



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Сложные метеорологические условия в Архангельской области»

Исполнитель Милаева Ксения Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Симакина Татьяна Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой 
(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«02» июня 2025г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

	стр.
Введение.....	3
1. Сложные для авиации метеорологические условия.....	5
1.1 Факторы, ухудшающие летно-метеорологические условия в районе аэродрома.....	5
2. Климатическое описание Архангельской области.....	16
2.1. Физико-географическая характеристика Архангельской области.....	16
2.2. Климатическая характеристика аэродрома Архангельск.....	20
3. Сложные метеорологические условия в районе аэродрома.....	24
3.1. Низкая облачность.....	24
3.2 Ограниченная видимость в районе аэродрома.....	28
3.3 Явления погоды, ухудшающие метеорологические условия в районе аэродрома.....	32
Заключение.....	39
Список литературы.....	41

Введение

Полеты в сложных метеорологических условиях стали повседневными в гражданской авиации. Вместе с тем некоторые метеорологические явления и условия представляют опасность для выполнения полетов.

Целью работы является анализ многолетнего режима сложных метеорологических условий погоды (СМУ) в районе аэродрома г. Архангельска.

Для анализа особенностей многолетнего режима СМУ необходимо выполнить следующие задачи:

- рассмотреть явления погоды и метеорологические условия, влияющие на безопасность полетов с точки зрения их влияния на полеты авиации;
- провести анализ климатических характеристик аэродрома Архангельск для обновления климатического описания аэродрома.
- провести оценку многолетнего режима особых условий в районе аэродрома Архангельск для составления климатической справки.

В качестве исходного материала при расчетах использовались архивы ежечасных метеорологических наблюдений за 2020-2024 год. Для аэродрома определялась повторяемость особых явлений погоды по месяцам, за год, а также в каждый срок наблюдения (для определения суточного хода).

В первой главе рассматриваются метеорологические и синоптические условия возникновения сложных метеорологических условий и их влияние на взлет и посадку самолетов.

Во второй главе выпускной квалификационной работы были составлены климатические характеристики аэродрома Архангельск, общая климатическая характеристика аэродрома. Были также подсчитаны даты наступления средних суточных температур воздуха выше и ниже

определенных пределов. Подсчитано число ясных и пасмурных дней по общей облачности. Подсчитывалось также самое раннее появление снежного покрова и его разрушение. Представлены многолетние данные повторяемости различных опасных явлений погоды (годовая и ежемесячная). Повторяемость туманов, х метелей (по месяцам и годам), гроз и продолжительность явлений. И был сделан вывод, что аэродром Архангельск характеризуется большим количеством случаев низкой облачности и сложными условиями погоды для полетов самолетов в основном связанными с ухудшенной видимостью и наличием опасных явлений. Наиболее сложные условия погоды на аэродроме создаются из-за плохой видимости в туманах.

В третьей главе диплома определялось (с помощью архива ежечасных метеорологических наблюдений за 2020-2024 года) повторяемость (в часах и %) особых явлений погоды по месяцам и годам, а также в каждый срок наблюдения (для определения суточного хода). Определяли режим сложных метеорологических условий и были составлены графики годового хода повторяемости СМУ.

1. Сложные для авиации метеорологические условия.

1.1 Факторы, ухудшающие летно-метеорологические условия в районе аэродрома.

Во всех руководящих документах по организации и обеспечению полетов авиации указывают, что главной задачей аэронавигационной службы является обеспечение безопасности полетов, а главной задачей метеорологической службы является обеспечение всех заинтересованных потребителей необходимой гидрометеорологической информацией. В этих документах говорится, что все полеты, зависящие от метеорологических условий, можно разделить на полеты в простых и сложных метеорологических условиях. В Федеральных авиационных правилах (ФАП) такие полеты называются полетами по правилам визуальных полетов и по правилам приборных полетов. Визуальные полеты выполняются при хорошей видимости и отсутствии низкой облачности, которая может помешать принять верное решение на посадку. Полеты по приборам выполняются в таких метеорологических условиях, когда видимость или облачность не позволяют это сделать безопасно, особенно такие этапы полета, как взлет и посадка воздушного судна.

1.1.1 Облачность

Сложными называют такие условия, когда полет проходит в облаках, над облаками или между слоями облаков при количестве облачности более 7 баллов. Такие условия сильно мешают пилотированию и самолетовождению.

Как известно, облака возникают в процессе конденсации и сублимации водяного пара в атмосфере и представляют собой взвешенные в воздухе капли воды или кристаллы льда. По типу облаков и степени их развития можно делать выводы о явлениях погоды, которые могут наблюдаться как внутри облака, так и рядом с ним. По форме и количеству облачности можно

определить устойчивость атмосферы и синоптические процессы, проходящие над аэродромом.

Влияние облаков на полеты авиации разнообразно и зависит от формы и высоты образования облаков, а так же от их микрофизической структуры.

Полеты в облаках верхнего яруса - перистых, перисто кучевых и перисто-слоистых практически одинаковы.



Рис.1.1 – Перистые облака

Эти облака состоят из ледяных кристаллов, и при длительном полете в них возникает электризация самолетов. Может наблюдаться небольшая болтанка. Видимость в облаках перистых форм в вертикальном направлении очень хорошая, а в горизонтальном составляет 500-2000 м.

Облака среднего яруса – высококучевые, высокослоистые и слоисто-дождевые, уже содержат большое количество переохлажденных капель воды и кристаллы льда. Условия полетов в таких облаках отличаются и не такие однообразные, как в облаках верхнего яруса. Толщина облачных слоев высококучевых облаков (Ac) достигает 300м, они образуются при волновых движениях в атмосфере, при перемещении воздуха над горами или при трансформации других форм облаков. Видимость в высококучевых облаках

достигает всего 80-100 м, при полетах в них возникает слабая болтанка и обледенение.



Рис.1.2 –Высококучевые облака

Высокослоистые облака состоят из смеси переохлажденных капель воды и ледяных кристалликов. Из них могут выпадать осадки, что придает нижней границе облаков размытый вид. Протяженность высокослоистых (As) достигает нескольких сотен километров, а вертикальная толщина может быть несколько километров. Такие облака часто бывают составной частью облачных систем атмосферных фронтов. При полетах в них наблюдается обледенение в виде зернистого льда или изморози, а видимость находится в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Наиболее опасными среди облаков среднего яруса являются слоисто-дождевые облака (Ns). Они состоят в основном из переохлажденных капель воды в смеси со снежинками. Верхняя граница облаков может достигать 8 км, а нижняя граница может находиться ниже 2 км. Как правило, под Ns наблюдаются низкие разорванные облака, которые могут сливаться с

основной облачностью. Слоисто-дождевые облака возникают на атмосферных фронтах, преимущественно теплых, в результате подъема воздуха в зоне атмосферного фронта и входят в их облачную систему. Из таких облаков выпадают обложные осадки. Полеты в таких облаках сопровождаются сильным обледенением и электризацией. Видимость в таких облаках достигает нескольких метров.

Полеты в облаках нижнего яруса зависят от их формы. Слоистые облака состоят из капель, а в холодный период года – из переохлажденных капель воды. Вертикальная протяженность достигает нескольких сотен метров. Образуются такие облака в результате охлаждения воздуха от подстилающей поверхности и дополнительного охлаждения из-за турбулентности. Часто слоистые облака (St) наблюдаются в зонах теплых фронтов, фронтов окклюзии и в тыловых частях антициклонов. При полетах в таких облаках болтанка не наблюдается, а обледенение может возникать только в верхних частях облака. Слоисто-кучевые облака (Sc) по своей структуре схожи со слоистыми облаками, только возникают в результате в результате волновых движений, в слоях инверсии и над подветренными склонами. Часто такие облака возникают в результате трансформации кучевых или кучево-дождевых облаков. Толщина слоя составляет 500 - 1000м, иногда из облака выпадают слабые осадки. Полеты в таких облаках вызывают слабую или умеренную болтанку, а в холодный период может наблюдаться обледенение. Горизонтальная видимость достигает 100-300 м.

Наибольшую опасность представляют для авиации облака вертикального развития, особенно мощно-кучевые и (Cu²) кучево-дождевые (Cb). Это облака состоят из переохлажденных капель воды и ледяных кристаллов, которые постоянно перемешиваются из-за турбулентности. Кучевые облака развиваются в неустойчивой воздушной массе в теплый период года в результате конвекции, а мощно-кучевые и кучево-дождевые облака наблюдаются в облачных системах холодных фронтов, в теплое время они могут возникать и на теплых фронтах и фронтах окклюзии. Это самые

опасные для полетов облака. Видимость в них не превышает 50 м, в облаках наблюдается сильная болтанка, обледенение, электризация. В кучево-дождевых облаках, которые являются максимальной стадией развития кучевых облаков, возникают грозы, с градом, шквалистым ветром и градом. Высока опасность поражения самолета молнией. Выпадают ливневые осадки, перед кучево-дождевыми облаками возникает шкваловый вихрь – воздушный вихрь с горизонтальной осью и сильными нисходящими потоками воздуха. Преднамеренно залетать в такие облака категорически запрещено



Рис.1.3 – Кучево-дождевые облака

Очень важна для авиации высота нижней границы облачности. По ее величине определяют возможность взлета и посадки и выполнение на предельно малых высотах под облаками. Большинство летных происшествий происходит по вине низкой облачности и ограниченной видимости. В настоящее время современные аэродромы оснащены радиолокационными посадочными системами, которые могут достаточно точно вести самолет по глиссаде снижения к началу взлетно-посадочной полосы. Но командир воздушного судна должен визуально установить контакт с землей и началом

взлетно-посадочной полосы и принять решение о посадке самолета. Низкая облачность и ограниченная видимость снижает время на принятие решения и может повлиять на отказ совершения посадки и уход на запасной аэродром. Поэтому значения высоты нижней границы облачности и горизонтальной видимости указывают в минимумах аэродрома и если значения этих параметров в районе аэродрома меньше, то посадка на аэродрома запрещается.

1.1.2 Ограниченная видимость

К сложным метеорологическим условиям относятся условия ограниченной видимости. Видимость один из основных факторов, от которых зависит безопасный взлет и посадка на аэродроме. Как максимальное расстояние, на котором видны и распознаются наземные ориентиры на окружающем их фоне днем и ограничительные огни взлетно-посадочной полосы ночью, полетная видимость сильно зависит от состояния атмосферы и явлений погоды. Ухудшают видимость такие явления погоды, как интенсивные твердые и жидкие осадки, туманы и сильные дымки, метели, мгла, пыльные бури, различные дымы. Видимость напрямую зависит от прозрачности атмосферы и наличия в ней различных примесей. На маршрутах полетов особую опасность вызывают облака вулканического пепла, которые не только ухудшают видимость, но и могут вывести из строя двигатели самолета.

Осадки, которые могут ухудшать видимость при заходе на посадку и при полетах на малых и предельно малых высотах, подразделяются на ливневые, обложные и морозящие. Ливневые осадки непродолжительны, но капли или снежинки имеют большой размер и высокую скорость выпадения. Такие осадки, особенно ливневой снег, могут ухудшать видимость в районе аэродрома до значений в несколько сотен метров. Они выпадают из кучево-дождевых облаков и часто наблюдаются в зонах холодных атмосферных фронтов.

Обложные осадки ухудшают видимость до 2-4 километров. Выпадают в основном из слоисто-дождевых облаков в зонах теплого фронта, имеют большую, до нескольких сотен километров, протяженность и такие осадки достаточно продолжительны. При обложном снеге видимость может ухудшаться до 1000-2000м. При таких осадках нижняя граница облаков размывается и определить ее достаточно сложно. При сильном ветре могут возникать общие метели.

Видимость в морозящих осадках может ухудшаться до 2-4 км и менее, особенно если эти осадки выпадают из приподнятого тумана.



Рис. 1.4 –Ливневые осадки

Наибольший вклад в ухудшение видимости вносят туманы и сильные дымки. Туманом называют взвешенные у земли мельчайшие капли воды или ледяные кристаллы, ухудшающие видимость до значений 1000м и менее. если видимость более 1000м, то такое явление называется дымкой.

По значениям видимости в них туманы бывают слабыми (видимость 500-1000 м), умеренными (200-500м), сильными (50-200м) и очень сильными (видимость менее 50м). По высоте распространения туманы подразделяют на поземные или туманы в низинах, средние и высокие.

По условиям образования туманы бывают радиационными, адвективными, адвективно-радиационными и являются опасными для авиации явлениями погоды. Радиационные туманы возникают из-за радиационного выхолаживания подстилающей поверхности при слабом ветре и достаточным влагосодержании воздуха. Как правило, они возникают в теплый период года, в ясную погоду ночью, когда температура воздуха достигает минимальных значений и становится ниже температуры туманообразования. С появлением солнца такие туманы рассеиваются. Время существования радиационных туманов не превышает нескольких часов. Нередко туманы поднимаются и образуют разорвано-слоистую облачность. Интенсивность таких туманов достаточно сильная. Видимость в радиационных туманах с высотой улучшается, поэтому сквозь туман видны ограничительные огни ВПП.

Адвективные туманы возникают при охлаждении теплого и влажного воздуха, который перемещается на холодную подстилающую поверхность. Туман образуется у поверхности земли и постепенно поднимается вверх, иногда сливаясь со слоистой облачностью. Адвективные туманы не имеют суточного хода и могут возникать в любое время суток. Такие туманы образуются при сравнительно сильном ветре. Средняя скорость ветра при возникновении адвективного тумана 3-7 м/с, но может достигать и 15 м/с. Адвективные туманы занимают большие территории и могут держаться длительное время. Видимость в адвективных туманах ухудшается с высотой, в отличие от радиационных туманов, поэтому если экипаж в при посадке в адвективном тумане установил визуальный контакт с наземными ориентирами, то при дальнейшем снижении видимость будет улучшаться.

Иногда образование туманов происходит из-за совместного адвективного и радиационного охлаждения воздуха. Такие туманы называют адвективно-радиационными. Они образуются с наступлением ночи и медленно рассеиваются к середине следующего дня и имеют большую вертикальную и горизонтальную протяженность.

В гористой местности могут возникать туманы склонов, а у побережья больших водоемов могут появляться туманы испарения. Закрутие туманами вершин гор, сопок и других препятствий является опасным явлением погоды и полеты в таких условиях запрещены.

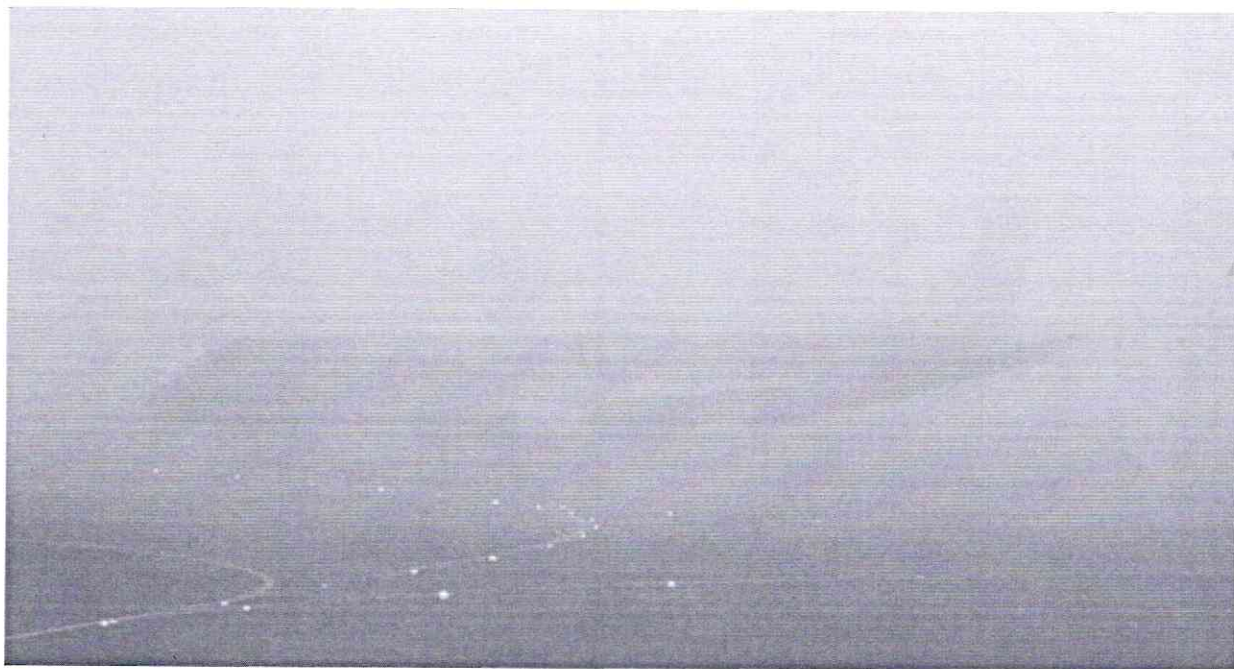


Рис. 1.5 – Туман в районе аэродрома.

Большую опасность для авиации представляют фронтальные туманы, которые возникают из-за охлаждения теплого воздуха и его увлажнения после испарения капель дождя и влаги с земной поверхности. Перед теплыми фронтами причиной образования туманов является адвективное охлаждение, а за холодными фронтами туман образуется из-за понижения температуры воздуха вследствие радиационного выхолаживания земной поверхности. Прогнозы фронтальных туманов, их продолжительности и интенсивности, еще не совсем совершенны, поэтому такие туманы представляют опасность для авиации.

Свой вклад в ухудшение видимости в районе аэродрома вносят метели и пыльные бури. Если метель это перенос снега сильным ветром, то пыльная буря представляет собой перенос сильным ветром песка и пыли вдоль земной поверхности. В нашем регионе пыльные бури практически не наблюдаются, поэтому рассмотрим подробнее метели.

Метели – перенос снега ветром, который приводит к резкому ухудшению видимости. По условиям образования метели могут быть низовые и общие. Общая метель представляет собой выпадение снега из облаков при сильном ветре. Кроме ухудшения видимости метели опасны еще тем, что обычно они наблюдаются при сильном ветре, что при посадке воздушного судна представляет опасность, если это боковой ветер. Следует также иметь в виду, что при метелях могут быть снежные заносы на аэродромах, что может затруднить работу авиации.

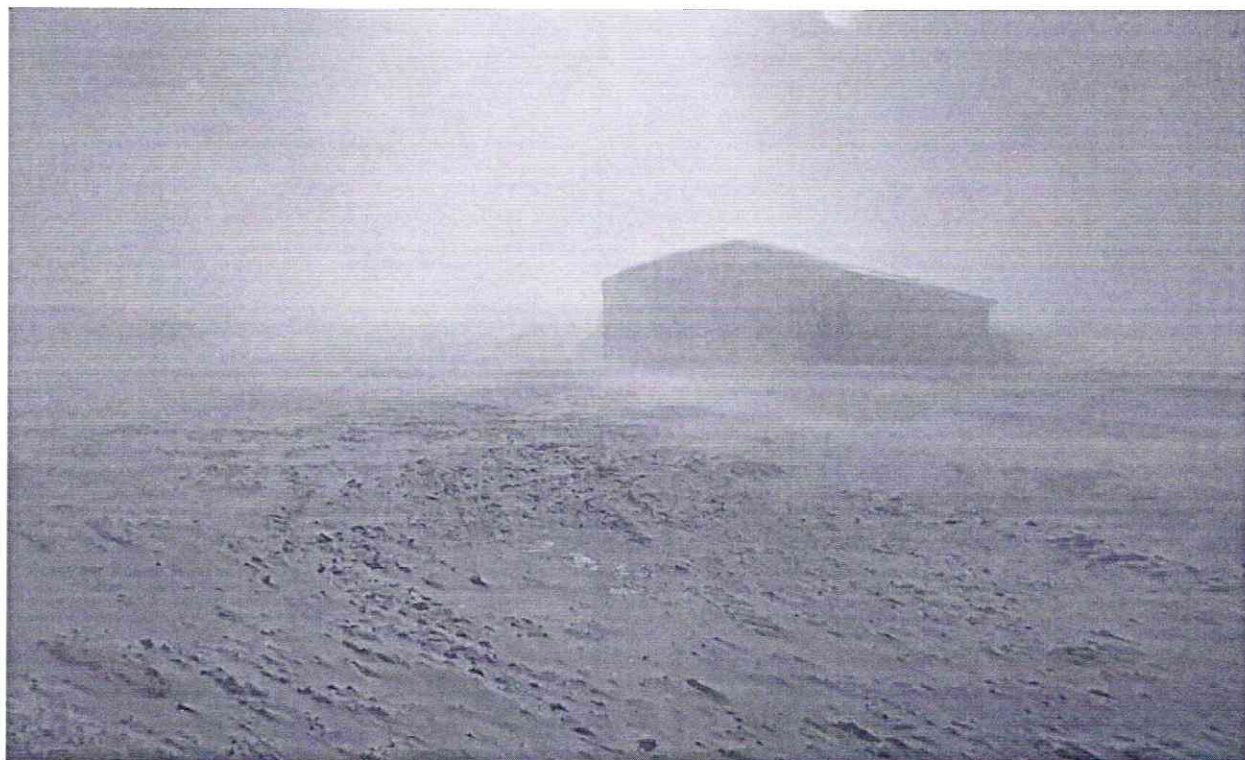


Рис.1.6 –Метель в районе аэродрома

Низовая метель представляет собой перенос ветром снега, поднятого с поверхности снежного покрова. Низовая метель наблюдается при сравнительно сильном ветре (более 7 м/с). Если снег не поднимается выше 1 м, то такое явление называется поземком.

Для повышения безопасности полетов и уменьшения неблагоприятного воздействия на полеты самолетов и вертолетов, при метеорологическом обеспечении полетов используют термин «минимум погоды», который ограничивает взлет и посадку самолетов на аэродроме при сложных

метеорологических условиях. Для обеспечения безопасности и регулярности полетов устанавливаются следующие минимумы: аэродрома, воздушного судна, командира воздушного судна и вида авиационных работ.

2. Климатическое описание Архангельской области

2.1 Физико-географическая характеристика Архангельской области

В северной части Северо-Европейской равнины расположена Архангельская область, которая омывается Карским, Баренцевым Белым и Печерскими морями. Территория области представляет собой всхолмленную равнину с Няндомской и Коношской возвышенностями в центральной части, на севере находятся возвышенности Канин Камень и Тиманский кряж, высота которого достигает 470 метров, к востоку от которого лежит обширная Печерская низменность, покрытая болотами, а часть ее занимает Малоземельская и Большеземельская тундра. На северо-востоке располагается хребет Паи-Хой, а на северо-западе находится горный кряж Ветряный Пояс.

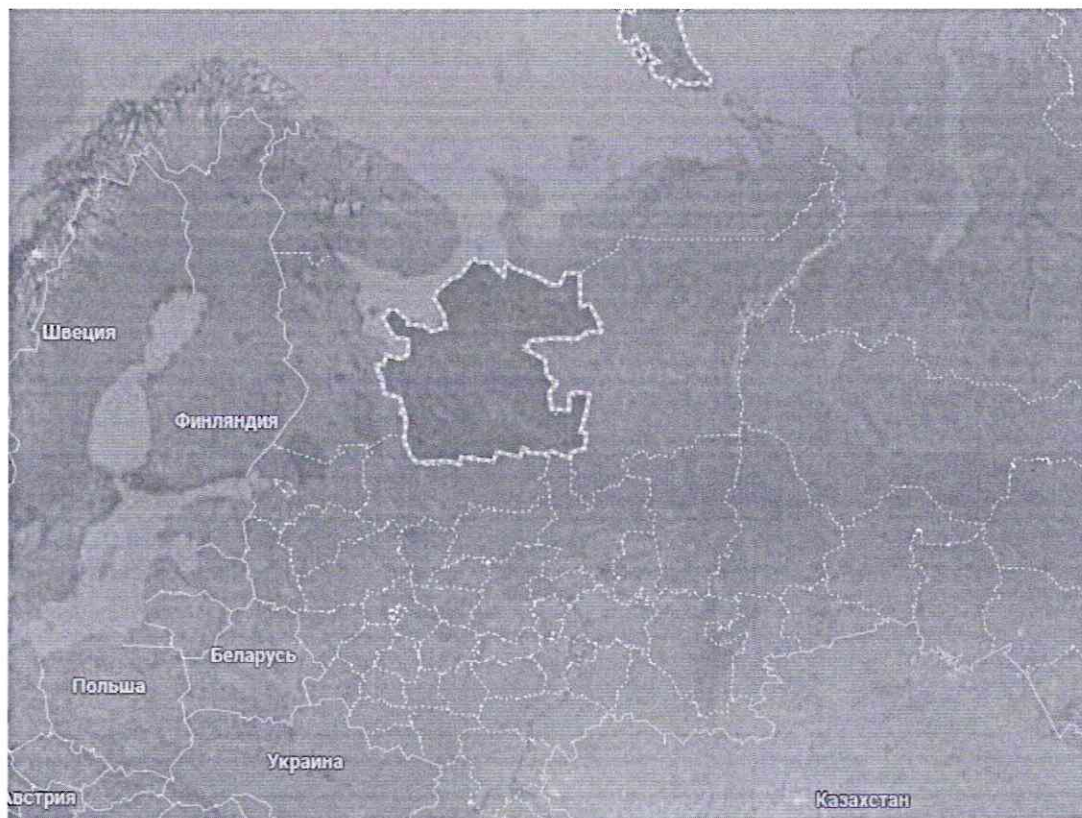


Рис. 2.1 – Архангельская область

В Архангельской области протекают крупные реки –Северная Двина, Кулой, Онега, а в междуречье располагаются карстовые формы рельефа.

Так как территория Архангельской области располагается с севера на юг в меридиональном направлении, то климат ее довольно разнообразный

Южная часть области находится под воздействием умеренно-континентального климата, а северная часть области попадает под воздействие субарктического морского климата. Чем дальше перемещаешься по области в южном направлении, тем более континентальным становится климат.

Почвы северной части области представляют собой породу вечной мерзлоты, далее к востоку начинается тундра, с болотами и мелкими водоемами, на которой растут мелкие кустарники, лишайники и мох. Дальше к югу начинается лесотундра, покрытая редколесьями и большими участками без растительности.

Леса занимают половину Архангельской области – это средняя и северная тайга, состоящая из елей, пихты, сосны и лиственницы. Почва в лесах болотистая.

В формировании климата Архангельской области можно выделить три основных фактора: радиационный, циркуляционный и фактор тепло- и влагообмена в атмосфере. К радиационному фактору относят радиационный баланс земной поверхности и атмосферы. Перемещение над рассматриваемой территорией больших масс континентального и морского воздуха представляет собой циркуляционный фактор. Под фактором теплового и влагообмена понимают вертикальный теплообмен и влагообмен в атмосфере и подстилающей поверхности и между ними.

Основную роль в формировании климата области играет радиационный процесс, С середины мая и до конца июля продолжительность дня больше, чем продолжительность ночи, наступает полярный день и в этот период наблюдается большой приток тепловой и солнечной энергии. Основная доля этой энергии расходуется на таяние снега, прогрев почвы, прогрев холодного

арктического воздуха, на испарение влаги, а часть энергии поглощается облаками.

В холодный период года, года наблюдается полярная ночь в северных районах области, а на юге солнце находится низко к горизонту и долгота дня не превышает 6 часов, приток энергии очень мал и часть его отражается от снега и тратится на излучение земной поверхности, которая сильно охлаждается.

Через территорию Архангельской области перемещается большое количество воздушных масс, которые часто сменяют друг друга. Эта особенность приводит к быстрому изменению погоды и неустойчивым метеорологическим условиям. Отсутствие высоких возвышенностей не создает препятствий в перемещении циклонов через территорию области, когда они перемещаются с северных направлений к восточным и южным районам. Это является причиной погоды с низкой облачностью, осадками и сильным ветром. В теплый период года активность циклонов ослабевает, а в холодный – усиливается. Циклоны, проходящие на северо-западе области редко доходят до юго-восточных частей.

Часто в тыл циклонов, траектории которых пересекают Архангельскую область, вторгается холодный арктический воздух, который сопровождается кратковременными ливневыми осадками и шквалистым ветром. Летом такие вторжения становятся причинами заморозков.

Когда над территорией Архангельской области устанавливаются обширные антициклоны, погода становится малооблачной и спокойной, но в зимнее время такие антициклоны несут на территорию области низкие температуры, особенно если они сформировались над льдами Карского моря.

Температурный режим Архангельской области меняется от северной части к южной. Самые высокие температуры наблюдаются в середине лета, июле – средние температуры достигают 15-18°C. иногда наступают жаркие дни и температура даже на побережье Арктики может подниматься

выше +30°C. Но даже в летние месяцы температура может опускаться до отрицательных значений.

В зимний период температуры очень низкие. Самым холодным месяцем является январь, когда температура на севере от северо-востоке области может опускаться до -55°C, а средняя температура составляет -16°C. Оттепели в Архангельской области бывают в самый холодный зимний месяц - январь. В среднем холодный период в Архангельской области наблюдается 180 дней.

Осадки в архангельской области наблюдаются в среднем около 200 дней в году. Зимой они выпадают в виде небольших снегопадов, весной и осенью это часто морозящие длительные дожди, а летом осадки выпадают в виде ливней и часто сопровождаются грозами. За год в Архангельской области выпадает до 500 мм осадков.

В октябре на территории области устанавливается постоянный снежный покров и наблюдается он до конца апреля – начала мая. Толщина снега достигает 70 см и в зоне тундры может держаться от 170 до 250 дней.

Благодаря болотистой почве, воздух в Архангельской области очень влажный, осенью и зимой это обусловлено влажными и теплыми воздушными массами, а весной и летом высокая влажность возникает от испарений талого снега, болот и озер, особенно в условиях пасмурного неба и небольших температур.

Облачность в Архангельской области значительная, причем в летние месяцы пасмурных дней больше, чем ясных, а на побережьях часто наблюдаются туманы в теплый период года.

На всей территории области отмечается значительная облачность. В летние месяцы облачных дней больше, чем ясных. В приморских районах в этот период года часты туманы.

2.2. Климатическая характеристика аэродрома Архангельск.

На севере Архангельской области расположен международный аэропорт города Архангельск имени Ф.А. Абрамова. Имеет статус аэропорта федерального значения и находится в 10 км к северо-востоку от центра города.

Аэродром Архангельск находится на равнине, покрытой болотами и мелкими водоемами. Аэродром окружен лесом с высотой деревьев до 15м. Лес этот смешанный и частично хвойный, находится рядом с взлетно-посадочной полосой.

Город и аэродром Архангельск расположены в дельте реки Северная Двина, которая на северо-западе является одной из самых крупных рек, с большим количеством рукавов и протоков. В районе аэродрома протекают реки Юрос и Кузнечиха. Северо-западнее аэродрома на удалении около 35 километров располагается Двинский залив. Все водоемы в районе аэродрома начинают замерзать во второй половине ноября и лед держится до третьей декады апреля.

Все водоемы и особенно находящееся недалеко Белое море определяют местный характер погоды в районе аэродрома. Свой вклад в метеорологические условия вносят промышленные предприятия и объекты энергетической инфраструктуры города. Благодаря всем этим факторам, в районе аэродрома наблюдается низкая облачность слоистых форм с высотой ниже 300 м, и практически суточный ход видимости в районе аэродрома, когда в утренние и вечерние часы ухудшается дальность видимости до 2 километров и менее. В районе аэродрома нет возвышенностей, которые могли бы повлиять на перемещение воздушных масс и на формирование климата, поэтому можно сделать вывод, что основными климатообразующими факторами являются атмосферная циркуляция и солнечная радиация.

Свой вклад в климат аэродрома вносят полярные ночи и полярные дни. Полярные дни наступают в мае и продолжаются до августа. Этим определяется радиационный режим подстилающей поверхности – на поверхность приходит такое же количества тепла, как и в средних широтах летом, а когда наступает полярная ночь наблюдается сильное выхолаживание подстилающей поверхности в течение всех суток, особенно при ясном или малооблачном небе.

Аэродром и местность вокруг него располагается, в основном, на торфяных почвах, толщина которых может достигать 3 метров. В результате зимних холодов почвы промерзают на глубину до 2 метров, а когда почва начинает отмерзать, местность в районе аэродрома становится непроходимой и передвигаться можно только по автомобильным дорогам. Торф еще обладает малой теплопроводностью, и даже летом не прогревается глубже полуметра, отчего сохраняются отрицательные температуры и вечная мерзлота.

Благодаря болотисто местности и большому увлажнению почвы травянистый покров в районе аэродрома очень скуден, преобладают мхи и лишайники. На свободных от воды участках суши растет лес, который занимает 2/3 территории района аэродрома. Основными деревьями являются сосна, ель и лиственные породы, такие как ольха, рябина и ива и карликовая береза.

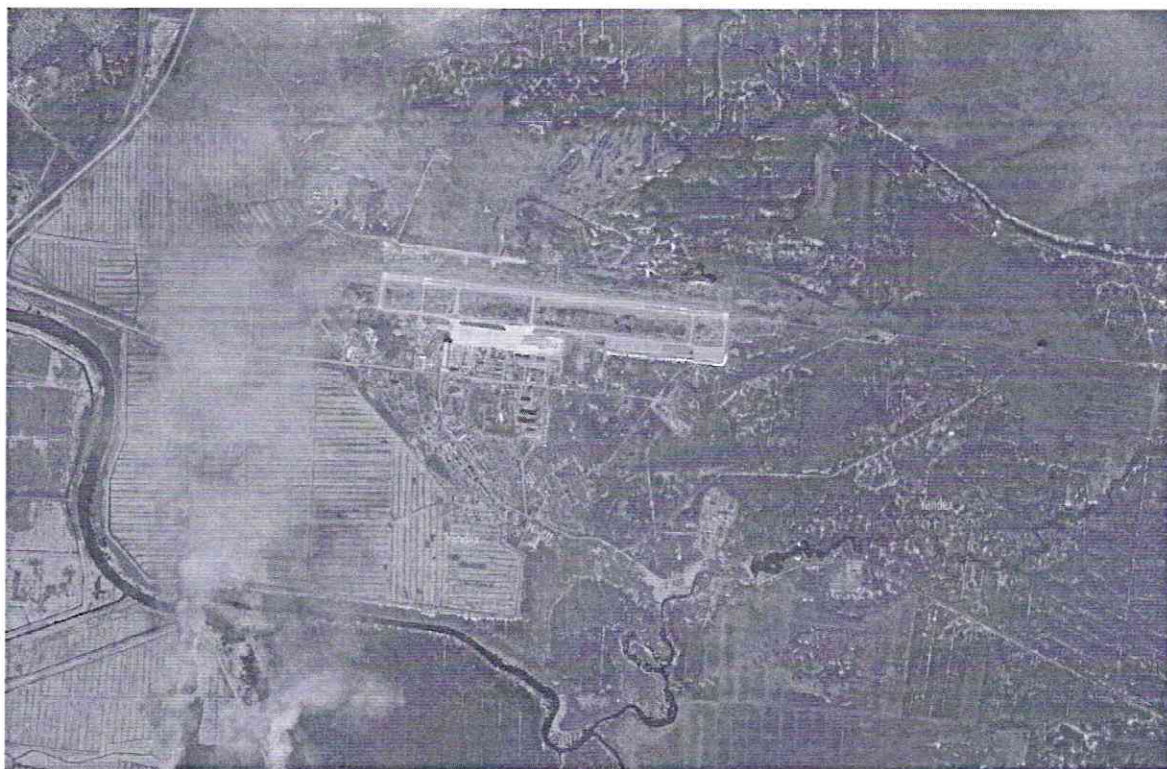


Рис.2.2 - Район аэродрома Архангельск

В сложных метеорологических условиях такая однообразная местность в районе аэродрома приводит к тому, что экипажам самолетов сложно ориентироваться на местности. Наличие магнитных аномалий приводит к искажениям в показаниях приборов. В таких условиях полеты в районе затруднены, особенно при плохих летно-метеорологических условиях.



Рис. 2.3 – Полярные сияния над Архангельском

В ночное время в районе аэродрома наблюдаются полярные сияния. Когда их интенсивность высокая, также возникают искажения в показаниях приборов самолетов.

Грунты супесчаные, суглинистые и глинистые, по долинам рек – песчано-галечниковые, в низинах – торфяные. Мощность грунтов 3-6 метров, под ними залегают преимущественно скальные породы.

Грунтовые воды залегают на глубине от 1-3 метров – в долинах, до 10 метров и более – на водоразделах.



Рис. 2.2 – Район города Архангельск

3. Сложные метеорологические условия в районе аэродрома

Рассмотрим режим низкой облачности и ограниченной видимости в районе аэродрома, а так же повторяемость опасных для авиации явлений погоды.

3.1 Низкая облачность.

Ранее упоминалось, что к сложным метеорологическим условиям относится облачность более 7 баллов (6 октантов)

Чаще всего низкая облачность наблюдается в районе аэродрома в осенний период, в ноябре месяце и такая картина наблюдается практически до конца зимы. Когда начинается весна и практически все лето количество пасмурных дней и ночей уменьшается.

Максимум повторяемости пасмурного неба приходится на ноябрь, минимум - на июль (табл.3.1). В летние месяцы повторяемость пасмурного состояния неба уменьшается и составляет около 20%, повторяемость нижней облачности наблюдается в 20% случаев. В конце осени и в начале зимы дни являются наиболее пасмурным временем года. В конце зимы и весной повторяемость пасмурного состояния неба уменьшается по общей облачности и по нижней.

Таблица 3.1 – Повторяемость пасмурного неба (%) по общей и нижней облачности.

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
общ	9,7	9,2	9,2	7,7	7,3	7,3	6,9	7,3	8,7	13,6	13,1	14,6
ниж	8,6	8,6	7,9	6,4	5,8	5	4,3	5,8	8,6	12,2	12,9	13,6

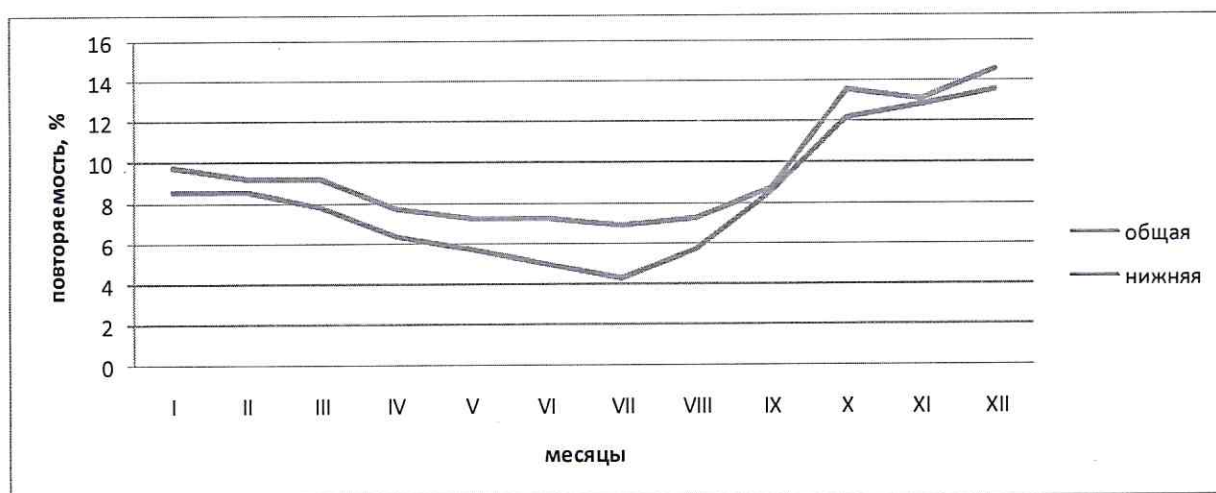


Рис. 3.1 –Повторяемость пасмурных дней в районе аэродрома

В таблице 3.2 представлена повторяемость (%) пасмурных ночей по общей и нижней облачности. Ночью повторяемость пасмурного неба по общей и нижней облачности практически повторяет картину дневной облачности, но количество пасмурных ночей меньше, чем в дневное время. Это вызвано погодообразующими факторами в районе аэродрома.

Таблица 3.2 – Повторяемость пасмурного неба (%) ночью по общей и нижней облачности.

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
общ	8,7	8,3	8,7	7,4	6,4	6,1	6,1	7,5	8,7	11,8	16,1	14,2
ниж	8	8	7,3	6,6	5,8	5,1	4,4	5,1	8,1	11,7	15,4	13,9

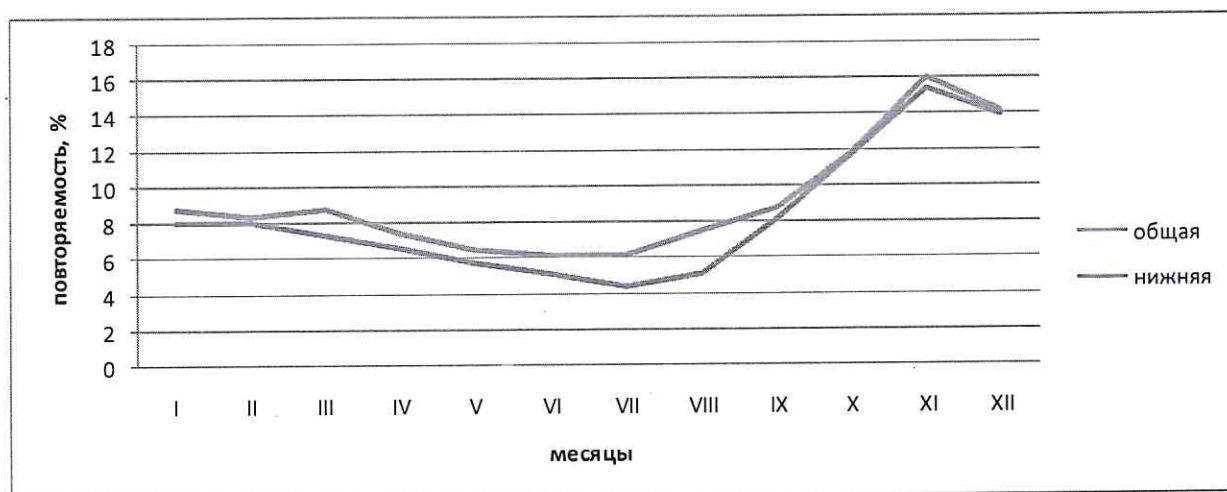


Рис. 3.1 – Количество пасмурных ночей в районе аэродрома

В теплое время года наибольшее количество как общей, так и нижней облачности наблюдается днем, а в холодное время – утром. Минимальная облачность в течении почти всего года отмечается в ночные часы. В среднем за год наблюдалось 146 пасмурных дней и 136 ночей по нижней облачности. Число ясных дней в среднем за год составляет 64 дня и 69 ночей по общей облачности и 146 дней и 155 ночей – по облакам нижнего яруса.

В таблице 3.3 представлена повторяемость высоты нижней границы облачности по градациям (<100м, <200м, <400м) за год. Эти значения высоты нижней границы облачности входят в минимум аэродрома по ППП (100х1) и по ПВП (дневной минимум 200х2, ночной – 400х4).

Таблица 3.3 – Повторяемость ВНГО (%), ниже указанных пределов за период 2020-2024 гг.

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<100м	0,4	0,9	0,8	0,8	0,4	0	0	0	0	1,2	3,3	2
<200м	13,8	7,9	9,3	6,7	6,9	2,9	0,4	4,4	7,5	17	26,6	20,2
<400м	40,5	34,2	27,5	20,8	19,4	14,6	5,6	12,9	29,1	44,6	67,1	47,3

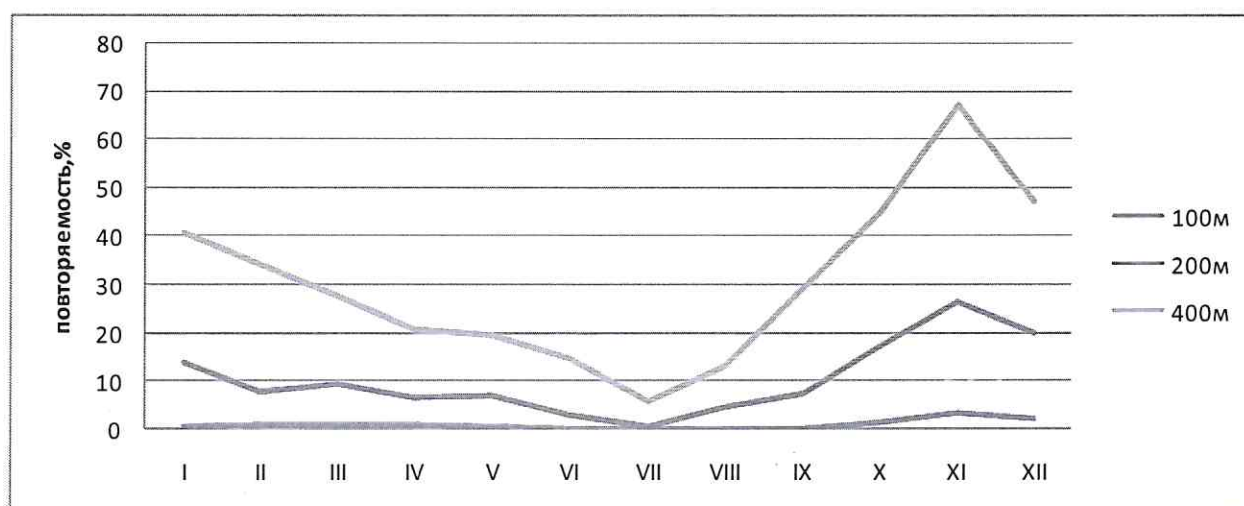


Рис. 3.3 - Повторяемость ВНГО (%), ниже указанных пределов

Как видно из графика, низкая облачность (<400м) возможна в течение всего года и имеет ярко выраженный годовой ход: минимум в теплое время года (май – июль) и максимум в холодное время года (ноябрь – декабрь).

Чаще всего низкая облачность наблюдается ноябре – 67 % от общего числа случаев.

В таблице 3.4 представлена повторяемость форм облаков нижнего яруса в районе аэродрома.

Таблица 3.4 – Повторяемость (%) форм облаков нижнего яруса за период 2020-2024 гг.

месяц	Форма облаков							
	Облаков нет	Cu	Cu cong	Cb	Sc	St	Ns	Fmb
I	12	1	1	2	43	15	21	5
II	12	1	2	3	42	16	20	4
III	15	13	10	5	38	7	11	1
IV	11	16	13	8	33	6	11	2
V	9	20	14	9	31	5	10	2
VI	9	21	16	12	31	4	6	1
VII	10	21	17	13	30	4	4	1
VIII	5	20	22	13	30	4	5	1
IX	3	12	10	10	42	9	12	2
X	3	11	9	9	44	9	13	2
XI	1	10	8	9	48	9	14	1
XII	5	3	2	2	42	15	25	6

Годовой ход различных форм облаков имеет следующий характер (см. таблицу 3.4): из всех форм облаков нижнего яруса и вертикального развития в течении года преобладают слоисто – кучевые (38%).

Повторяемость мощно-кучевых и кучево-дождевых облаков представлена на гистограмме (рис.3.4)

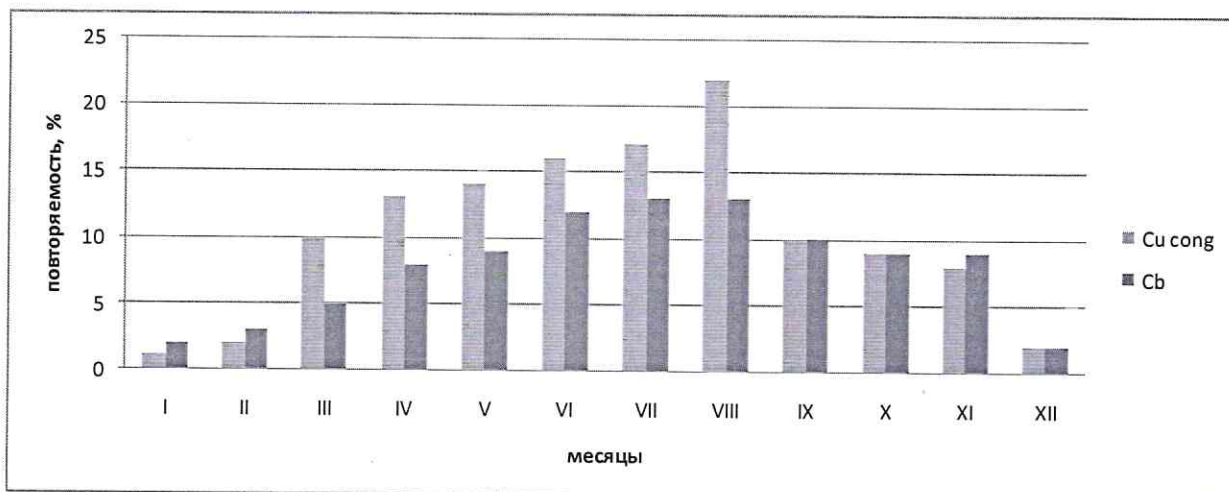


Рис 3.4 – Повторяемость облаков вертикального развития

Чаще других наблюдаются слоисто-кучевые облака зимой и осенью. Кучево-дождевые облака имеют наибольшую повторяемость летом (13%) и в переходные периоды (8–10%). Слоисто-дождевые облака имеют наибольшую повторяемость зимой (19%) и в переходные периоды (10–12%).

Повторяемость облаков слоистых форм представлена на графике (рис.3.5).

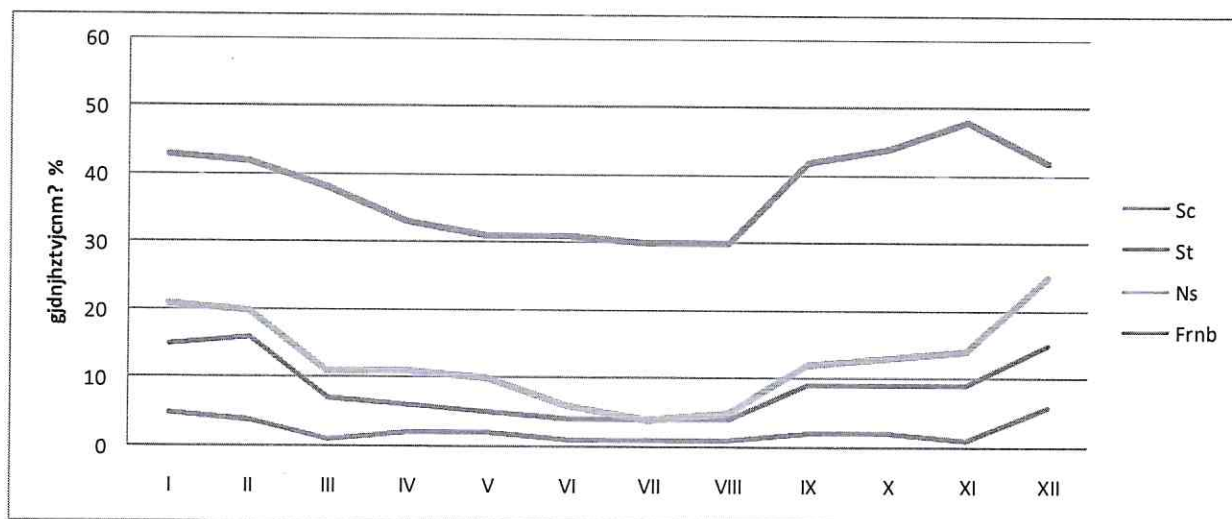


Рис. 3.5 –Повторяемость облаков слоистых форм

3.2 Ограниченная видимость в районе аэродрома.

В исследуемый период наблюдения за дальностью видимости производились инструментально – фотометром импульсным и визуально по

ориентирам видимости. В таблице 3.5 представлена повторяемость дальности горизонтальной видимости ниже установленных градаций по срокам.

Таблица 3.4 – Повторяемость (%) видимости по градациям за период 2020-2024 гг.

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
≤1000м	1,1	2,7	4,8	2,5	1,4	0,4	0,1	0	0,4	1,6	0,8	0,8
≤2000м	5,5	7,1	11,3	6,2	3,6	0,8	0,2	0,6	1,6	6,4	5,8	5,8
≤4000м	12,5	15,6	23	10,8	6,8	2,5	0,6	1,8	3,3	12,5	15,8	11,3

Из таблицы видно, большая повторяемость видимости ниже установленных на аэродроме минимумов наблюдается холодный период года, в феврале и ноябре (15,6% и 15,8%) от всех случаев наблюдений.

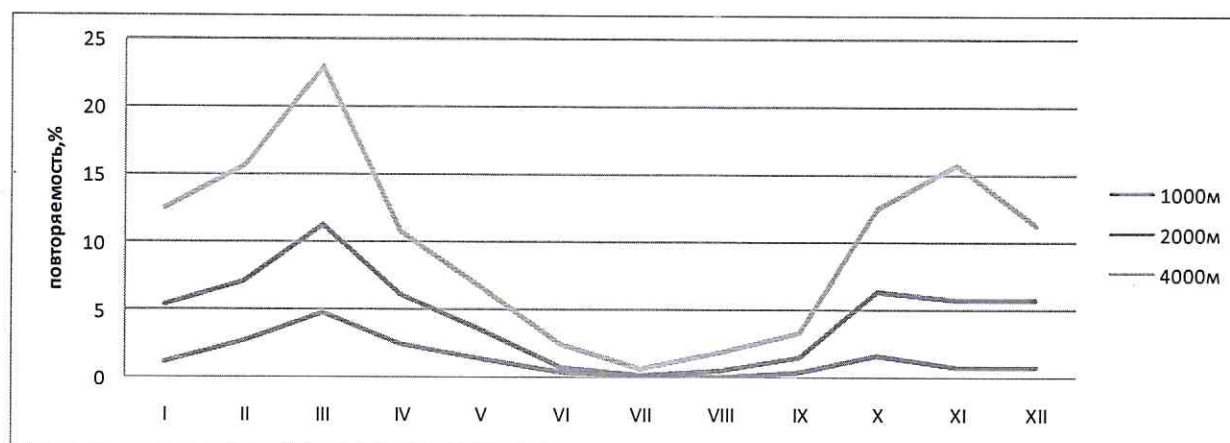


Рис. 3.6 Повторяемость ограниченной видимости в районе аэродрома.

В январе и феврале повторяемость ограниченной горизонтальной дальности видимости имеет ярко выраженный суточный ход с максимумом в ночные часы и минимумом в утреннее время (14–16). В марте наибольшая вероятность ухудшения видимости менее 4000м возникает в 7 – 8 часов утра, что соответствует восходу солнца в этом месяце; минимум повторяемости также отмечается днем.

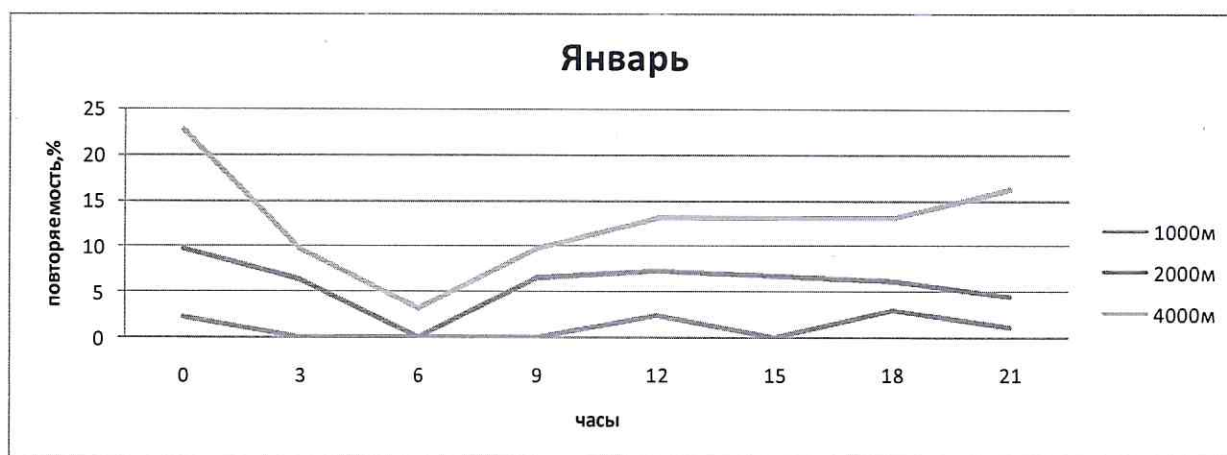


Рис. 3.6 – Суточный ход повторяемости дальности видимости в январе.

В апреле, мае, июне, июле, августе, с увеличением светлого времени суток, максимум повторяемости ухудшения видимости до 4000м и менее сдвигается на более ранние часы (4–6 часов - апрель – май и 2- 4 часа - июнь, июль, август). Второй максимум повторяемости наблюдается в вечерние часы (22 часа). Наименьшая повторяемость дальности горизонтальной видимости 4000м. и менее наблюдается также в дневные часы, при этом ухудшение видимости до 1000м и менее в период 12 – 16 часов наблюдается крайне редко.

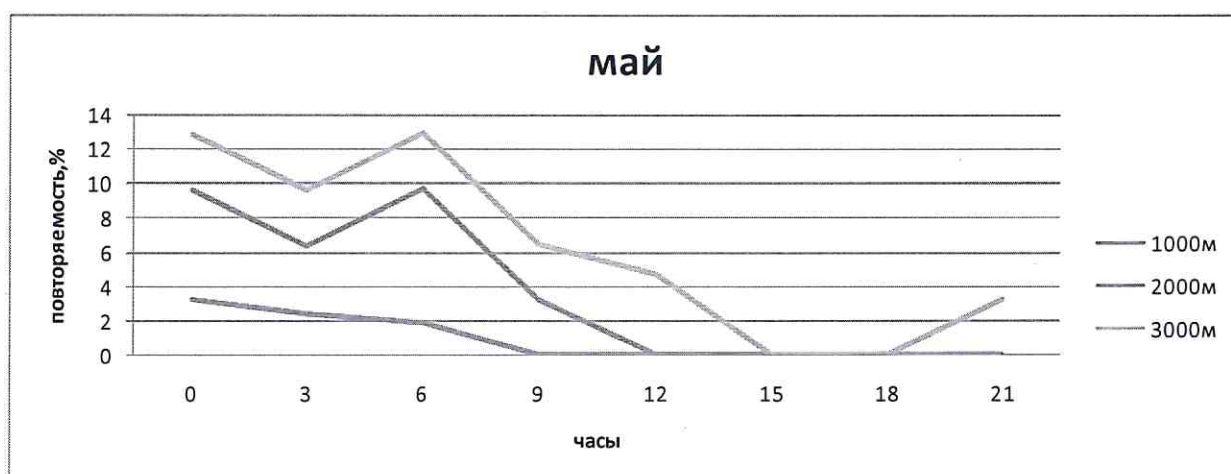


Рис. 3.6 – Суточный ход повторяемости дальности видимости в мае.

Суточный ход повторяемости ограниченной видимости в сентябре также имеет два максимума: утром (6 ч.) и вечером (18-23 ч.), и минимум днем (14 – 16 ч.).

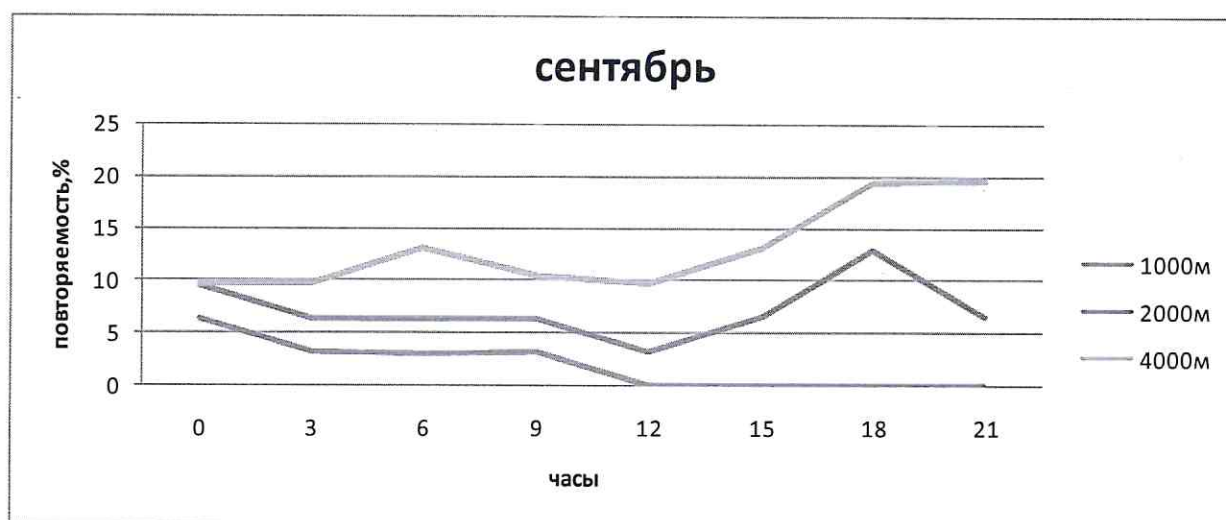


Рис. 3.7 – Суточный ход повторяемости дальности видимости в сентябре.

В октябре и ноябре суточный ход повторяемости дальности видимости 4000м и менее не имеет ярко выраженного хода. Вероятность ухудшения видимости 4000м и менее в основном одинакова как в утренние часы, так и ночью и вечером. При этом минимум повторяемости остается также в дневное время (13 часов).

В декабре наибольшая вероятность видимости до 4000м и менее отмечается в 12 часов: в этом месяце самое короткое светлое время и максимальная повторяемость ограниченной видимости наступает через 1- 2 часа после восхода солнца.

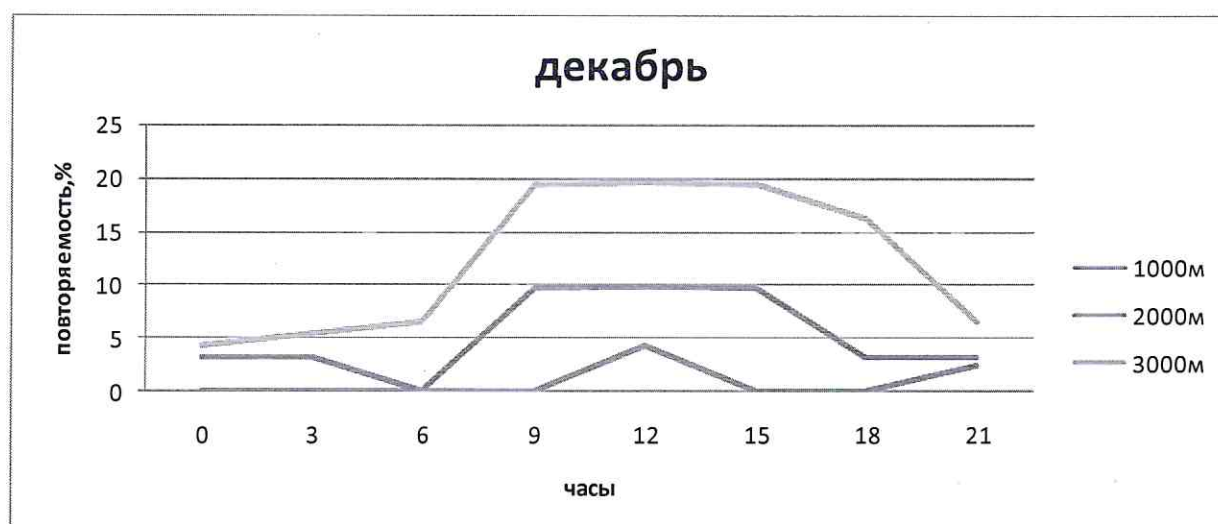


Рис. 3.8 – Суточный ход повторяемости дальности видимости в декабре.

Как видно из этих графиков наибольшая вероятность ухудшения видимости до 2000м и менее отмечается в утренние и вечерние часы (для теплого периода 4–5 ч. и 23 ч. и для холодного периода 10–11 ч. и 23–24 ч.) и наименьшая днем для теплого периода (12 – 18) и для холодного 3 – 4 часа после захода солнца (17 – 18 ч.).

3.3 Явления погоды, ухудшающие метеорологические условия в районе аэродрома.

Рассмотрим повторяемость атмосферных явлений, которые значительно затрудняют работу авиации в Архангельской области. К таким явлениям относятся туманы, метели, грозы и гололед.

3.3.1 Туманы

Всего за рассматриваемый период с 2020 по 2024 г, в районе аэродрома наблюдалось 106 туманов, из них 67 случаев ночных туманов и 39 туманов наблюдалось в дневное время. В таблице 3.5 представлена повторяемость туманов в дневное и ночное время. Как видно из таблицы 3.5, туманы днем могут возникать в течении всего года. Наибольшая вероятность их возникновения в августе, сентябре, октябре, а минимум повторяемости в июне.

Таблица 3.5 – Повторяемость туманов (%), дневных и ночных

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
день	5,1	7,7	12,8	7,7	5,1	2,6	2,6	12,8	12,8	15,4	7,7	7,7
ночь	6	7,5	10,4	7,5	6	7,5	7,5	10,5	10,4	11,9	7,5	7,5

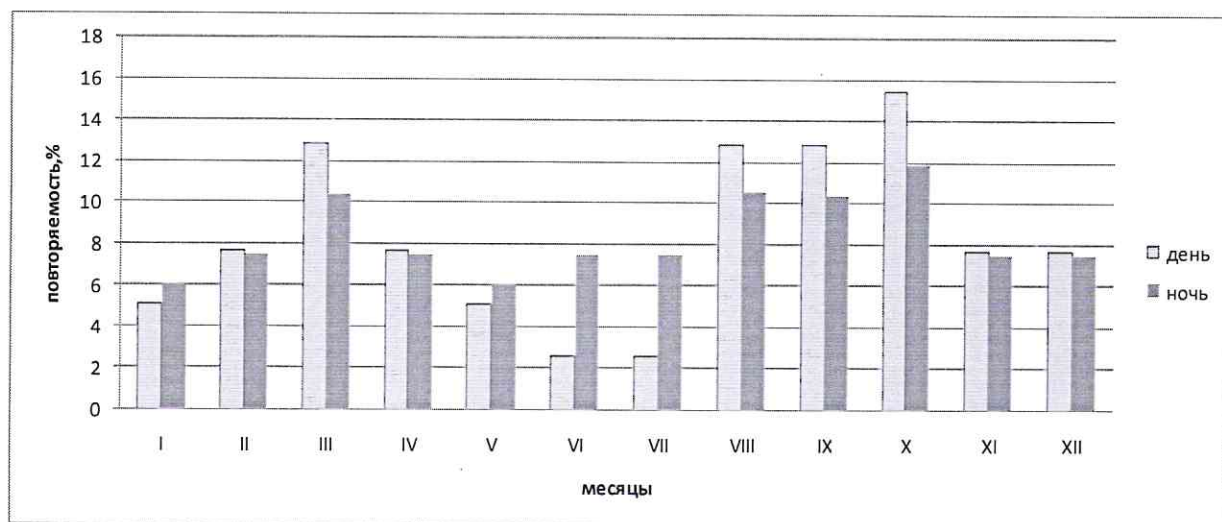


Рис. 3.8 – Повторяемость туманов.

Большая вероятность возникновения туманов с августа по март объясняется тем, что в этом периоде наряду с радиационными туманами имеет большую повторяемость и адвективные туманы, летом же (май – июль) это, как правило, радиационные туманы. Что касается суточного хода, то более половины случаев образования туманов приходится на ночные и утренние часы. Туманы, которые отмечались в дневные часы, являются адвективными или адвективно-радиационными, однако такие случаи крайне редкие и туманы были приносные: с окружающих аэродром водоемов и с бассейна Белого моря.

Продолжительность туманов представлена в таблице 3.6

Таблица 3.6 – Повторяемость (%) продолжительности туманов

часы	≤1	1-3	3-6	6-12	12-18
%	20,7	28,4	38,5	12,3	2,1

Анализ данных таблицы показал, что адвективные туманы в районе аэродрома чаще всего имеют продолжительность от 3 до 6 часов, нередко длительность туманов достигает 12 часов (12,3% случаев). Непродолжительные туманы относятся к радиационным и их длительность в летнее время не превышает 3 часов.

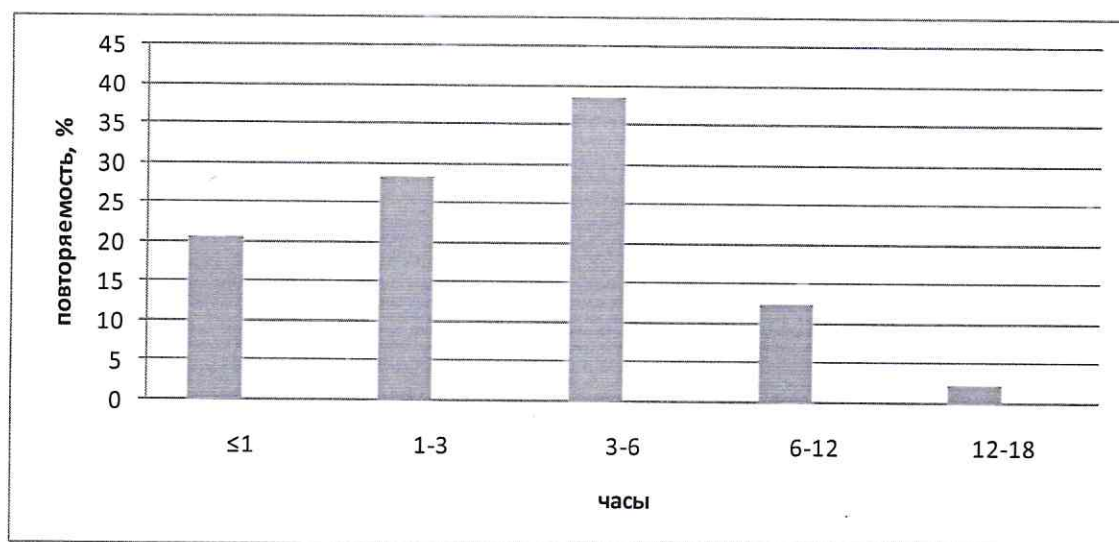


Рис. 3.9 – Продолжительность туманов

3.3.2 Грозы в районе аэродрома

за рассматриваемый период в районе аэродрома наблюдалась 81 гроза. Ночью наблюдалось 32 случая гроз, днем – 49. Грозы в районе аэродрома Архангельск наблюдаются только в теплый период года, как правило, это внутримассовые грозы. В таблице 3.7 представлена годовая повторяемость гроз в дневное и ночное время

Таблица 3.7 – Повторяемость гроз в районе аэродрома (%)

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
день	0	0	0	3,7	7,4	13,5	19,8	11,1	3,7	1,2	0	0
ночь	0	0	0	1,2	2,4	8,6	17,2	7,4	1,2	1,2	0	0

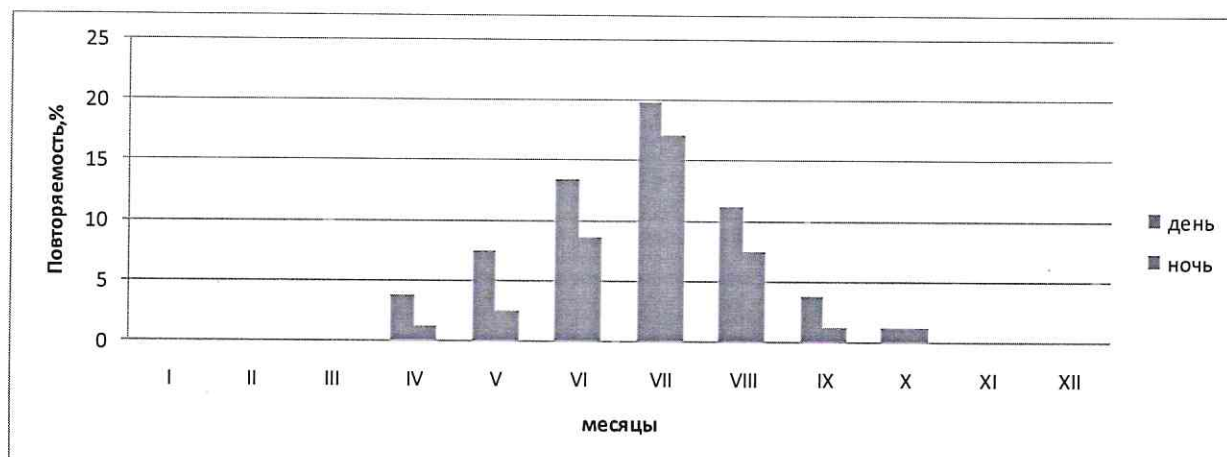


Рис. 3.10 – Повторяемость гроз

На летние месяцы приходится 78% всех случаев гроз, при этом более половины всех гроз возникает в дневные часы. Отмечались и ночные грозы, имеющие ярко выраженный фронтальный характер. Максимум гроз наблюдался в июле, минимум – в сентябре.

Иногда при грозах наблюдалось выпадение града. Повторяемость града представлена в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Повторяемость града в районе аэродрома (число случаев).

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
день	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	0	0

Всего за весь исследуемый период отмечено 8 случаев выпадения града в районе аэродрома.

Продолжительность гроз представлена в таблице

Таблица 3.12 – Повторяемость (%) продолжительности гроз

часы	≤1	1-3	3-6	6-12	12-18
%	42,3	39,5	14,5	1,6	2,1

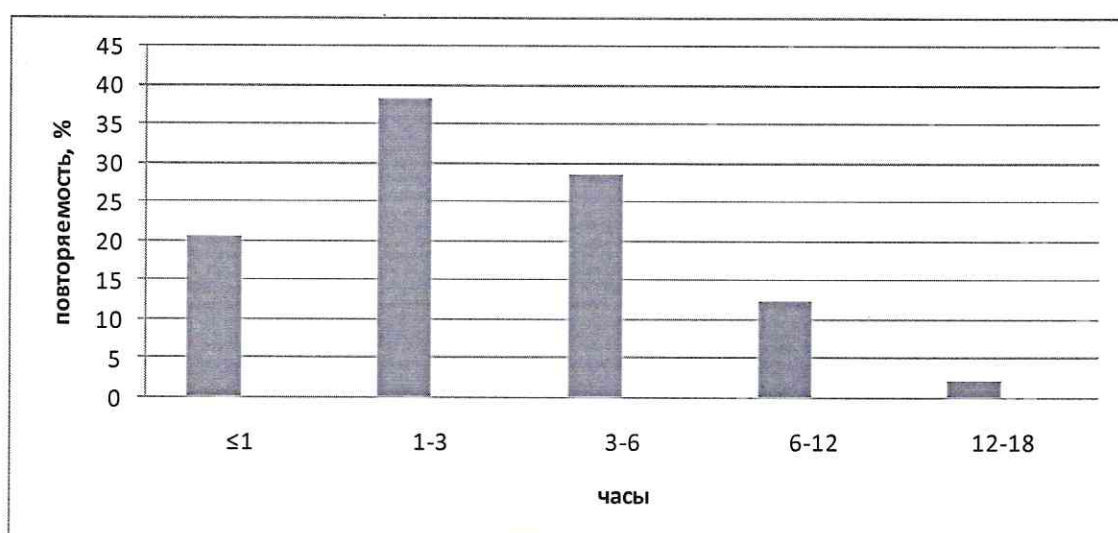


Рис. 3.11 – Продолжительность гроз в районе аэродрома.

Анализ данных показал, что в районе аэродрома Архангельск чаще всего наблюдаются грозы с продолжительностью не более 3 часов. Это внутримассовые грозы в теплый период года. Грозы на атмосферных фронтах могут наблюдаться с продолжительностью до 12 часов и более, но это единичные случаи.

3.3.3 Метели в районе аэродрома

Метели в районе аэродрома могут наблюдаться в любое время суток, повторяемость метелей представлена в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Повторяемость метелей в районе аэродрома (%)

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
день	0	0	0	3,7	7,4	13,5	19,8	11,1	3,7	1,2	0	0
ночь	0	0	0	1,2	2,4	8,6	17,2	7,4	1,2	1,2	0	0

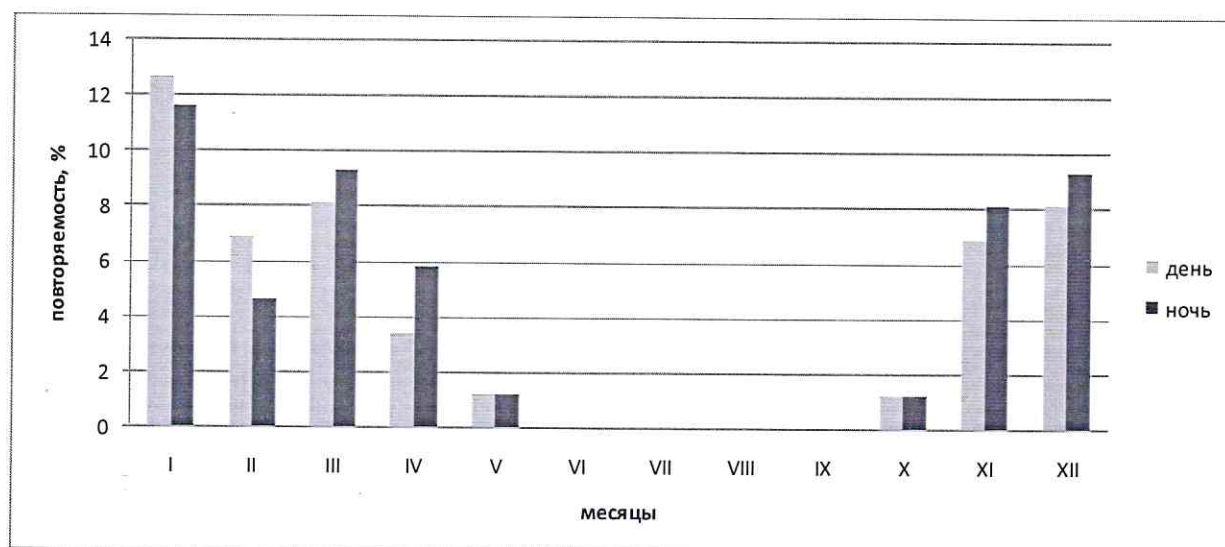


Рис. 3.12 – Повторяемость метелей

Как видно из таблицы, метели на аэродроме Архангельск наблюдаются с октября по май, наибольшее их число отмечается в январе месяце. Метели наблюдаются как общие, так и низовые. Всего в районе аэродрома

наблюдалось 84 случая с метелью. Продолжительность метелей представлена в таблице 3.14

Таблица 3.14 – Повторяемость (%) продолжительности метелей

часы	≤ 1	1-3	3-6	6-12	12-18
%	54,2	22,3	7,5	1,6	0

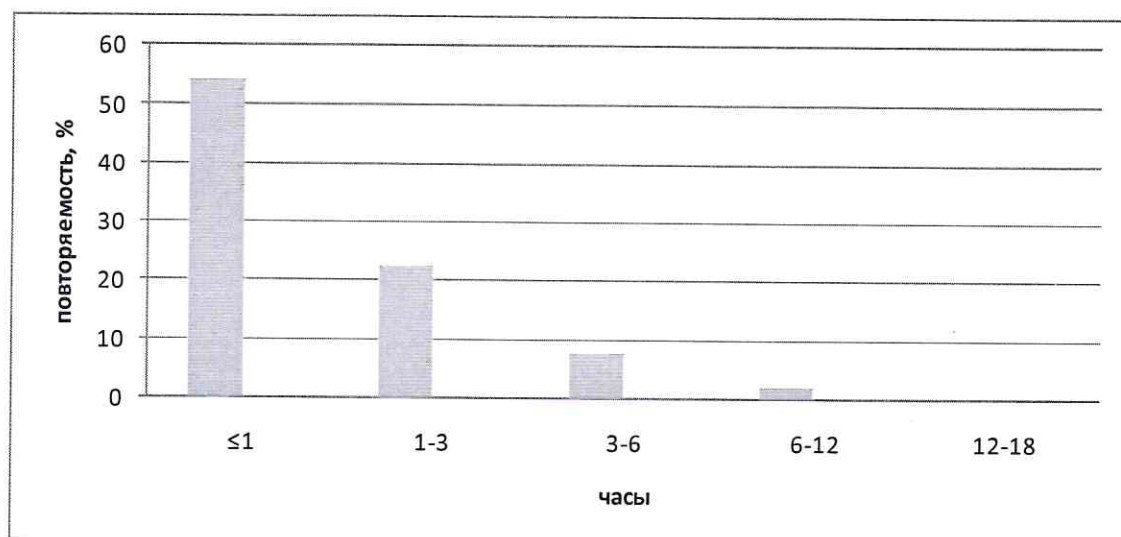


Рис. 3.13 - Продолжительность гроз в районе аэродрома.

Гололед, также как и метели, отмечается только в холодное время года с ноября по март, и хотя он не относится к сложным метеорологическим условиям, но сильно затрудняет взлет и посадку в районе аэродрома.

Таблица 3.15 – Повторяемость гололеда (%) на ВПП

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
%	17,5	27,5	10	0	0	0	0	0	0	2,5	17,5	25

В среднем гололед наблюдался 40 раз в год за исследуемый период. Чаще всего он возникал в феврале и декабре (27,5% и 25,0% случаев)

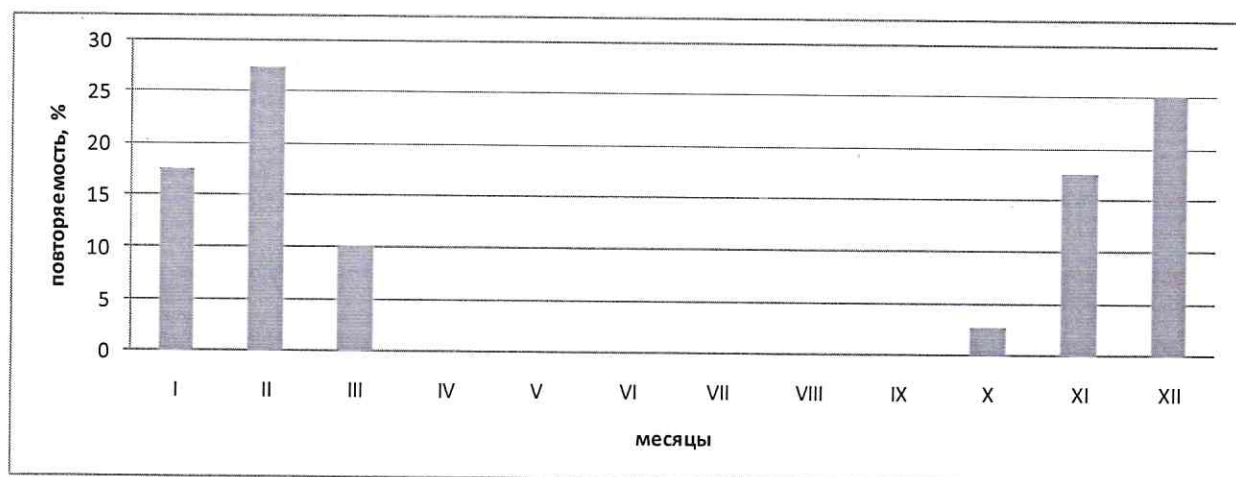


Рис. 3.14 – Повторяемость гололеда

Заключение

Аэродром Архангельск является одним из крупнейших аэродромов Севера РФ и находится в 11 км к северо-востоку от города Архангельска. Климат Архангельска характеризуется как переходный от морского к континентальному и определяется географическим положением на северо-западе ЕТС, западно-восточным переносом влажных воздушных масс с Атлантики и влиянием вод Белого моря.

Близость открытой водной поверхности (Белого моря, рек, болот), влияние производственного дыма промышленных предприятий города благоприятствует образованию на аэродроме Архангельск таких опасных явлений погоды, как низкая облачность (подинверсионные пленки), туманы, дымки. Низкая облачность в районе аэродрома Архангельск возможна в течении всего года и имеет ярко выраженный ход с максимумом в ноябре-декабре и минимум в теплое время года: май, июнь, июль. В холодное время года (сентябрь-март) максимум повторяемости низкой облачности приходится на ночные и утренние часы. В последующие месяцы по мере увеличения светлого времени максимум повторяемости сдвигается на более ранние часы. Во все месяцы минимум повторяемости низкой облачности приходится на дневные часы.

Горизонтальная видимость ухудшается в течение всего года в основном за счет туманов и густых дымок. В холодный период (сентябрь – март) и в переходные месяцы (апрель-май) видимость ухудшается и за счет выпадения снега. Ухудшение горизонтальной видимости может происходить и при больших скоростях ветра, однако ухудшение видимости при скоростях ветра более 12 м/с отмечается редко.

Годовой и суточный ход повторяемости ограниченной видимости, а также ее зависимость от направления ветра и температуры аналогичны повторяемости низкой облачности.

Туманы на аэродроме Архангельск отмечаются в любое время года и суток. Наибольшая их вероятность в августе, сентябре и октябре. Более половины случаев образования тумана приходятся на ночные и утренние часы. Туманы наблюдаются в основном при юго-восточном, юго-западном, западном, северо-западном ветрах при скорости ветра до 5 м/с.

Грозовая деятельность в районе аэродрома наблюдается с мая по сентябрь с максимумом повторяемости в июле.

Метели и гололед на аэродроме Архангельск отмечаются только в холодное время года.

В течение всего года преобладающий ветер со скоростью до 7 м/с и при этом преобладают ветры южных направлений: южный, юго-восточный.

Их годового и суточного хода условий погоды различной степени сложности можно сделать вывод, что наиболее благоприятным временем для производства полетов является период с мая по сентябрь, а в течение суток с 9 до 21 вечера.

Список использованных источников

1. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации. Приказ Минобороны РФ, Минтранса РФ и Росавиакосмоса от 31 марта 2002 г. N 136/42/51.
2. Пособие по синоптической метеорологии / Ю. В. Ефимова, О. Н. Топтунова, И. А. Иванова [и др.]; Российский государственный гидрометеорологический университет. Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2022. - 94 с
3. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии.- СПб.: РГГМУ, 2009.-338 с.
4. Воробьёв В.И. “Практикум по синоптической метеорологии” – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983 – 190 с.
5. “Архивные данные метеорологических наблюдений: АМСГ Архангельск за 2020-2024 гг.
6. Воробьёв В.И. “Синоптическая метеорология” – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991 – 616 с.
7. “Наставление по метеорологическому обеспечению авиации России” – Москва: Роскомгидромет – министерство транспорта России, 1995 – 15 с.
8. “Климатический справочник СССР”, выпуск 21, часть 1. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1978.