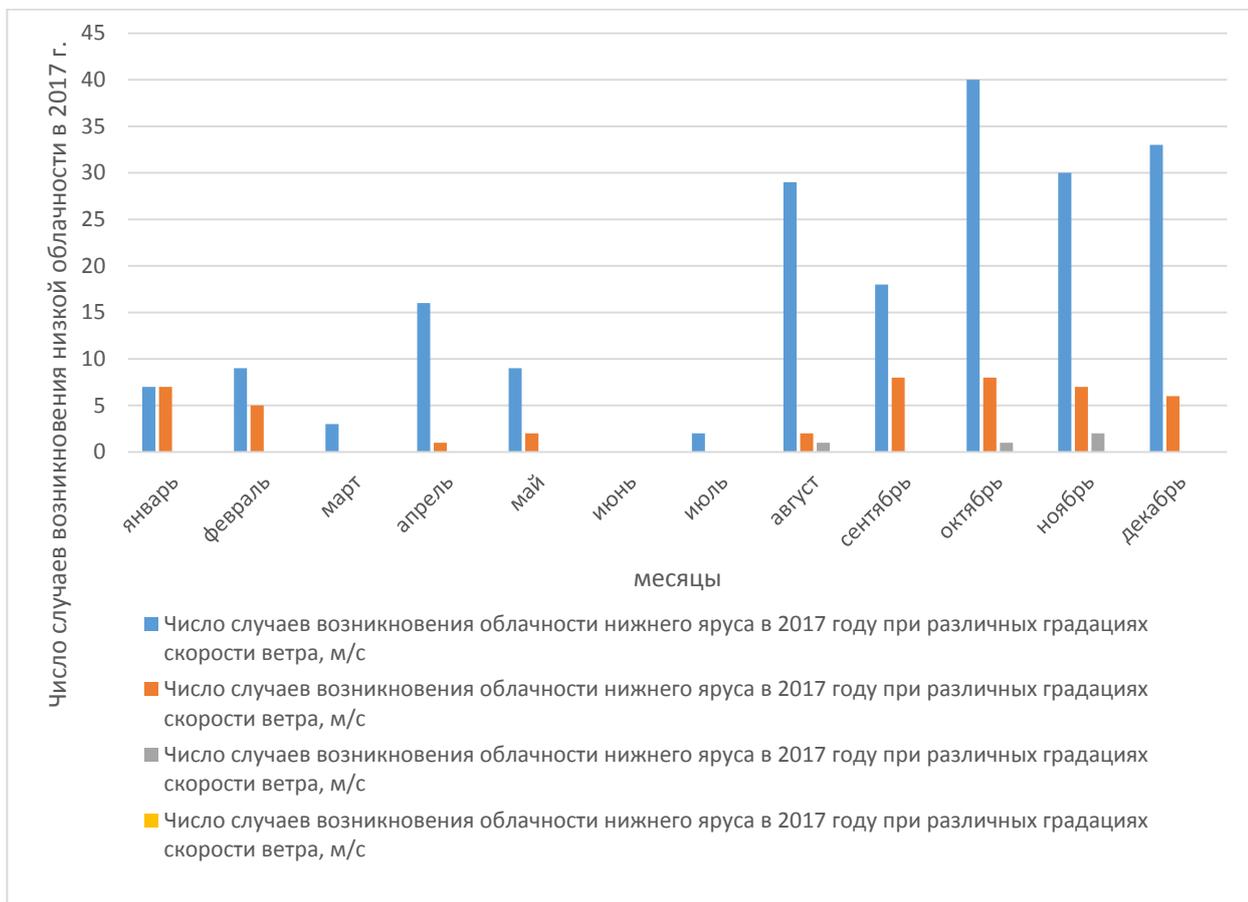


Рисунок 9 - Годовой ход числа случаев низкой облачности в зависимости от скорости ветра в 2017 г.

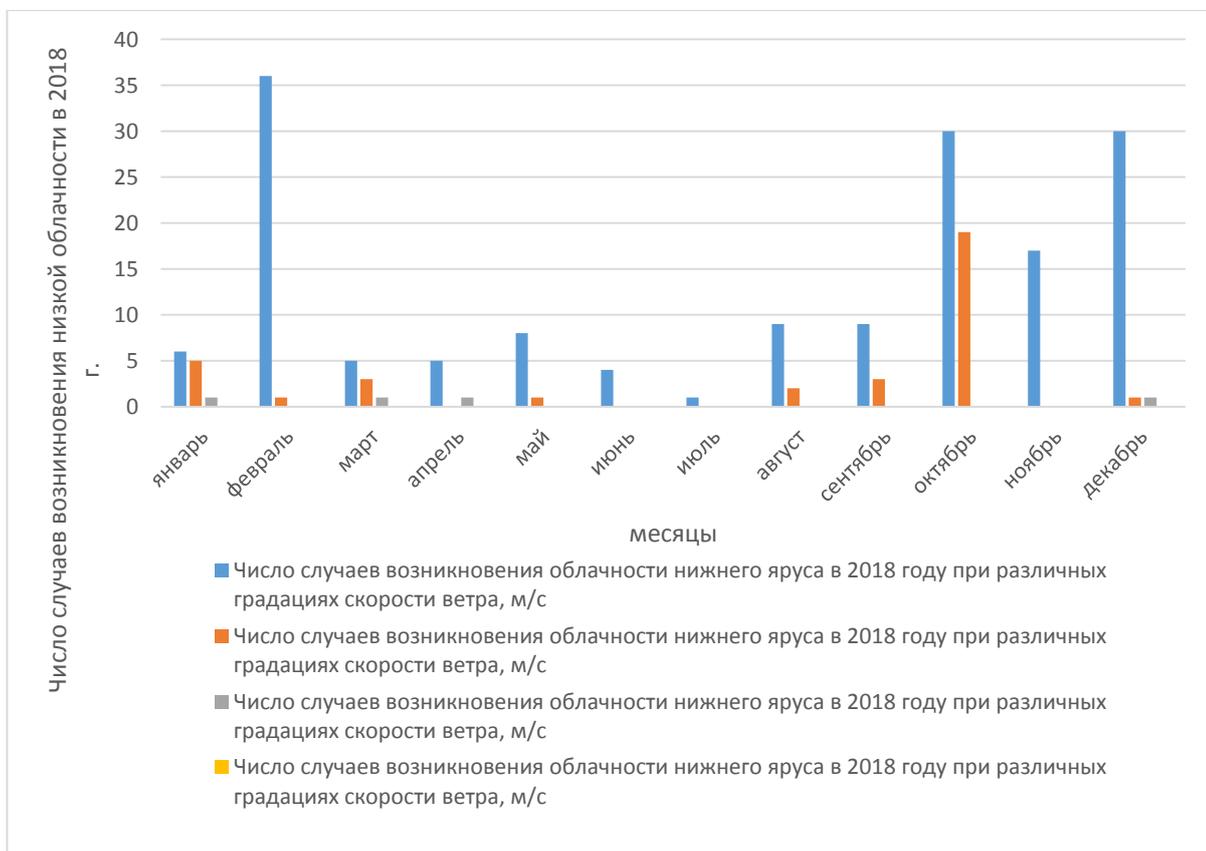


Рисунок 10 - Годовой ход числа случаев низкой облачности в зависимости от скорости ветра в 2018 г.

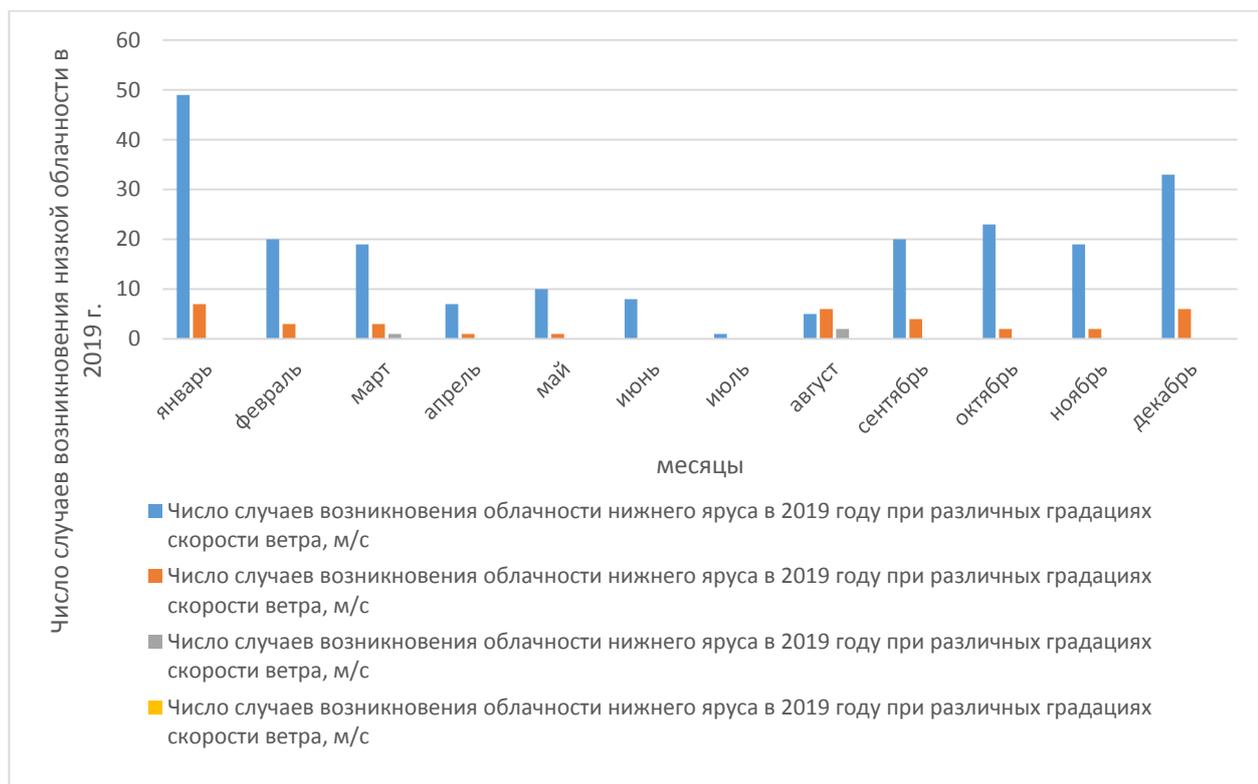


Рисунок 11 - Годовой ход числа случаев низкой облачности в зависимости от скорости ветра в 2019 г.

Анализируя графики (рис. 11-14) видно, что для каждого года исследуемого периода 2016-2019 гг. наибольшее число случаев с низкой облачностью наблюдается при скорости ветра 0-5 м/с, причем максимум отмечается в холодный период года. При скорости 6-10 м/с образование облачности зафиксировано во все периоды года.

Повторяемость низкой облачности при скорости 11-15 м/с очень мала. За рассматриваемый период отмечены лишь единичные случаи в январе, апреле, сентябре и ноябре 2016 года, октябре и ноябре 2017 года, марте и апреле 2018 года, в марте 2019 года. При скорости ветра более 15 м/с за 2016-2019 годы отмечено лишь дважды в 2016 году.

3.5. Зависимость возникновения низкой облачности от температуры воздуха.

Для определения зависимости появления низкой облачности от температуры, т.е. стоит ли ожидать понижение облачности ниже 200 м при различных градациях температуры воздуха, на примере 2016 года составлена таблица В.1, представленная в приложении В. В ней находятся данные количества случаев низкой облачности, возникающей при определенной температуре воздуха. Рассмотрено десять градаций температур. По результатам таблицы построена гистограмма, отраженная на рисунке 15.

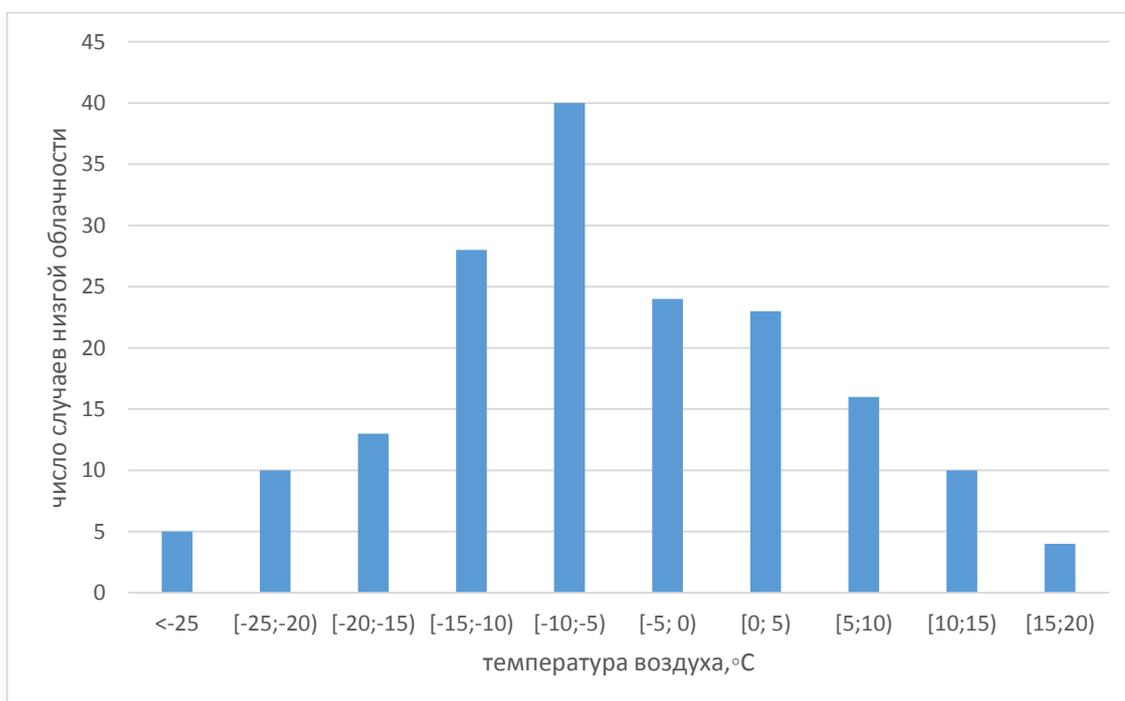


Рисунок 12 - Число случаев облачности нижнего яруса с ВНГ менее 200 м в зависимости от температуры.

Изучив полученные данные видно, что для образования низкой облачности с ВНГ менее 200 м наиболее благоприятны условия наблюдаются в интервале температур от -15 до 5 °C. Наибольшее число случаев повторяемости низкой облачности отмечено при температурах воздуха около -10 °C. Чаще всего такая температура наблюдается в осенний период года. Минимум повторяемости приходится на интервалы более холодных и более

теплых температур воздуха < -25 °С, от -25 до 20 °С и от 15 до 20 °С, для таких температур воздуха появление низких облаков редкое явление.

Заключение

Исследования условий возникновения и эволюции облачности нижнего яруса является основой в метеорологии, прогнозировании, значимо для авиации, ведь низкая облачность затрудняет, а иногда делает невозможным полет воздушного судна, в строительстве высотных зданий и сооружений.

В работе изучены климатические характеристики региона, расположения относительно низин, болот, и рек. Выполнен анализ влияния рельефа на режим формирования облачности в районе аэропорта Когалыма. Для этого были использованы данные низкой облачности, температуры, направления ветра и его скорости, взятые из архива журнала погоды АВ-6. метеорологической станции, расположенной на аэродроме, рассмотрено 870 случаев возникновения низкой облачности.

Исследования показали, что большое влияние на формирование низкой облачности оказывают орографические особенности расположения аэродрома.

На основании полученных результатов по выявлению условий формирования облачности нижнего яруса с высотой нижней границы менее 200 м в районе аэродрома Когалым можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее число случаев облачности нижнего яруса зафиксировано в январе 2019 года. наименьшее в марте 2016 года и в июне 2017 года. Минимальные значения наблюдались в 2016 году – 173 случая, а максимальные в 2019 году-252 случая. С 2016 по 2019 год прослеживается неравномерное количество случаев облачности нижнего яруса.

2. Практически для всего рассматриваемого периода 2016-2019 гг. наибольшее число случаев низкой облачности в холодный период характерно с юго-западным ветром, а для теплого периода каждый год меняется направление преобладающего ветра.

3. Зависимость возникновения низкой облачности от скорости ветра для каждого года исследуемого периода 2016-2019 гг. наблюдается при

скорости ветра 0-5 м/с, причем максимум отмечается в холодный период года.

4. Для образования низкой облачности с ВНГ менее 200 м наиболее благоприятны условия в интервале температур от -15 до 5 °С. Минимум повторяемости приходится на интервалы более холодных и более теплых температур воздуха <-25 °С, от -25 до -20 °С и от 15 до 20 °С

Список используемой литературы и источников.

1. Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова; Д. П. Беспалов и др. ; ред.: Л. К. Сурыгина. – СанктПетербург : Д'АРТ, 2011г. – 248 с.
2. Физическая метеорология / Учебник. Семениченко Б.А. – Аспект Пресс, Москва, 2002г., 227с.
3. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 8-е издание.- Москва: Издательство Московского университета, 2012. - 584 с.
4. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Издание второе, переработанное дополненное. Гидрометеиздат, Ленинград 1984г., - 751с
5. Винниченко Н.К., Пинус Н.З., Шметер С.М., Шур Г.Н. Турбулентность в свободной атмосфере. Издание второе, переработанное и дополненное Гидрометиздат - Ленинград-1976г.
6. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. - СПб, РГГМУ, 2009г
7. Баранов А.М. , Солонин С.В. Авиационная метеорология Л. Гидрометеиздат, 1981г
8. Зверев А.С. Синоптическая метеорология; - Москва, 2012. - 711 с
9. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М. : Аспект Пресс, 2002. 414 с.

Приложение А

Таблица А1. Повторяемость облачности нижнего яруса в зависимости от направления ветра в 2016 году

Месяцы	Направление ветра при возникновении низкой облачности в 2016 г. Румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	3	8	2	5	0	2	0	0
февраль	0	2	2	2	1	2	1	0
март	0	0	0	0	0	0	0	0
апрель	0	0	2	3	3	1	4	7
май	1	4	0	0	0	0	1	0
июнь	0	0	0	0	0	3	0	0
июль	0	0	0	0	0	1	0	0
август	1	0	0	1	0	1	1	1
сентябрь	1	5	2	6	1	7	2	1
октябрь	0	3	2	1	4	6	3	3

ноябрь	0	0	1	2	2	5	0	0
декабрь	1	0	1	5	0	10	10	15
год	7	22	12	25	11	38	22	27

Таблица А2. Повторяемость облачности нижнего яруса в зависимости от направления ветра в 2017 году

Месяцы	Направление ветра при возникновении низкой облачности в 2017 г. Румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	0	2	1	4	3	0	1	3
февраль	1	0	1	1	1	4	4	1
март	0	0	0	0	0	2	1	0
апрель	1	0	0	2	1	3	7	2
май	0	2	3	3	0	2	0	0
июнь	0	0	0	0	0	0	0	0
июль	1	0	0	0	0	0	0	1
август	4	9	2	6	1	1	2	7
сентябрь	0	2	1	2	2	7	2	11
октябрь	2	0	2	24	5	12	2	0
ноябрь	0	2	3	7	7	17	2	1
декабрь	2	0	1	0	7	19	3	6
год	11	17	14	49	27	67	24	32

Таблица А3. Повторяемость облачности нижнего яруса в зависимости от направления ветра в 2018 году

Месяцы	Направление ветра при возникновении низкой облачности в 2018 г. Румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	0	0	0	0	2	9	0	1
февраль	0	10	2	5	0	15	1	0
март	0	2	0	1	3	0	0	0
апрель	1	1	0	0	0	3	0	0
май	3	2	0	0	0	0	2	2
июнь	0	0	1	0	0	0	2	3
июль	0	1	0	0	0	0	0	0
август	0	1	0	5	2	1	0	1
сентябрь	0	1	0	1	1	4	2	2
октябрь	2	13	5	9	6	13	0	1
ноябрь	2	1	2	3	1	5	0	0
декабрь	2	0	0	3	0	20	7	0
год	10	32	10	27	15	70	14	10

Таблица А4. Повторяемость облачности нижнего яруса в зависимости от направления ветра в 2019 году

Месяцы	Направление ветра при возникновении низкой облачности в 2019 г. Румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	1	4	7	6	3	16	4	12
февраль	4	2	3	2	2	6	0	1
март	0	0	0	2	4	14	2	0
апрель	0	0	0	0	2	6	0	0
май	0	1	1	0	0	1	6	0
июнь	0	0	1	1	2	1	0	0
июль	0	0	1	0	0	0	0	0
август	0	7	1	0	0	1	1	1
сентябрь	0	0	3	10	2	3	0	2

октябрь	0	0	0	6	6	7	2	0
ноябрь	1	0	0	4	3	9	2	2
декабрь	2	2	1	8	8	12	6	0
год	8	16	18	39	32	76	23	18

Приложение Б.

Таблица Б1. Число случаев возникновения облаков нижнего яруса в зависимости от скорости ветра в 2016 году.

Месяцы	Число случаев возникновения облачности нижнего яруса в 2016 году при различных градациях скорости ветра, м/с			
	0-5	6-10	11-15	≥15
январь	18	4	3	1
февраль	8	2	0	0
март	0	0	0	0
апрель	10	7	4	1
май	4	2	0	0
июнь	3	0	0	0
июль	1	0	0	0
август	4	1	0	0
сентябрь	20	4	1	0
октябрь	18	4	0	0
ноябрь	6	3	1	0
декабрь	27	16	0	0

Таблица Б2. Число случаев возникновения облаков нижнего яруса в зависимости от скорости ветра в 2017 году.

Месяцы	Число случаев возникновения облачности нижнего яруса в 2017 году при различных градациях скорости ветра, м/с			
	0-5	6-10	11-15	≥15
январь	7	7	0	0
февраль	9	5	0	0
март	3	0	0	0
апрель	16	1	0	0
май	9	2	0	0

июнь	0	0	0	0
июль	2	0	0	0
август	29	2	1	0
сентябрь	18	8	0	0
октябрь	40	8	1	0
ноябрь	30	7	2	0
декабрь	33	6	0	0

Таблица Б3. Число случаев возникновения облаков нижнего яруса в зависимости от скорости ветра в 2018 году

Месяцы	Число случаев возникновения облачности нижнего яруса в 2018 году при различных градациях скорости ветра, м/с			
	0-5	6-10	11-15	≥15
январь	6	5	1	0
февраль	36	1	0	0
март	5	3	1	0
апрель	5	0	1	0
май	8	1	0	0
июнь	4	0	0	0
июль	1	0	0	0
август	9	2	0	0
сентябрь	9	3	0	0
октябрь	30	19	0	0
ноябрь	17	0	0	0
декабрь	30	1	1	0

Таблица Б4. Число случаев возникновения облаков нижнего яруса в зависимости от скорости ветра в 2019 году

Месяцы	Число случаев возникновения облачности нижнего яруса в 2019 году при различных градациях скорости ветра, м/с

	0-5	6-10	11-15	≥15
январь	49	7	0	0
февраль	20	3	0	0
март	19	3	1	0
апрель	7	1	0	0
май	10	1	0	0
июнь	8	0	0	0
июль	1	0	0	0
август	5	6	2	0
сентябрь	20	4	0	0
октябрь	23	2	0	0
ноябрь	19	2	0	0
декабрь	33	6	0	0

Приложение В

Таблица В1- Повторяемость ВНГО менее 200 м при различных температурах воздуха.

Год	Число случаев возникновения низкой облачности при различных градациях температуры воздуха, °С									
	<-25	[-25;-20)	[-20;-15)	[-15;-10)	[-10;-5)	[-5; 0)	[0; 5)	[5;10)	[10;15)	[15;20)
2016	5	10	13	28	40	24	23	16	10	4