



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ опасных и неблагоприятных явлений на аэродроме
Талаги (г.Архангельск)»

Исполнитель Шахова Полина Юрьевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Волобуева Ольга Васильевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о.заведующего кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 06 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОПАСНЫЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ НА АЭРОДРОМЕ.....	6
1.1. Опасные явления, связанные с ухудшением видимости.....	6
1.1.1 Туман.....	7
1.1.2 Метель.....	10
1.2 Опасные явления, связанные со скоростью ветра.....	12
1.3 Грозы, смерчи и шквалы как опасные для авиации явления погоды.....	13
2. КЛИМАТ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	16
2.1 Особенности атмосферной циркуляции.....	20
2.2 Климатическое описание аэродрома Архангельск.....	22
3. АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ НА АЭРОДРОМЕ АРХАНГЕЛЬСК.....	24
3.1 Сравнительные данные ОЯ и НГЯ на аэродроме Архангельск.....	27
3.2 Неблагоприятные гидрометеорологические явления на аэродроме Архангельск за период 2019-2022 гг.....	30
3.2.1 Грозовая деятельность на аэродроме Архангельск за 2022 год.....	42
3.2.2 Анализ туманообразования в аэропорту Архангельск.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	45

СОКРАЩЕНИЯ

НГЯ	-	неблагоприятные гидрометеорологические явления
ОЯ	-	опасные явления
ВПП	-	взлетно-посадочная полоса
RVR	-	runway visual range
ОВИ	-	огни высокой интенсивности
КДП	-	командно-диспетчерский пункт
МДВ	-	минимальная дальность видимости

ВВЕДЕНИЕ

Аэродром – сложный дорогостоящий объект. На его функционирование влияют природные факторы, в том числе метеорологические. Во внимание принимаются результаты многолетних наблюдений всех наиболее важных метеорологических элементов и явлений: температуры воздуха и атмосферного давления, ветра, облачности, видимости, осадков, гололеда. При изучении влияния метеорологических условий на деятельность авиации авиационная метеорология тесно соприкасается с аэродинамикой, теорией самолетовождения и навигацией.

Метеорологическое обеспечение является одним из видов обеспечения полетов гражданской авиации и осуществляется в целях обеспечения безопасности, регулярности и эффективности полетов путем предоставления требуемой метеорологической информации пользователям воздушного пространства, а также органам, осуществляющим организацию воздушного движения. Необходимость учета метеорологических условий вызвана тем, что периодические и непериодические их изменения приводят к изменениям состояния летного поля, подъездных путей к аэродрому, сказываются на условиях его эксплуатации.

Обеспечение безопасности полетов является основной задачей гражданской авиации, над решением которой неустанно трудятся работники всех авиационных профессий.

Опасные явления погоды играют важную роль в изучении географических условий местности с позиций неблагоприятного воздействия их на безопасность полетов. Кроме того, являясь продуктом климатической системы и одним из проявлений ее состояния, в динамике и интенсивности ОЯ находит проявление изменение климата, которое наблюдается в настоящее время.

Целью данной работы является анализ опасных и неблагоприятных явлений погоды на аэродроме Талаги (г. Архангельск).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Создать архива неблагоприятных и опасных явлений погоды по данным АМЦ Архангельск за период 2019-2022 гг.
2. Исследовать повторяемость случаев НГЯ/ОЯ за период 2019-2022 гг.
3. Проанализировать характеристики НГЯ/ОЯ за период 2019-2022 гг.
4. Привести примеры случаев с ОЯ, НГЯ с описанием синоптических ситуаций на аэродроме Архангельск.

1. ОПАСНЫЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ НА АЭРОДРОМЕ

Являясь важнейшим элементом воздушной обстановки, метеорологические условия оказывают существенное влияние на взлет, посадку и полет летательных аппаратов, на состояние аэродромов, эксплуатацию авиационной техники и средств обеспечения полетов. Низкая облачность, туманы и интенсивные осадки усложняют, а в ряде случаев могут исключать возможность взлета и посадки самолетов [3].

Атмосферные явления, которые могут воспрепятствовать выполнению полетов авиации или нанести ущерб авиационной технике, называются опасными.

Опасные явления погоды с точки зрения физической сущности своего возникновения представляют собой эффект разрешения термодинамической неустойчивости. В этом смысле основными агентами, передающими данный эффект, являются следующие метеоэлементы: температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), влажность (удельная, г/кг), влияние которых важно рассмотреть на разных высотах, так как термодинамическая неустойчивость имеет различные тенденции развития на отдельных высотах: 1000 гПа; 850 гПа; 700 гПа и др.

1.1 Опасные явления, связанные с ухудшением видимости

Видимость – это зрительное восприятие объектов, обусловленное существованием яркостных и цветовых различий между предметами и фоном. Видимость характеризуется дальностью видимости (как далеко видно) и степенью видимости (как хорошо видно) (рис.1) [4].

Под видимостью понимается максимальное расстояние, с которого видны и опознаются неосвещенные объекты днем и световые ориентиры ночью. Теоретическое максимальное значение видимости равно 350 км, в реальных условиях очень редко достигает 200 км. Минимальная видимость в некоторых метеорологических явлениях не превышает и нескольких метров.



Рисунок 1 - Дальность видимости

Применительно к авиации основная задача заключается в получении и предоставлении летному и диспетчерскому составам надежной информации о видимости на ВПП.

Дальность видимости на ВПП (RVR) – это расстояние, в пределах которого пилот, находящийся на осевой линии ВПП видит маркировочные знаки ВПП днем, огни ночью.

Для обеспечения безопасности полетов при ограниченной видимости применяются системы огней высокой и малой интенсивности. Аэродром Архангельск оснащен системой огней высокой интенсивности (ОВИ), имеющей три ступени яркости: 3 ступень (10%), 4 ступень (30%), 5 ступень (100%).

1.1.1 Туман

Одним из основных опасных явлений приводящий к ухудшению видимости является туман.

Туман – помутнение приземного слоя воздуха из-за наличия взвешенных в нем капель воды или кристаллов льда или смеси тех и других, при котором горизонтальная дальность видимости становится меньше 1 км.



Рисунок 2 - Туман

Туманы занимают особое место в описании метеорологических условий полетов авиации, что обусловлено значительным их распространением.

Туманы наблюдаются повсеместно, однако вероятность попадания в туман в полете существенно зависит от широты места, особенностей орографии, сезона года, времени суток и характера атмосферных процессов [4].

Долгое время туманы были одним из наиболее опасных для полетов метеорологических явлений. Еще и в настоящее время в некоторых

документах, регламентирующих полеты и их обеспечение, они считаются опасными для авиации, поскольку полет на некоторых типах воздушных судов при ограниченной видимости небезопасен.

Если взвешенные в воздухе мельчайшие капли воды, кристаллы льда или их смесь снижают дальность видимости лишь до 1 км или более 1 км, то такое явление называют дымкой. Туманы, образующиеся при движении теплого воздуха над холодной поверхностью, занимают огромные площади до десятков тысяч квадратных километров. Как правило, это происходит при пасмурной погоде в теплых секторах циклонов.

Все туманы можно разделить на внутримассовые туманы и фронтальные. Туманы, возникающие внутри однородных воздушных масс, могут занимать довольно большие площади и удерживаться на одном месте продолжительное количество времени. Если рассматривать фронтальные туманы, то они могут образоваться вследствие понижения фронтальной облачной системы из-за насыщения воздуха фронтальными осадками и вследствие префронтального падения давления, вызывающего адиабатическое охлаждение воздуха.

Фронтальные туманы обычно не занимают больших площадей, перемещаются вместе с фронтом и поэтому не бывают продолжительными, но в случае, когда такой туман сливается с облачной системой, он становится серьезным препятствием для полета.

Наибольшие затруднения для авиации представляет туман, развивающийся перед теплым фронтом. Этот туман обычно держится на одном месте около 4-5 часов, но при этом он сразу исчезает после прохождения теплого фронта.

Если до полета тумана не было, то перед фронтом окклюзии образование тумана становится маловероятным. При прохождении холодного фронта туман, как правило, не возникает. Низкие облачные системы не являются обычным туманом, но на пересеченной местности они могут закрывать возвышенности, создавая картину сплошного тумана. Поднятие насыщенного

предфронтального воздуха на наветренных склонах возвышенностей и его адиабатическое охлаждение усиливают туманообразование при прохождении фронта.

При пересечении любого фронта, как бы он ни был слабо выражен на синоптической карте, необходимо считаться с возможностью значительного уменьшения высоты облачности, особенно при полете над сильно пересеченной местностью.

На аэродроме Архангельск для прогнозирования как адвективного, так и радиационного тумана используют метод Петренко.

Радиационный туман на аэродроме следует прогнозировать, когда по прогнозу синоптического положения на ночь имеются благоприятные условия для малооблачного неба и слабого ветра (0-3 м/с) у поверхности земли, а также ожидается температура воздуха, близкая к начальному значению точки росы в момент захода солнца.

Для прогноза тумана при этих условиях необходимо определить ожидаемую температуру образования тумана T_T , ожидаемую минимальную температуру воздуха за ночь $T_{мин}$.

1.1.2 Метель

Метель – перенос сухого снега ветром вдоль земной поверхности. Интенсивность метели зависит от скорости ветра, турбулентности и состояния снежного покрова. Различают общую и низовую метель, поземок.

Общая метель характеризуется переносом снега вдоль земной поверхности достаточно сильным ветром при выпадении снега из облаков, при этом отследить поднимается ли снег ветром с поверхности снежного покрова или выпадает из облаков очень трудно (Рис. 3).



Рисунок 3 – Метель

Видимость значительно уменьшена как по горизонтали, так и по вертикали. При слабой общей метели, обычно в начале ее, можно установить, что происходит выпадение снега из облаков.

Поземок - перенос снега ветром у поверхности земли до высоты 1,5-2 м, движение частиц снега более или менее параллельно земле. Часто наблюдается при безоблачном небе, но может наблюдаться одновременно с выпадением осадков. Видимость уменьшается незначительно. При усилении ветра поземок может перейти в низовую метель

Низовая метель характерна переносом снега с поверхности снежного покрова до высоты 2-3 м, горизонтальная видимость значительно хуже вертикальной и можно определить состояние неба (Рис.4).



Рисунок 4 – Низовая метель

На развитие метели большое влияние оказывают местные условия, по наблюдениям интенсивные и продолжительные метели отмечаются на открытых и возвышенных местах.

Число дней с метелью связано с продолжительностью и активностью циклонической деятельности, из-за которой на аэродроме наблюдаются большие скорости ветра и снегопады. По этой же причине метели могут наблюдаться в любое время суток с октября по май.

1.2 Опасные явления, связанные со скоростью ветра

Ветер – это горизонтальное движение воздуха, по отношению к самолету.

Ветер, особенно сильный ветер, оказывает существенное влияние на работу различных отраслей, особенно авиации. При сильном ветре воздушные суда не всегда могут взлететь с аэродрома, произвести посадку, выполнить полет по заданному маршруту. Для авиации важным является не только скорость ветра, но и его направление, так как при сильном боковом ветре самолету трудно подняться в воздух и произвести посадку. По отношению к летящему воздушному судну ветер представляет собой переносное движение.

Самолет взлетает и садится всегда против направления ветра. Это делается для улучшения аэродинамики воздушного судна.

Опасными и неблагоприятными условиями, связанными со скоростью ветра на аэродроме, считаются:

- боковой ветер, сдвиг ветра (согласно критериям, указанных на круге и независимо от направления при скорости 15 м/с (далее через 5 м/с);
- сильный или очень сильный ветер (мгновенная скорость ветра не менее 25 м/с (ОЯ) или 15 м/с (НГЯ) в течение не менее 1 мин.);
- шквал (средняя скорость ветра не менее 20 м/с, мгновенная (порыв) не менее 25 м/с.);
- смерч (сильный маломасштабный атмосферный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к поверхности земли);
- турбулентность.

На аэродроме Архангельск для прогнозирования максимальных порывов ветра на холодных атмосферных фронтах используют метод Мастерских. Этот метод основан на учете горизонтальных значений контрастов температуры и вертикальных движений воздуха.

1.3 Грозы, смерчи и шквалы как опасные для авиации явления погоды

Гроза - комплексное атмосферное явление с многократными электрическими разрядами в виде молний, сопровождающихся громом.

Гроза является одним из наиболее опасных явлением погоды для авиации, эта опасность обусловлена:

- интенсивной турбулентностью в облаках, из-за чего возникает сильная болтанка и перегрузка, превышающая допустимые значения;
- обледенением на высотах, где температура воздуха ниже 0°С;
- возможностью поражения самолета молниями;
- интенсивными ливневыми осадками.

Вместе с грозой часто наблюдается шквал - резкое усиление ветра: на 8 м/с скорость возрастает до 11 м/с и более, сопровождающееся изменением направления.

Очевидно, что они представляют серьезную опасность для авиации, если самолет в полете встретится со смерчем, то авиационное происшествие становится неизбежным, но сочетание всех ОЯ и НГЯ вместе взятых имеет сравнительную небольшую вероятность [7].

Недостаточная сеть наземных метеорологических и аэрологических станций в большинстве случаев не позволяет своевременно выявить особое состояние атмосферы, которое приводит к образованию смерчей и шквалов и полностью решить проблему их заблаговременного прогноза точно указав время и место этого события [2].

Наиболее подвержены сильным шквалам и смерчам территории нескольких районов Архангельской области находящиеся на территории в бассейнах реки Ваги и Северной Двины, в тоже время практически не наблюдаются шквалы в западных и юго-западных районах области.

Вблизи кучево-дождевого облака могут наблюдаться сильные вертикальные токи, из-за чего в грозах часто наблюдается сильный сдвиг ветра.

Если собрать все явления, которые происходят как внутри грозовых облаков, так и вблизи, то именно они становятся причиной, по которой для безопасности полетов входить в грозовые облака категорически запрещается, а обходить их стороной следует на достаточно большом безопасном расстоянии.

Для прогнозирования гроз на аэродроме Архангельск используют несколько методов: метод Вайтинга, метод Лебедевой.

Метод Лебедевой основан на анализе аэрологической диаграммы, получаемой от аэрологической станции Архангельск, которую обрабатывают техники-метеорологи на АМЦ Архангельск и передают синоптикам для дальнейшего анализа.

Для прогноза грозы вначале надо учесть перестройку стратификации к моменту максимального развития термической конвекции или к моменту прохождения фронта (вынужденная конвекция).

Для расчета гроз по методу Вайтинга необходимо использовать данные зондирования атмосферы и рассчитать критерий K . При значении $K \geq 20$ грозы возможны. Тем не менее критерий K можно уточнять для конкретной территории.

2. КЛИМАТ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Непрерывно меняющееся состояние атмосферы в данном месте и в данный момент времени характеризуется совокупностью значений метеорологических величин: температурой, влажностью, давлением воздуха, скоростью и направлением ветра, облачностью, видом и интенсивностью осадков. Даже несмотря на то, что атмосферные процессы непрерывно меняются, в каждой местности существует некая закономерная последовательность смены атмосферных процессов, создающая те или иные условия погоды, многолетний режим которых и называется климатом.



Рисунок 5 – Карта Архангельской области

Архангельская область (Рис. 5) расположена на севере европейской части России. Площадь составляет 589,9 тыс. км², это 3,5% от территории России, в том числе Ненецкий автономный округ – 176,8 тыс. км².

Кроме материковой части в состав входят архипелаги Соловецкие острова, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля. Крупные острова – о. Колгуев, о. Вайгач, Кий-остров, о. Виктория, о. Моржозев, о. Мудьюгский, о. Жижгин и другие.

Территория области имеет неоднородное геологическое строение. Большая часть расположена на северной окраине Русской плиты - тектонической структуры Восточно-Европейской платформы, имеющей двухъярусное строение: кристаллический фундамент, перекрытый осадочным чехлом. Равнинный рельеф с высотами до 200-250 м над уровнем моря простирается на преобладающей части Архангельской области. На общем фоне выделяются холмистые и грядовые возвышенности – Ветряный Пояс, Няндомская и Коношская возвышенность, Канин Камень, Беломорско-Кулойское плато, Тиманский кряж, Пай-Хой, полого-холмистые гряды Большеземельской тундры и отдельные холмистые участки на водоразделе рек Северной Двины и Пинеги, и на Онежском полуострове.

Наиболее гористый рельеф имеет Новая Земля, в особенности Северный остров, значительная часть которого занята ледниками.

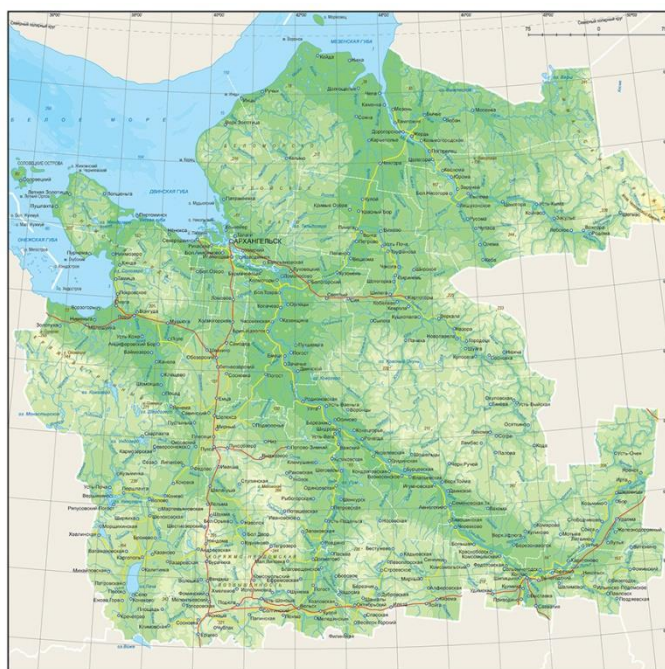


Рисунок 6 - Физическая карта Архангельской области

Реки и ручьи имеют густую и разветвленную гидрографическую сеть. В среднем на 1 км² площади водосборов приходится 500-600 водотоков, в наиболее увлажненной полосе приморских тундр Ненецкого автономного округа по 700-800 метров. Речная сеть в целом сосредоточена в четырех водных системах главных рек – Онега, Северная Двина, Мезень, Печора.

Крупнейшая река – Печора длиной 1809 км, дальше Северная Двина длиной 744 км по водоносности в европейской части России уступают только Волге.

Продолжительность ледостава составляет в среднем 160-200 дней. В карстовых районах ледостав прерывистый, местами небольшие реки и ручьи не замерзают вообще. Средняя многолетняя толщина льда колеблется в пределах 60-70 см, на реках Печорского бассейна 70-100 см [2].

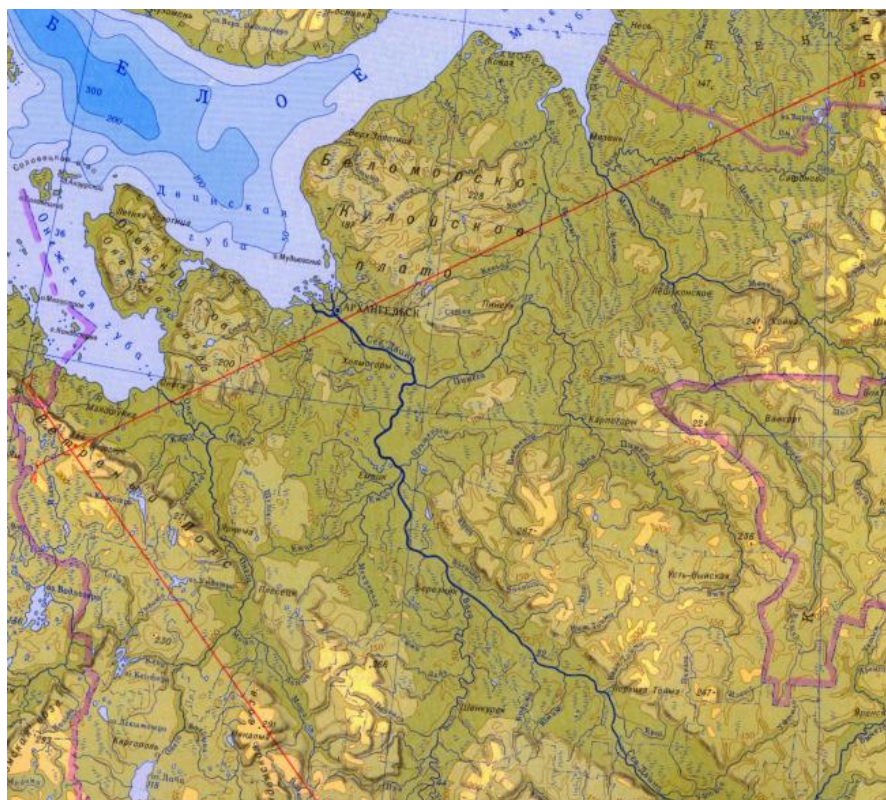


Рисунок 7 - Карта рек Архангельской области

Охарактеризовать климат Архангельска можно как переходный от морского к континентальному, поскольку город расположен на равнинной местности, рельеф не оказывает заметного влияния. Территория области лежит в трех климатических поясах: умеренном, субарктическом и арктическом.

Большую роль в формировании климата играет солнечная радиация и атмосферная циркуляция [1].

Приход солнечной радиации к любой точке земной поверхности в основном определяется астрономическими факторами: временем восхода и захода солнца, его перемещением по небосводу в течение дня, а также крупномасштабными метеорологическими процессами и отражательными свойствами подстилающей поверхности.

Продолжительность дня и ночи меняется в зависимости от времени года, например, самые длинные дни – в июне, а самые короткие в декабре. В день летнего солнцестояния (22 июня) продолжительность светлого времени суток в Архангельске составляет 21 ч 30 мин, в то время как в день зимнего солнцестояния (22 декабря) – 3 ч 51 мин. Зимой солнце находится низко над горизонтом. Даже в полдень 22 декабря оно не поднимается выше 2,2 градусов.

В климатологии год делится на четыре основных сезона, они устанавливаются отдельно для каждого района с однотипным ходом метеорологических величин и определенными термическими условиями. Смена режимов погоды при переходе от одного сезона к другому заметнее всего проявляется в температуре воздуха.

Зима в Архангельске наступает в первой декаде ноября, максимальная температура воздуха переходит через 0°C и устанавливается устойчивый снежный покров. Зимний сезон является самым продолжительным – длительность около пяти месяцев. В марте происходит переход средней максимальной температуры воздуха через 0°C в сторону повышения, средняя

суточная становится выше -5°C , из-за чего происходит постепенный сход снежного покрова. Продолжительность весны около двух месяцев.

Лето начинается в начале первой декады июня, характерен устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 10°C в сторону повышения. Лето в Архангельске обычно короткое и прохладное.

Наступление осени начинается с сентября, когда среднесуточная температура воздуха становится ниже 10°C , появляются заморозки на почве. Осень длится около двух месяцев до первой декады ноября.

2.1 Особенности атмосферной циркуляции

Отличительной чертой климата Архангельска является частая смена воздушных масс, связанная с прохождением барических образований (циклонов и антициклонов) в любые сезоны года.

Север Европейской части России одинаково доступен теплым воздушным массам, которые поступают с Атлантического океана, и холодным, вторгающимся с Арктического бассейна. Что касается тропических воздушных масс со Средиземного моря, то они редко проникают в этот район.

В зимнее время года преобладает область низкого давления, она обусловлена в основном циклонами, перемещающимися с запада и северо-запада из районов Атлантического океана. Такие циклоны имеют большие скорости и за сутки могут достигнуть района Архангельска, перемещаясь вдоль побережья Баренцева моря. Во время прохождения таких циклонов наблюдаются снегопады, метели, сильные ветры, а иногда даже оттепели, морось и гололед.

Весной, также как и зимой преобладающей является область низкого давления, но наблюдается небольшое увеличение повторяемости области высокого давления. Перестройка структуры барического поля происходит до конца мая, позже она приобретает летний характер. Весной наблюдается большая неустойчивость погоды и быстрая смена синоптических процессов.

Частые выходы южных и юго-западных циклонов в апреле приводят к ранней весне в апреле, но в мае холода возвращаются. Подобные похолодания обычно бывают при вторжении антициклонов, которые формируются в холодной массе Арктического бассейна.

Летом происходит ослабление интенсивности общей циркуляции атмосферы. Перемещение западных циклонов происходит по северной периферии азорского антициклона.

Смещение идет не вдоль побережья Баренцева моря, как зимой, а южнее – через Скандинавию и Балтийское море на север Европейской части России. Скорость перемещения значительно меньше, по сравнению с зимним периодом. Они выносят в район Архангельска прохладный и влажный воздух. Из-за размытого барического поля летом усиливается прогрев воздушной массы, что приводит к развитию гроз и ливней, редко шквалов. Прохладное лето характерно длительными периодами холодной и ненастной погодой.

При выходе южных циклонов в отдельных случаях поступает очень теплый тропический воздух со Средиземного моря, что дает повышение температуры воздуха до 25-30°C.

В июне и августе может наблюдаться резкое понижение температуры воздуха, приводящее иногда к заморозкам, это связано с вторжением холодных Карских антициклонов. Такие волны холода по времени совпадают с цветением черемухи, поэтому их могут называть «черемуховыми холодами».

Активизация атмосферной циркуляции происходит в начале осени. Область низкого давления по большей части создают западные и северо-западные циклоны. Скорость перемещения их начинает значительно возрастать по сравнению с летним сезоном. Полная перестройка барического поля от летнего к зимнему периоду происходит в октябре [2].

Вторжение холодных антициклонов приводят к резкому похолоданию, температура воздуха становится отрицательной, образуется снежный покров, в т.ч. раннее установление снежного покрова, замерзание рек и переход на зимний режим погоды.

2.2 Климатическое описание аэродрома Архангельск.

Аэродром Архангельск расположен в 11 км к северо-востоку от города Архангельск в дельте реки Северной Двины. При впадении в Двинский залив Белого моря, расположенный в 20 км северо-западнее от аэродрома, река разветвляется на многочисленные рукава и протоки. На западе в 5-и километрах от аэродрома находится река Кузнечиха, на юго-западе в 2-х км от аэродрома – река Юрас.

Местность в районе аэродрома равнинная, местами заболоченная и покрытая хвойным и смешанным лесом. Взлетно-посадочная полоса ориентирована с запада на восток (МК-261°, МК-81°) длиной 2500 метров, шириной 44 метров. С севера, непосредственно к ВПП, примыкает лес высотой 10-15 метров, на северо-востоке и востоке от неё расположены болота.

В районе аэродрома имеются искусственные препятствия: здание аэровокзала, здание КДП, жилые дома (высота около 20-30м), водонапорная башня высотой 32 м.

Из промышленных объектов в районе аэродрома расположены:

- Соломбальский ЦБК (удаление 8 км, высота труб 69 м)
- ТЭЦ (удаление 7 км, высота трубы 156 м)
- Гидролизный завод (удаление 10 км, высота трубы 103 м)
- Архангельские ЦБК (удаление 20 км, высота трубы 174 м)

Карта-схема района аэродрома Архангельск представлена на рисунке 8.

Близость рек, болот и водоемов, а так же промышленных объектов города влияет на формирование погодных условий аэродрома.

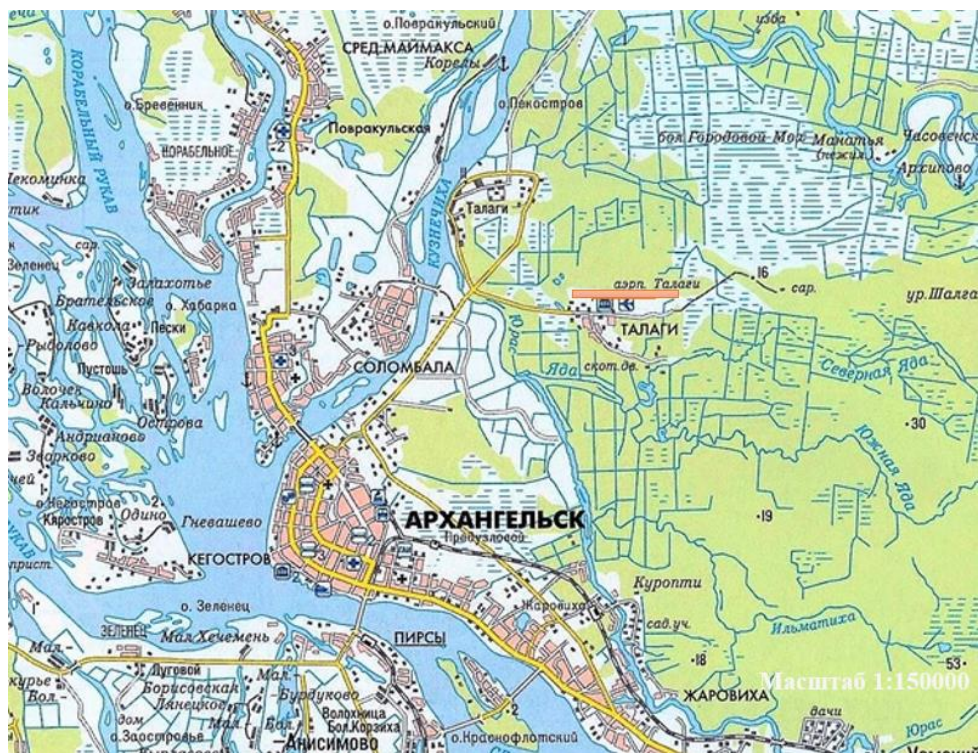


Рисунок 8 – Карта-схема местности в районе аэродрома Архангельск

3. АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ НА АЭРОДРОМЕ АРХАНГЕЛЬСК

Метеорологическое явление считается опасным (ОЯ), если по своей интенсивности, продолжительности или охватываемой им территории превышает установленные критические пределы, определенные соответствующими руководящими документами Росгидромета. Под критериями опасных явлений понимают установленные для определенного региона предельные значения гидрометеорологических величин, либо качественные их характеристики (табл.1, табл.2).

Таблица 1 – Критерии, применяемые при ухудшении (улучшении) условий погоды для составления и подачи специальных сводок на аэродроме Архангельск

п/п	Наименование условий погоды	Критерии для подачи сводок погоды			
		о начале	об ухудшении (усилении)	об улучшении (ослаблении)	об отмене
1.	Ветер: изменение скорости попутного, бокового ветра: изменение с переменного на среднее или со среднего на переменный	Согласно критериям, указанных на круге и независимо от направления при скорости 15 м/с (далее через 5 м/с)			
2.	Дальность видимости на ВПП(RVR) в метрах	2000	Менее <u>1500, 800, 550, 350, 150</u>	Равно или более <u>550, 800, 500, 2000</u>	Более 2000
3.	Высота НГО и вертикальная видимость 4 окт. и более (в метрах)	200	Ниже <u>150, 60, 30</u>	Равно или выше <u>30, 60, 150, 200</u>	Выше 200 менее 4 окт.

4.	Явления, ухудшающие условия погоды	Замерзающие осадки, замерзающий туман, умеренные или сильные осадки, пыльный или снежный позомок, общая метель, пыльная (песчаная) буря, шквал, смерч, гроза, град, гроза, производственный дым, переход через $T = -5^{\circ}C$	подается	не подается	не подается	о прекращении
5.	Видимость при полетах по ПВП (в метрах)		День: <u>3000</u>	Менее <u>3000</u> , 2000	Равно или более <u>2000</u> , <u>3000</u>	Более <u>3000</u>
			Ночь: 4000	Менее 4000, <u>3000</u> , 2000	Равно или более <u>3000</u>	Более 4000
6.	Высота НГО при полетах по ПВП (в метрах)		День: <u>300</u>	Ниже <u>300</u> , 200	Равно или выше <u>300</u>	Выше <u>300</u>
			Ночь: 450	Ниже 450, 400, <u>300</u>	Равно или выше <u>300</u>	Выше 450

Примечание: подчеркнутые значения видимости и высоты облаков относятся к сводкам SPECI

Таблица 2 – Перечень и критерии опасных гидрометеорологических явлений на аэродроме Архангельск

№	Явление	Критерии
1.	Очень сильный ветер	Средняя скорость ветра не менее 20 м/с мгновенная (порыв) не менее 25 м/с
2.	Шквал	Мгновенная скорость ветра не менее 25 м/с в течение не менее 1 мин

3.	Смерч	Сильный маломасштабный атмосферный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к поверхности земли
4.	Крупный град	Град диаметром более 20 мм
5.	Сильная метель	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с Метеорологическая дальность видимости не более 500 метров, продолжительность не менее 12 часов
6.	Сильный туман	Метеорологическая дальность видимости не более 50 метров за период времени не менее 6 часов

3.1 Сравнительные данные ОЯ и НГЯ на аэродроме Архангельск

В период с 2019 г. по 2022 г. согласно архивным данным журнала погоды АВ-6, журнала штормовых оповещений и бортовой погоды, были выявлены 706 случаев превышения критериев явлений погоды, представленных в Таблице 3.

Таблица 3 - Общее число случаев подачи штормовых оповещений о НГЯ

Год / НГЯ	2019	2020	2021	2022	Итого (случаи / %)
Туман	36 случаев	49 случаев	49 случаев	30 случаев	164/25,0
Ветер	64 случаев	72 случая	56 случаев	53 случая	245/37,3
Ухудшение видимости при осадках	48 случаев	55 случаев	34 случаев	35случая	172/26,2
Гроза	12 случаев	13 случаев	14 случаев	19 случаев	58/8,8
Метель	9 случаев	4 случая	2 случая	3 случая	18/2,7
Итого (случаи / %)	169/25,7	193/29,4	155/23,6	140/21,3	657/100

По архивным данным большее количество штормовых оповещений о тумане поступало в 2020 и 2021 годах (49 случая).

Оповещение о превышении критериев порывов ветра было в 2020 году (72 случая).

Ухудшение видимости при осадках в 2020 году (55 случая).

Большее количество гроз было зафиксировано в 2019 году (19 случая).

Случаев общей метели в 2019 году (9 случаев).

Таблица 4 - Минимальные значения видимости при тумане за период 2019-2022 гг.

Год	2019	2020	2021	2022
Январь	03.01 050 м 16:15-19:00 21.01 050 м 20:53-22:00	20.01 400 м	27.01 300 м	10.01 100 м
Февраль	24.02 800 м	05.02 450 м	28.02 800 м	15.02 300 м
Март	01.03 100 м	15.03 200 м	19.03 100 м	28.03 300 м
Апрель	///	27.04 100 м	01.04 150 м	///
Май	09.05 200 м	07.05 300 м	14.05 020 м 20:33-00:10	25.05 400 м
Июнь	05.06 200 м	///	24.06 450 м	04.06 300 м
Июль	04.07 200 м	12.07 100 м	17.07 100 м	22.07 150 м
Август	20.08 200 м 23.08 200 м	17.08 150 м	17.08 100 м	25.08 050м 01:46-03:43
Сентябрь	01.09 100 м	24.09 100 м	29.09 050 м 00:40-04:03	///
Октябрь	08.10 200 м	02.10 100 м	31.10 300 м	02.10 100 м
Ноябрь	06.11 200 м	25.11 400 м	29.11 100 м	01.11 100 м
Декабрь	24.12 200 м	18.12 100 м	27.12 300 м	///

Таблица 5 - Минимальные значения видимости при осадках за период 2019-2022 гг.

Год	2019	2020	2021	2022
Январь	22.01 400 м ливневый снег	12.01 400 м ливневый снег	19.01 500 м ливневый снег	28.01 400 м снег
Февраль	17.02 200 м ливневый снег	29.02 200 м ливневый снег	02.02 500 м ливневый снег	12.02 400 м ливневый снег
Март	01.03 150 м ливневый снег	30.03 100 м ливневый снег	///	29.03 500 м ливневый снег
Апрель	11.04 200 м ливневый снег	16.04 350 м ливневый с. с дождем	06.04 800 м ливневый дождь	22.04 200 м ливневый снег
Май	04.05 800 м ливневый снег	13.05 600 м ливневый снег	01.05 500 м ливневый снег	///
Июнь	///	///	24.06 550 м ливневый дождь	13.06 500 м ливневый дождь
Июль	06.07 600 м ливневый дождь	06.07 100 м ливневый дождь	23.07 400 м ливневый дождь	16.07 900 м ливневый дождь
Август	///	25.08 900 м ливневый дождь	13.08 300 м ливневый дождь	25.08 100 м дождь
Сентябрь	///	///	01.09 800 м ливневый дождь	///
Октябрь	30.10 250 м ливневый снег	25.10 500 м ливневый снег	29.10 600 м ливневый снег	26.10 600 м ливневый снег
Ноябрь	28.11 600 м снег	24.11 600 м ливневый снег	23.11 300 м ливневый снег	16.11 600 м ливневый снег
Декабрь	03.12 400 м ливневый снег	24.12 200 м ливневый снег	29.12 900 м снег	24.12 600 м ливневый с. с дождем

Таблица 6 - Максимальный порыв ветра за период 2019-2022 гг.

Год	2019	2020	2021	2022
Январь	11.01 порыв 15	21.01 порыв 15	///	12.01 порыв 12
Февраль	17.02 порыв 22	16.02 порыв 16	04.02 порыв 13	24.02 порыв 16
Март	30.03 порыв 26	16.03 порыв 17	02.03 порыв 15	19.03 порыв 17
Апрель	11.04 порыв 15	22.04 порыв 17	10.04 порыв 16	27.04 порыв 15
Май	10.05 порыв 15	12.05 порыв 15	18.05 порыв 15	28.05 порыв 15
Июнь	11.06 порыв 19	27.06 порыв 14	19.06 порыв 17	13.06 порыв 14
Июль	28.07 порыв 15	12.07 порыв 17	26.07 порыв 12	20.07 порыв 19
Август	04.08 порыв 15	27.08 порыв 13	03.08 порыв 20	25.08 порыв 14
Сентябрь	15.09 порыв 16	22.09 порыв 20	14.09 порыв 15	01.09 порыв 15
Октябрь	01.10 порыв 13	28.10 порыв 24	08.10 порыв 17	18.10 порыв 15
Ноябрь	15.11 порыв 18	19.11 порыв 18	30.11 порыв 16	13.11 порыв 17
Декабрь	09.12 порыв 16	25.12 порыв 12	////	25.12 порыв 15

3.2 Неблагоприятные гидрометеорологические явления на аэродроме Архангельск за период 2019-2022 гг.

Рассмотрим неблагоприятные явления за 2019 год. Всего наблюдалось 169 случая (25,7% от общей повторяемости за исследуемый период).

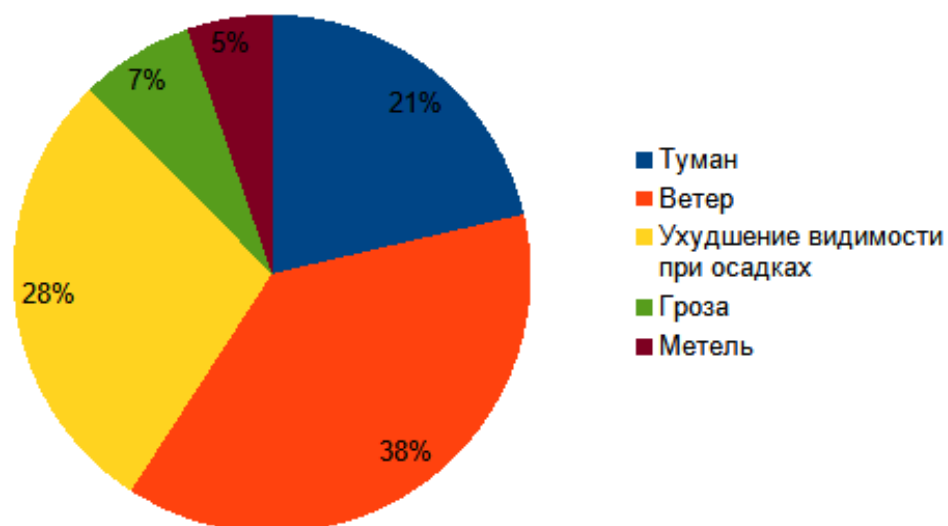


Рисунок 8 – Повторяемость случаев НГЯ за 2019 год

Преобладающим неблагоприятным явлением был сильный ветер максимальные порывы ветра больше 12 м/с (38%).

Максимальные значения были 30 марта – средняя скорость 14 м/с, порыв составлял 26 м/с, направление СЗ. Разница между средней скоростью и порывом составляла 12 м/с, данный случай попадает под критерии опасного явления Шквал. Из-за средней скорости менее 20 м/с данный случай не попадает под критерий опасных явлений погоды как очень сильный ветер.

Ухудшение видимости при осадках – отмеченный минимум видимости был 1 марта. Дальность видимости составляла 150 метров, причиной ухудшения был снег ливневого характера.

Минимальная видимость при тумане была 3 января и 21 января МДВ составляла 50 метров продолжительностью 2час 45 мин и 7 мин (16:15 - 19:00 и 20:53 - 21:00 по ВСВ соответственно). Из-за продолжительности менее 6 часов, оба случая не подходят под критерии опасных явлений погоды.

Зафиксировано 12 случаев грозы на аэродроме. Наибольшее количество было отмечено в июне.

Общих метелей – 9 случаев. Наиболее продолжительная метель – 10 апреля. Ветер восточного направления с порывами ветра 12 м/с, МДВ

700 метров, продолжительность составляла 2 часа 20 минут. Данные критерии не подходят под характеристики сильной метели.

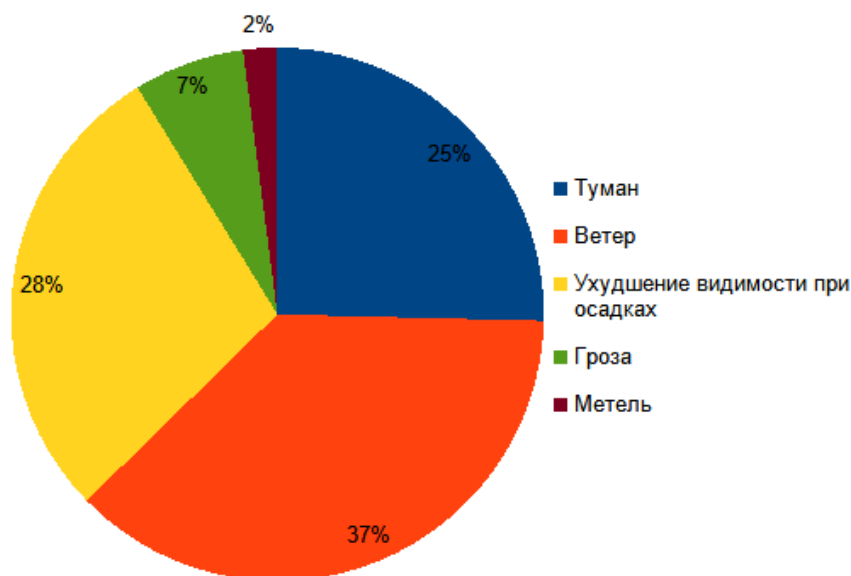


Рисунок 9 – Повторяемость случаев НГЯ за 2020 год

Анализируя данные о неблагоприятных гидрометеорологических явлениях за 2020 год, выявлено, что наибольшее количество штормовых оповещений с аэродрома было подано при превышении критериев скорости ветра, как и в 2019 г.

Максимально зафиксированный порыв ветра был 24 октября и составлял 24 м/с, средняя скорость 17 м/с, направление ЮЗ. Разница между порывом и скоростью составляет 7 м/с, что не подходит под критерии ОЯ.

Минимальная МДВ при осадках 100 метров была 30 марта, 06 июля, ухудшение видимости было из-за ливневых осадков в виде снега и дождя соответственно.

При тумане минимальная МДВ – 100 метров, наблюдалась в даты: 27 апреля, 12 июля, 24 сентября, 02 октября, 18 декабря.

Гроз на аэродроме было отмечено – 13 случаев.

Общая метель – 4 случая. Продолжительная метель наблюдалась 14 мая с 02:25 – 04:30 (ВСВ): 700 метров, ветер западного направления, средняя скорость 8 м/с, порыв 15 м/с.

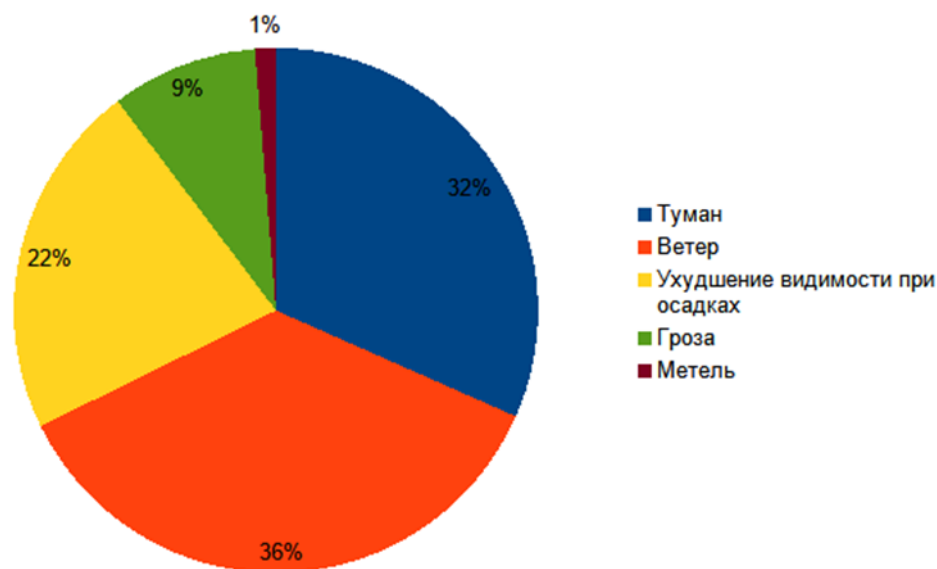


Рисунок 10 – Повторяемость случаев НГЯ за 2021 год

Исходя из данных, можно заметить, что количество штормовых значений по порывам ветра (36%) примерно столько же, как и по минимальной видимости в тумане (32%), по сравнению с другими НГЯ.

В 2021 году максимальный порыв ветра был отмечен 03 августа и составлял 20 м/с при средней скорости 12 м/с и направлении ЮВ.

Минимальная видимость при тумане отмечена с 14 мая с 20:33 по 00:10 15 мая (ВСВ) и составляла 20 метров. Так же отмечалась видимость 50 метров 29 сентября с 00:40-04:03 (ВСВ). Из-за продолжительности менее 12 часов, данные случаи не попадают под критерии опасных явлений погоды.

Видимость при ливневых осадках в виде дождя 13 августа составляла 300 метров, такая же видимость наблюдалась 23 ноября при ливневом снеге.

Всего за год наблюдалось 14 случаев грозы на аэродроме.

Общей метели не наблюдалось, отмечено 2 случая низовой метели.

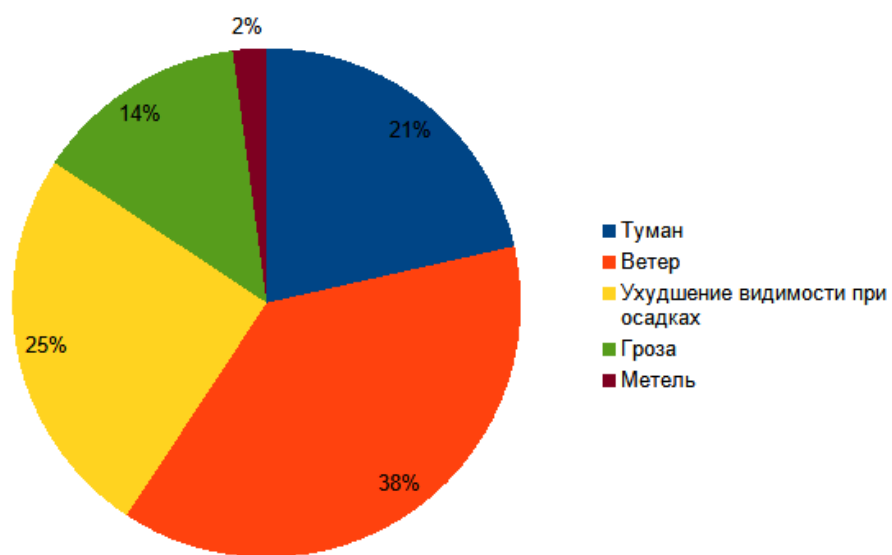


Рисунок 11 – Повторяемость случаев НГЯ за 2022 год

По сравнению с 2021 годом, количество штормовых оповещений по видимости при тумане стало меньше (21%), но порывы ветра остаются преобладающим НГЯ для аэродрома Архангельск (38%).

Максимальный порыв ветра за 2022 год наблюдался 20 июля – 19 м/с при средней скорости 10 м/с, направление СВ.

Минимальная видимость при тумане наблюдалась 25 августа, составляла 50 метров в период с 01:46 по 03:43 по ВСВ, из-за небольшой продолжительности данный случай не попадает под критерии опасного явления погоды.

Минимальная дальность видимости при осадках наблюдалась 25 августа и составляла 100 метров, явлением ухудшающим видимость был дождь обложного характера.

За год отмечено 19 случаев грозы на аэродроме.

Общих метелей – 2 случая, низовой метели – 1 случай.

Минимальная видимость при метели наблюдалась 24 февраля – 700 метров, ветер южного направления, средняя скорость 9 м/с, порыв 16 м/с.

За исследуемый промежуток времени с 2019 по 2022 год наблюдалось только одно опасное явление, подходящее под критерии (Табл. 2).

Проанализируем полученные данные за период с 2019 года по 2022 год. Сравним общее количество штормовых оповещений из Таблицы 3 и построим диаграмму.

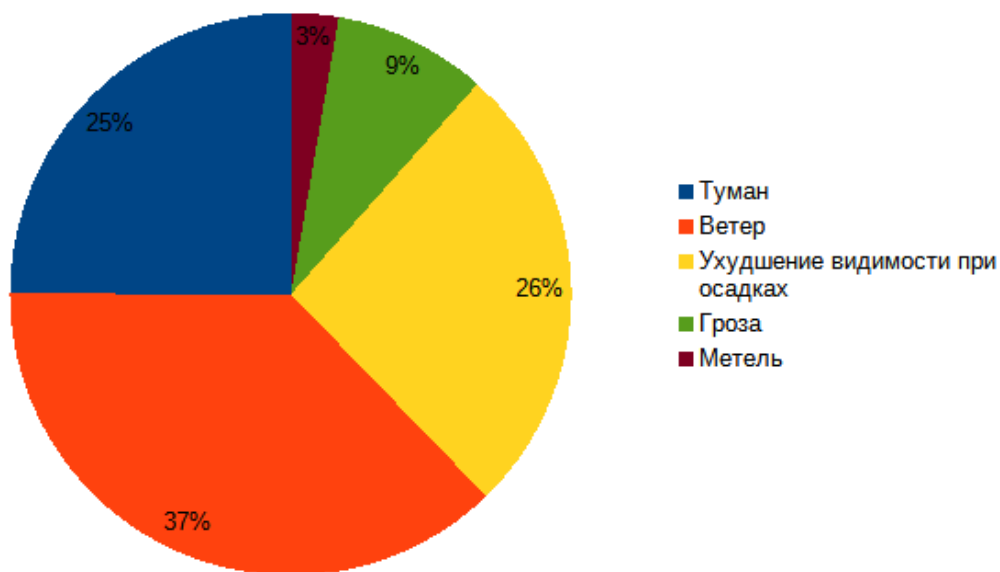


Рис. 12 – Повторяемость случаев НГЯ за 2019-2022 год

По полученным итогам можно сделать заключение, что наиболее встречающиеся НГЯ за исследуемый период, следующие: порывы ветра (37%), связано это с тем, что аэродром Архангельск расположен на равнинной местности. Случаи тумана и ухудшения видимости при осадках примерно равны (25% и 26% соответственно), частое появление на аэродроме тумана чаще всего связано с тем, что вблизи ВПП находится болотистая местность. Гроза наблюдалась всего в 9% случаев. Наиболее редко встречающееся явление это метель – 3% от общего количества штормовых оповещений. Связано это с удаленностью от морского побережья и хвойного леса обрамляющего всю территорию аэропорта.

Описание синоптической обстановки опасного явления, которое было выявлено при проведении исследовательской работы.

30 марта 2019 года в 00:22(ВСВ) на аэродроме Талаги (Архангельск) по метеорологическим параметрам с помощью приборов ИПВ-1, было замечен шквал продолжительностью 8 минут, средняя скорость которого достигала 14 м/с, порыв ветра составил 26 м/с, северо-западного направления

Рассмотрим синоптическую обстановку в этот день, по архивам карт дежурных синоптиков АМЦ Архангельск. (рис. 13-14)

Кольцевая карта 30.03.2019 за 12:00 (ВСВ)

Синоптическая обстановка у земли в районе Архангельска, погоду определяет ложбина циклона, центр которого располагается над Новой Землей, с прохождением холодного фронта с волнами, поле градиентное, за счет чего наблюдается сильный ветер с порывами. Из-за сгущения изобар наблюдается струйное течение у земли. Перед фронтом наблюдается понижение давления, в тылу большой рост. Осадки ливневого характера в виде мокрого снега, без особых ухудшений видимости.

Архангельск располагается в теплом секторе, на подходе холодный фронт с волнами который смещается на юго-восток, скорость 50-60 км/ч.

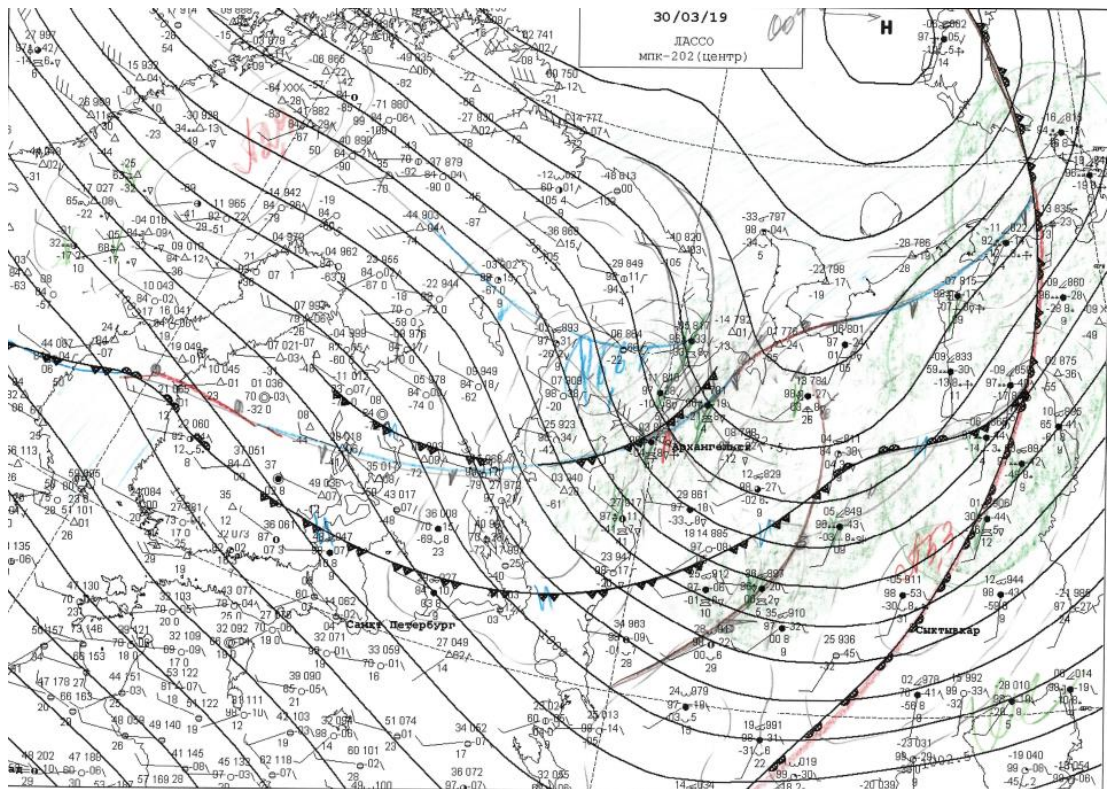


Рисунок 13 – Кольцевая карта 30.03.2019 за 00:00 (ВСВ)

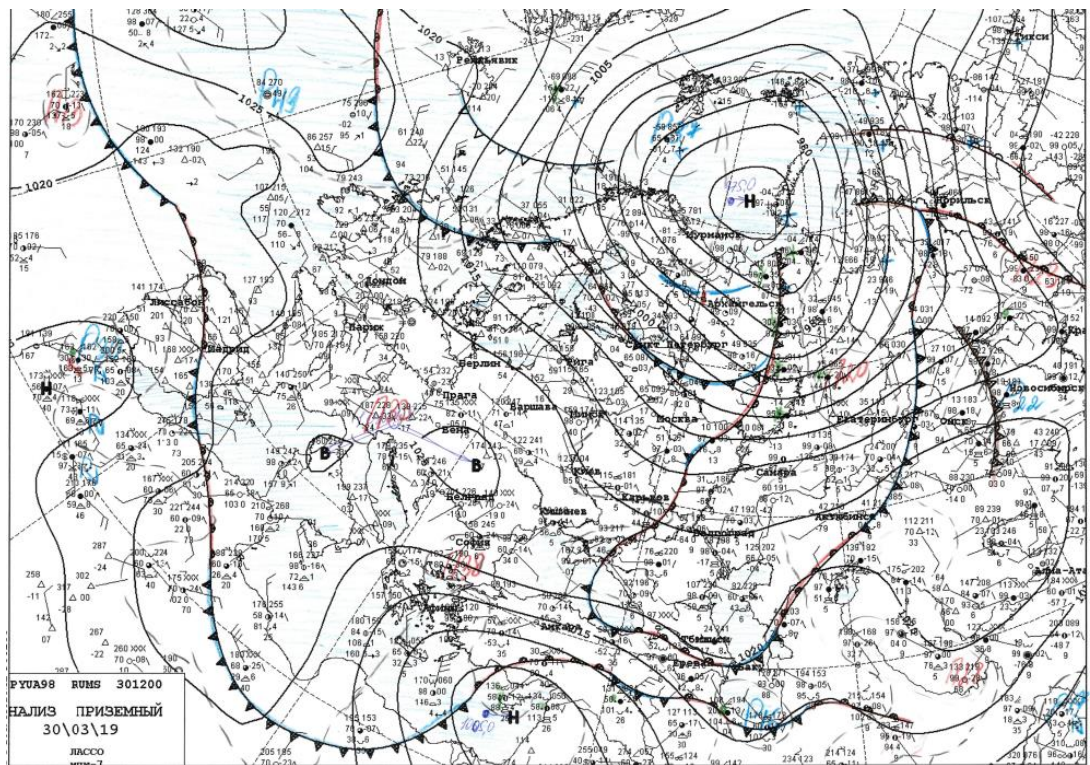


Рисунок 14 – Анализ приземный 30.03.2019 за 12:00 (ВСВ)

Анализ приземный 30.03 за 00:00 (ВСВ) в архиве АМЦ Архангельск не сохранился, поэтому рассмотрим приземный анализ 30.03 за 12:00.

Мы видим, что район Архангельска находится под влиянием юго-западной части циклона, центр которого существенно не сместился, находится над Новой Землей. Основная система фронтов относительно Архангельска сместилась на юго-восток. В тылу циклона наблюдается прохождение холодных вторичных фронтов.

Рассмотрим случаи НГЯ приближенные к ОЯ, но неподходящие по продолжительности.

3 января 2019 года наблюдался туман 16:15-19:00, видимость составляла 50 м. Продолжительность составляла 2 часа 45 минут, что не подходит под критерии ОЯ, тем не менее, такая видимость ограничивает производство полетов на аэродроме и нарушает план полетов, что приводит к материальным потерям эксплуатантов.

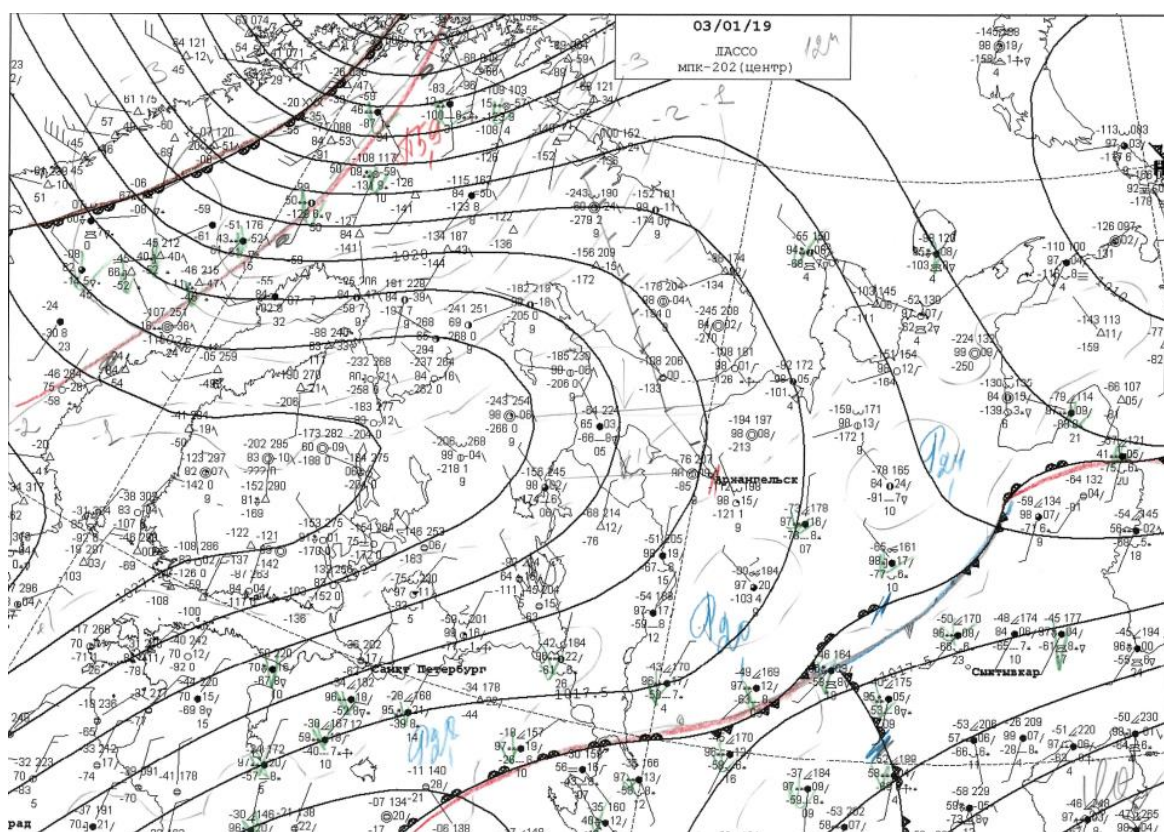


Рисунок 15 – Кольцевая карта 03.01.2019 за 12:00

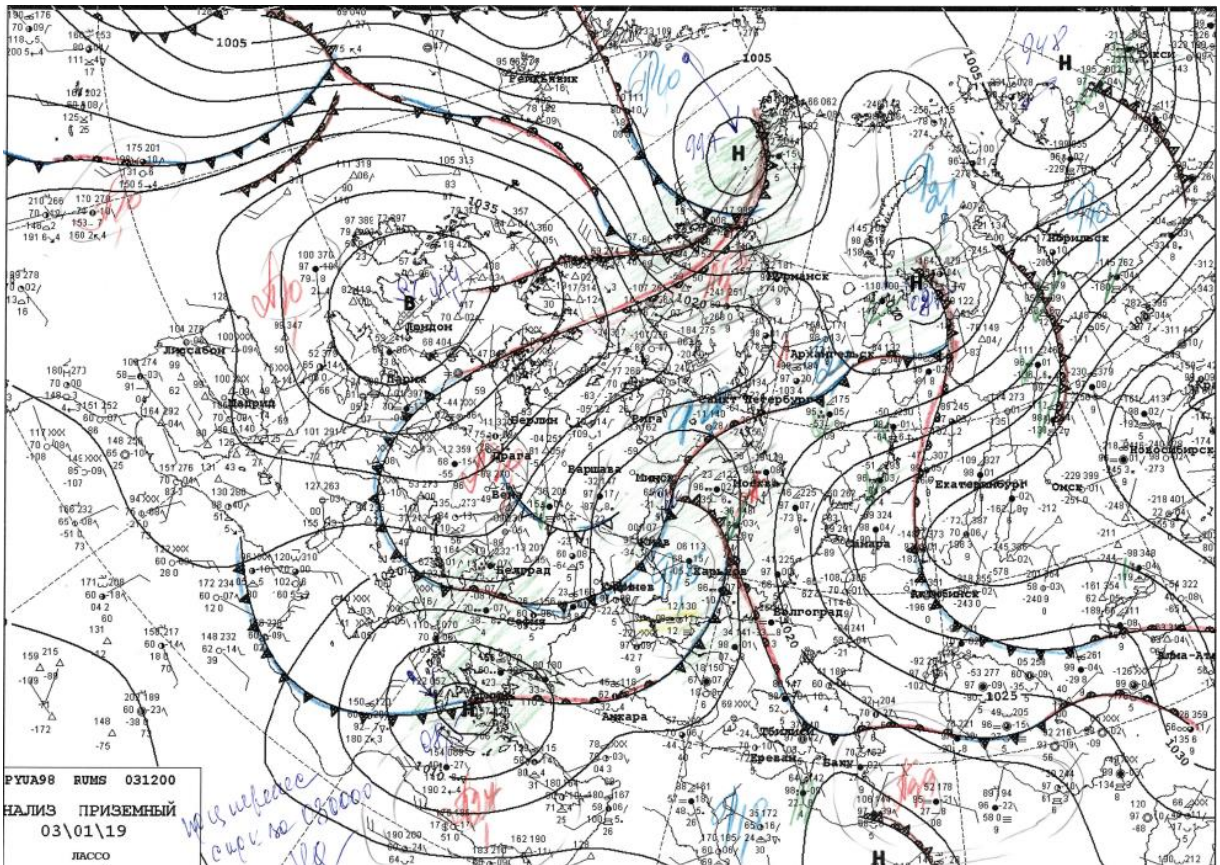


Рисунок 16 – Анализ приземный 03.01.2019 за 12:00

Синоптическая обстановка 3 января 2019 года (рис.15-16)

Кольцевая карта у земли за 12:00.

Архангельск находится под влиянием оси гребня антициклона, обстановка которого располагает к образованию тумана, неустойчивому ветру у земли.

Приземный анализ за 12:00.

Архангельск находится под влиянием седловины, размытое барическое поле (два циклона, два антициклона). На данный срок Фронтальных разделов не наблюдается.

Рассмотрим синоптическую ситуацию за 06.07.2020 (рис. 17-19).

Наблюдалось ухудшение видимости до 100 метров с 10:26 по 10:30, осадки в виде ливневого дождя. Данный случай не подходит под критерии ОЯ, но рассмотрим его в качестве примера.

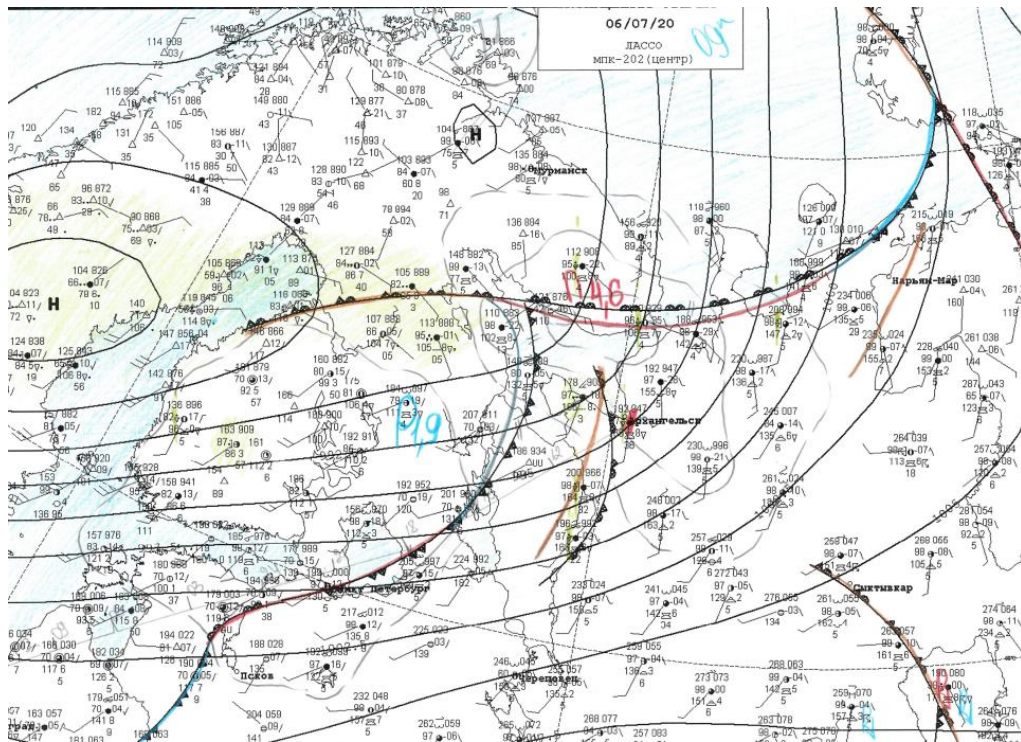


Рисунок 17 – Кольцевая карта 06.07.2020 за 09:00(BCV)

Синоптическая обстановка, которую можно наблюдать по кольцевым картам за 09:00 и 12:00 (BCV).

Архангельск находится под влиянием передней части циклона. Центр циклона над Швецией, смещается на восток, северо-восток, скорость 40 км/ч.

В передней части циклона наблюдалась система фронтов, Архангельск находится в теплом секторе с прохождением фронта окклюзии с запада на восток. За счет чего на аэродроме Архангельск наблюдались осадки ливневого характера от умеренных до сильных - ухудшающие видимость до 100 метров.

В приземном анализе наблюдалась аналогичная ситуация: передняя часть циклона, теплый сектор, фронт окклюзии.

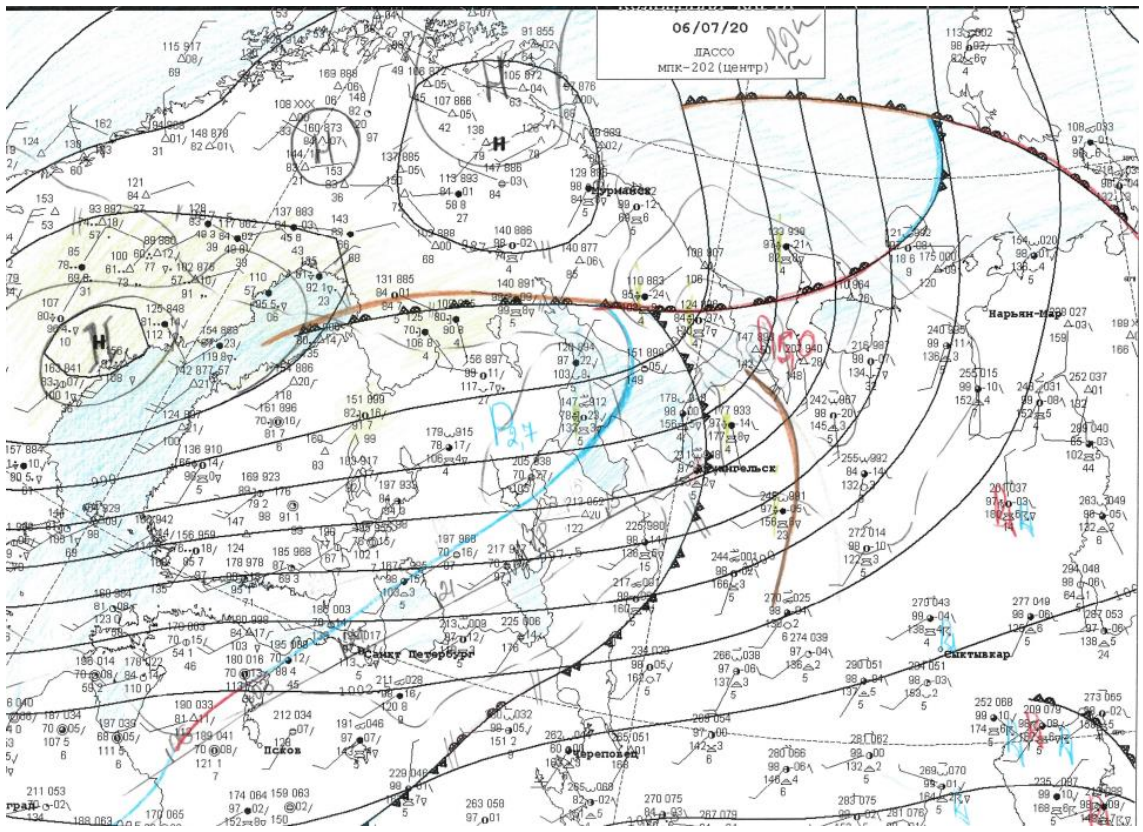


Рисунок 18 – Кольцевая карта 06.07.2020 за 12:00(BCV)

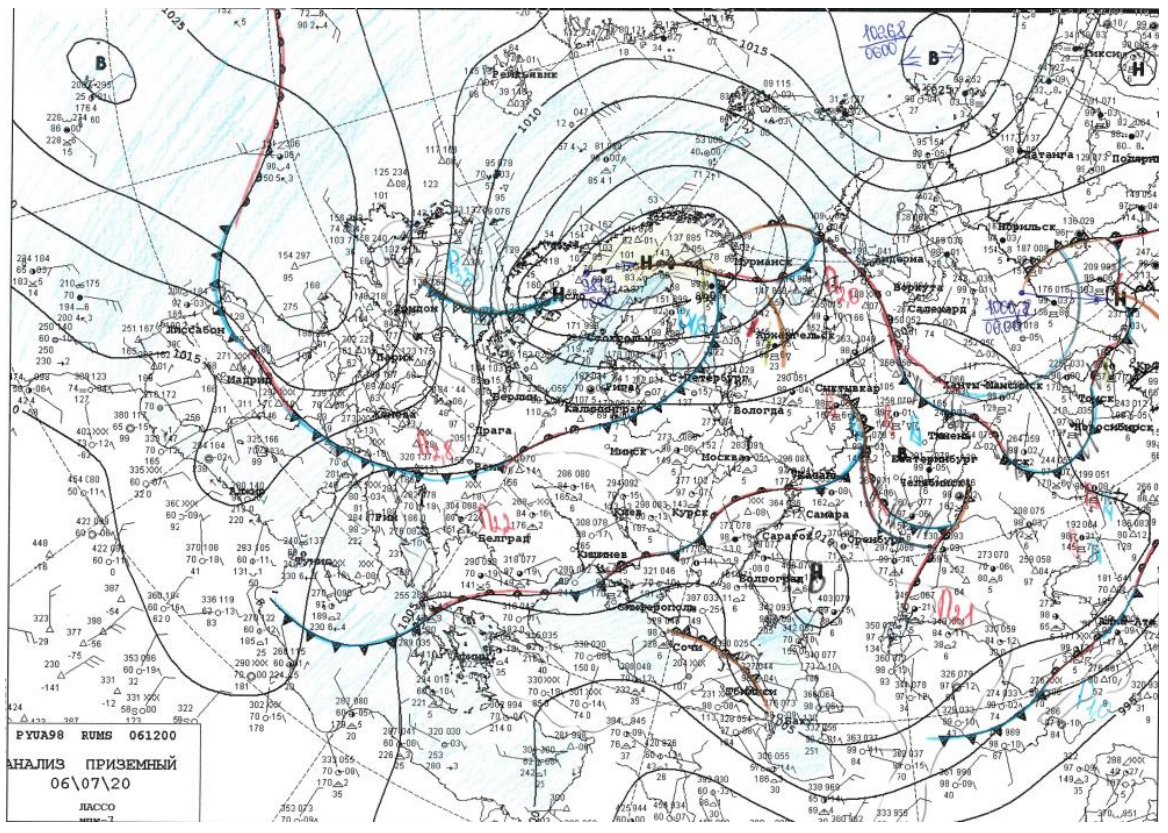


Рисунок 19 – Анализ приземный 06.07.2020 за 12:00(BCV)

3.2.1 Анализ грозовой деятельности в аэропорту Архангельск

Анализируя все НГЯ и ОЯ за 2022 год, можно отметить, что общее количество гроз за 2022 год составило 19 случаев, из них внутримассовых 7 случаев (37%) и фронтальных 12 случаев (63%). Преобладающими за 2022 год являются фронтальные грозы.

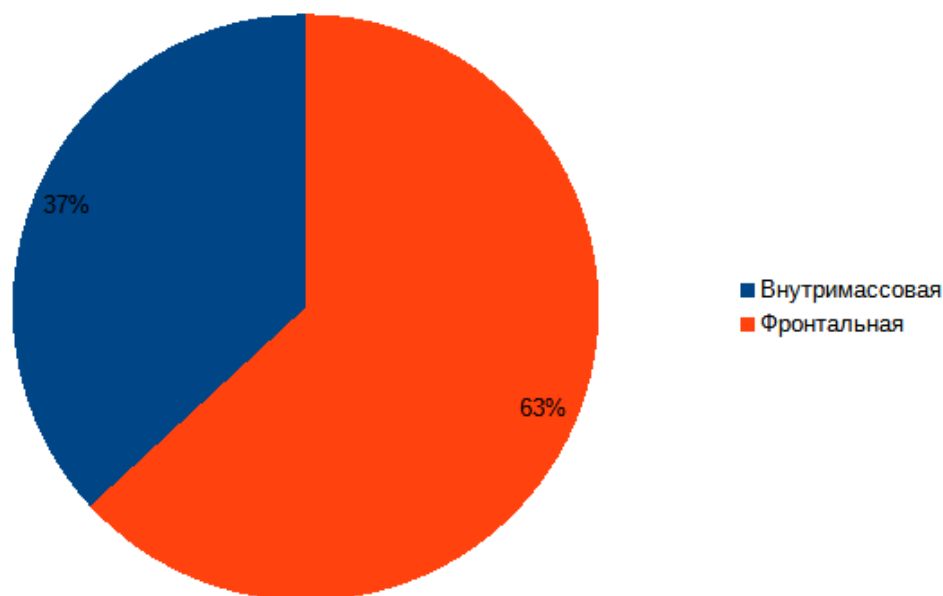


Рисунок 20 – Грозовая деятельность за 2022 год

Фронтальные грозы возникают на атмосферных фронтах, на относительно узкой полосе раздела теплого и холодного воздуха. Эти грозы не имеют регулярного суточного хода.

3.2.2 Анализ туманообразования в аэропорту Архангельск

Подтвержденных случаев тумана 30 случаев, из них радиационных 13 случаев (43%) и адвективных 17 случаев (57%).

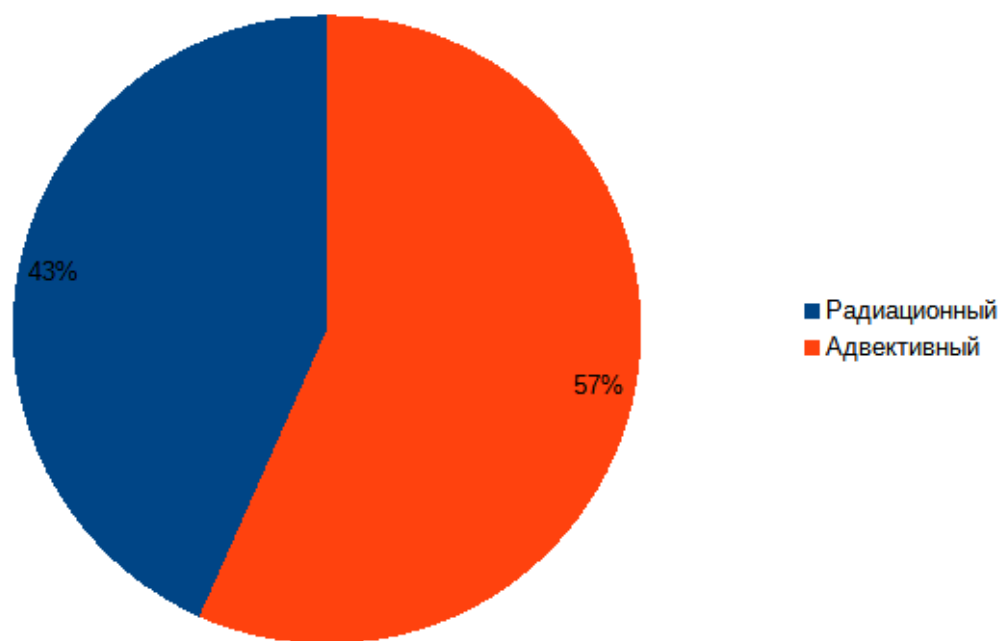


Рисунок 21 – Туман за 2022 год

Адвективный туман возникает вследствие перемещения воздушной массы на более холодную подстилающую поверхность, в то время как радиационный возникает над поверхностью почвы, выхолодившейся путем излучения, например в ночное время или зимой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследования была выбрана территория Архангельской области. Рассматриваемая территория отличается суровым климатом, значительной экологической уязвимостью. Эти факторы являются решающими в вопросе повышенного внимания к опасным явлениям погоды именно в этом регионе.

В последние годы значительно возросло внимание общества к проблеме стихийных бедствий, в том числе и к природным экстремальным явлениям погоды. Социально - экономическое развитие регионов России находится в тесной зависимости от климатических условий, поэтому важно знать об опасных явлениях погоды, которые были в прошлом, чтобы исключить или смягчить их негативное проявление в настоящем и будущем.

К сожалению, из-за редкой сети наземных станций, сокращения сроков наблюдения для экономии бюджета, заблаговременное прогнозирование любых ОЯ становится чрезвычайно сложным.

С появлением сети Интернет и возможность быстрой передачи информации, возникает необходимость систематизации информации о климатических характеристиках опасных гидрометеорологических явлений, которая используется при планировании полетов и организации работ, направленных на обеспечении безопасности авиации.

Все метеорологические элементы в той или иной степени влияют на деятельность авиации. Однако некоторые из них не являются опасными для полетов, и влияние их следует только учитывать при подготовке к полету и при его выполнении.

Успехи в области самолетостроения, появление более продуманных и усовершенствованных вычислительных машин позволяют по-новому организовать сбор, обработку и анализ метеорологической информации и открывают большие возможности для автоматизации метеорологического обеспечения полетов в целом.

В результате выполнения работы:

1. Создан архив данных ОЯ и НГЯ за период 2019-2022 год по данным журналов погоды АВ-6 и журнала штормовых оповещений.

2. Проведен анализ повторяемости наблюдаемых явлений за весь период исследования. Максимальные и минимальные значения НГЯ за каждый месяц с 2019 по 2022 года.

3. Проведено описание синоптических ситуаций, используя кольцевые карты погоды и приземный анализ в день зарегистрированного ОЯ и близких по значению НГЯ, которые имели большое влияние на работу аэродрома.

4. Проанализированы случаи грозовой деятельности и туманообразования за 2022 год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат Архангельска / под ред. канд.геогр.наук. Ц.А. Швер, А.С. Егоровой. 1982г.
2. И.В. Грищенко / Климат Архангельской области. Архангельск 2017г.
3. Авиационная метеорология / А.М Баранов, С.В. Солонин. Гидрометеиздат Ленинград 1975г.
4. А.М. Баранов / Видимость в атмосфере и безопасность полетов. Гидрометеиздат Ленинград 1991г.
5. Основы воздухоплавания и авиации / Г.И. Гольшев, Б.Л. Местон Гидрометеорологическое издательство 1960г.
6. О.Г. Богаткин / Основы авиационной метеорологии РГГМУ Санкт-Петербург 2009г.
7. О.Г. Богаткин / Авиационные прогнозы погоды / «БХВ-Петербург» 2010г.
8. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. / РД 52.04.563 – Санкт-Петербург 2013г.
9. Климатическое описание аэродрома Архангельск / Северный филиал ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» АМЦ Архангельск / Архангельск 2020г.
10. Изменения агрометеорологических параметров Севера и юга Архангельской области в условиях глобального потепления климата / Игнатенко Д.Н. , Путырский В.Е. 2017 г.