



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: «Исследования условий возникновения ветра «норд-ост» в районе
аэропорта Геленджик»

Исполнитель Ильина Ксения Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)
Волобуева Ольга Васильевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 7 » сентября 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Местные ветра и их классификация	6
1.1. Основные характеристики ветра норд-ост.....	7
1.2. Синоптические условия образования ветра норд-ост	10
2 Методы прогнозирования ветра «норд-ост».....	11
2.1 Синоптический метод прогноза ветра норд-ост.....	11
2.2 Основной метод прогноза ветра «норд-ост» по аэродрому Геленджик. Метод А.М.Перепечаева.....	13
3 Анализ образования ветра норд-ост на аэродроме Геленджик.....	15
3.1. Физико-географическое описание района исследования.....	15
3.2. Климат района исследования	15
3.3 Анализ повторяемости случаев ветра норд-ост на аэродроме Геленджик за период 2019-2021 гг.	24
3.4 Сопутствующие явления при образовании норд-оста	30
3.5 Характерные синоптические процессы, обуславливающие образование норд-оста.....	35
Заключение	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	41

Сокращения

- АМСГ - Авиационная метеорологическая станция гражданская
- АТ - Абсолютная топография
- ОТ - Относительная топография
- ЕТР - Европейская часть России

ВВЕДЕНИЕ

Очень часто в районе аэропорта Геленджик возникает сильный северо-восточный ветер, который называют норд-ост или бора. Это метеорологическое явление оказывает большое влияние на безопасность полетов воздушных судов, вылетающих с аэропорта Геленджик, так как полоса имеет один курс посадки и вылета, в связи с чем во время норд-оста большее количество бортов уходят на запасной аэропорт.

Направление и скорость ветра определяет возможность выполнения взлета и посадки самолета. Поэтому для обеспечения безопасности полетов на каждом аэропорту установлены минимумы погоды. Они обозначают предельные погодные условия, при которых разрешается взлет и посадка воздушного судна, что определяется множеством факторов: типом воздушного судна, наземным оборудованием, рельефом местности, классом аэродрома и многим другим.

Для наблюдения за ветром норд-ост взяты реальные архивные данные АМСГ Геленджик. Интервал наблюдений составил 3 года с 2019 по 2021 года. Основной архив данным взят из журнала АВ-6, включающий в себя ежечасные метеорологические наблюдения. Так же изучен журнал бортовой погоды и исследованы синоптические карты.

Актуальность исследования обусловлена тем, что ветер норд-ост является опасным метеорологическим явлением погоды для полетов на аэродроме Геленджик, приводящим к прекращению полетов. Поэтому главная задача специалистов состоит в том, чтобы заблаговременно и максимально точно спрогнозировать начало и окончание ветра норд-ост.

Для АМСГ Геленджик данные исследования проводятся впервые.

Целью работы является исследования условий возникновения ветра норд-ост в районе аэропорта Геленджик.

Задачи:

- Собрать архив данных случаев ветра «норд-ост» по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021 гг.
- Выявить повторяемость годового хода случаев «норд-ост» по данным АМСГ-Геленджик за период 2019 - 2021 гг.
- Выявить максимальную продолжительность ветра «норд-ост» по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021гг.
- Выбрать случаи максимального ветра «норд-ост» по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021 гг.
- Определить сопутствующие явления погоды при норд-осте.
- Определить синоптические ситуации образования ветра норд-ост в районе аэродрома Геленджик.

1. МЕСТНЫЕ ВЕТРА И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Наблюдения за параметрами ветра включают в себя измерения направления ветра, средней и максимальной скорости ветра. Наблюдения производятся по датчикам WAA151/WAV151 станции КРАМС-4, установленных вдоль ВПП (рабочий курс, в районе середины ВПП, противоположный курс) на высоте 10 м над поверхностью земли. Датчики параметров ветра сориентированы по истинному меридиану

Географическое положение города Геленджика, а именно близость Кавказского хребта, предопределяет преобладающие направления ветра. Горы являются механическим препятствием, изменяющим направление воздушного потока, создавая, так называемые аэродинамические трубы. Наиболее часто повторяющиеся направления сильных ветров в Геленджике - это северо-восточный и юго-восточный ветер.

Воздушные течения в нижнем слое атмосферы, характерные для определенных ограниченных географических районов, называют местными ветрами. Происхождение их различно.

Местные ветры могут быть результатом разного нагревания земной поверхности (ветры термического происхождения: бризы, горно-долинные), механического возмущения воздушных течений, вызванных рельефом местности (фён, бора) и т. д.

Норд-ост (Бора) — штормовой, порывистый и холодный ветер, дующий с низких горных хребтов в сторону теплого моря. Образуется бора преимущественно в холодное время года, когда над охлажденным континентом устанавливается область повышенного давления

Северо-восточный ветер (норд-ост) в Геленджике возникает вследствие блокирующего взаимодействия антициклона в центре ЕТР и Черноморской депрессии. Усиление южного и юго-восточного ветра на побережье связано с выходом активных циклонов на юг Украины.

Бризами называют ветры, наблюдающиеся на побережьях морей, озер и характеризующиеся сменой их направления в течение суток: ночью они направлены с суши на водные поверхности, днем, наоборот, с водной поверхности на сушу.

Бризы связаны с суточным ходом температуры деятельной поверхности. Днем поверхность суши нагревается больше, чем водоема, поэтому атмосферное давление над ней понижается, и в слое до 1...2 км возникает перенос воздуха с водоема на сушу — дневной (морской) бриз. Ночью, наоборот, водоем теплее суши и распределение давления обратное: над сушей больше, чем над водой

Горно-долинные ветры: фёны (борнан, брева, талвинд, хелм, чинук, гармсилль) - теплые, сухие, порывистые ветры, переваливающие через хребты и дующие с гор по склону в долину, продолжаются менее суток.

Суховей - это ветер с высокой температурой и низкой влажностью воздуха в степях, полупустынях и пустынях, образуется по краям антициклонов и продолжается несколько суток, усиливая испарение, иссушая почву и растения.

1.1. Основные характеристики ветра норд-ост

Ветровой режим Краснодарского края формируется под воздействием широтной циркуляции и местных физико-географических особенностей. Основной причиной возникновения ветра является разность давления (рис.1.1.1), т.е. наличие горизонтального барического градиента. Чем больше разность давления на единицу расстояния, тем сильнее ветер [2].

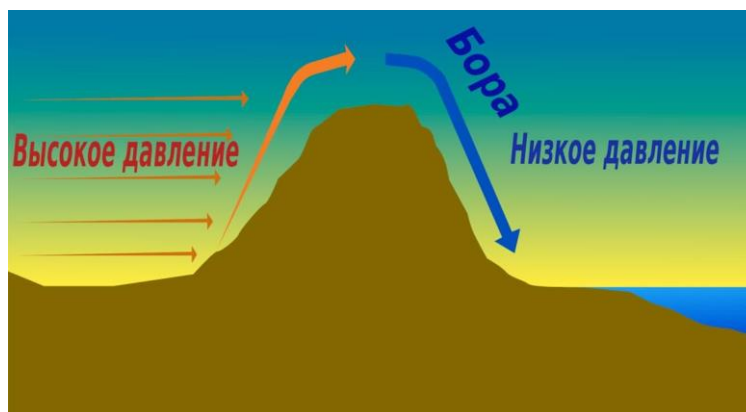


Рисунок 1.1 - Движение области высокого давления (гребень сибирского антициклона) в область низкого давления (черноморская депрессия)

Преобладают ветры восточного, северо-восточного, западного и юго-западного направлений. Преобладание указанных направлений обусловлены местными особенностями циркуляции атмосферы, возникающие под влиянием акватории Черного моря и Кавказской горной системы, на которые накладываются сезонные особенности циркуляции атмосферы над Европой.

Усиление северо-восточного ветра связано с взаимодействием двух барических образований - антициклона над центральными районами России и черноморской депрессии. Происходит это в основном с января по март. Главная роль при этом отводится антициклону, чем он холоднее, чем выше давление в его центре, тем сильнее будут восточные ветры на Северном Кавказе.

Немалая роль в усилении восточного ветра принадлежит главному Кавказскому хребту, задерживающему холодную воздушную массу на своих северных склонах. Холодная воздушная масса, огражденная с одной стороны кавказским хребтом, а с другой антициклоном, вынуждена смещаться вдоль гор, как в аэродинамической трубе [5].

При смещении антициклона из районов Сибири или Северного Ледовитого океана, усиление ветра сначала наблюдается в северо-восточных районах края (Тихорецк, Б.Глина), затем в более южных районах. Наиболее сильный ветер при

данной синоптической обстановке бывает на Черноморском побережье в районе Новороссийска, Геленджика.

Местные ветры - воздушные течения, возникающие и приобретающие типичные свойства под влиянием местных физико-географических и термических условий. Над территорией РФ наблюдаются следующие основные типы местных ветров.

Норд-ост - сильный холодный ветер, направленный с прибрежных невысоких гор (высотой до 1000 м) на море. Бора распространяется вглубь моря на несколько километров, а вдоль побережья - на несколько десятков километров. Вертикальная мощность потока составляет примерно 200 м. Новороссийская бора (норд-ост), наблюдающаяся в холодную половину года со скоростью 40-60 м/с, вызывает понижение температуры до минус 20-25°C. Разновидностью боры является сарма - ветер, дующий на западном берегу Байкала.

На климат Геленджика большое влияние оказывают антициклоны - Азорский (летом) и Сибирский (зимой), а также циклоны - Атлантический и Средиземноморский. Влияние антициклонов приводит к устойчивой ясной погоде - холодной зимой и тёплой летом, а циклоны обычно приносят дождливую неустойчивую погоду. Отрог сибирского антициклона создаёт над Чёрным морем устойчивые северо-восточные ветры - знаменитые черноморские норд-осты. Сильнее всего они проявляют себя зимой. При норд-осте скорость ветра может достигать 40 м/сек, а температура воздуха падает иногда до 15 градусов ниже нуля. Его признак - появление на вершине Маркотхского хребта молочно-серой клубящейся пелены, которая потом растекается по щелям; иногда воздушные потоки отрывают от этой пелены большие клочья и они белыми хлопьями скользят вниз.

Норд-осты на территории Геленджика проявляют себя по-разному. На севере района, в Кабардинке, они сильнее, а по мере продвижения на юго-восток их сила слабеет. В долинах, отделённых горами от побережья, норд-остов почти нет. В самом же городе северо-восточные ветры сильнее дуют в северной его

части и в непосредственной близости от Маркотхского хребта и слабее - в прибрежной части Толстого мыса.

Нередкое явление для Геленджикского района, так же как и для Новороссийска, - северо-восточный ветер (норд-ост). Огромное количество холодных воздушных масс скапливается у северных склонов Маркотхского хребта и, достигнув критической массы, переваливает через него. Они несутся по склонам гор к морю из области высокого атмосферного давления в область более низкого. Неистовый ветер достигает скорости 25–35 м/с. В соседнем Новороссийске скорость ветра еще больше - 30–40 м/с. При сильном норд-осте температура воздуха на 3–5 дней может опуститься до -10°C и ниже. Рекордно низкая температура воздуха была отмечена в декабре 1997 г., когда столбик термометра опустился до -20°C .

Норд-осты случаются не только зимой. В любое время года они вентилируют застойный воздух и позволяют эффективно проводить на курорте аэротерапию.

1.2. Синоптические условия образования ветра норд-ост

Ветра норд-ост в Геленджике возникают при следующих синоптических ситуациях:

- 1) Усиление антициклона в тылу холодного фронта, смещающегося с запада на восток.
- 2) Вторжение холода с севера ЕТР при полярном процессе.
- 3) Распространение Сибирского антициклона на Украину и Балканы при ультраполярном процессе.
- 4) Выход на юго-восток Черного моря активного Средиземноморского циклона [1].

2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕТРА НОРД-ОСТ

Существует четыре способа прогноза ветра у земли. Первыми двумя методами, А.С. Зверева и О.Г. Богаткина, возможно спрогнозировать ветер любой скорости, тогда как другие два метода относятся к прогнозу сильного ветра и шквала.

Метод А.С. Зверева.

За основу данного метода берется анализ графика, где по зависимости горизонтального градиента давления от времени года и времени суток определяется ожидаемая скорость ветра [3].

Метод О.Г. Богаткина.

В данном методе не используются графики. О.Г. Богаткин предложил использовать полуэмпирическую формулу (частично полученную опытным путем):

$$U = k (pp), \quad (1.1)$$

- где: U - скорость ветра, м/с;
 k - полуэмпирический коэффициент (для северо-западной части ЕТР равен 2,5);
 (pp) - барометрическая тенденция, гПа/3ч, взятая по абсолютной величине за последний срок наблюдений.

Наиболее эффективные результаты данная формула даёт в зоне холодного фронта [3].

2.1. Синоптический метод прогноза ветра норд-ост

Основным методом прогноза направления ветра является синоптический метод, в основу которого заложен анализ и прогноз атмосферных процессов и

условий погоды с помощью синоптических карт (приземных, карты абсолютной - АТ, и относительной топографии - ОТ), аэрологических диаграмм, вертикальных разрезов атмосферы и др. Дав оценку и спрогнозировав синоптическое положение в районе аэродрома, синоптик определяет преобладающее направление ветра [1].

Для того чтобы точно ценить встречную и боковую составляющую скорости ветра, чаще всего в авиационных прогнозах погоды направление ветра указывается по восьми румбам с точностью до десятков градусов. Боковая составляющая ветра определяется как при прогнозе направления ветра, так и по фактическому ветру на АМСГ. Это делается при помощи графика, предоставленного на рис. 2.1 [3].

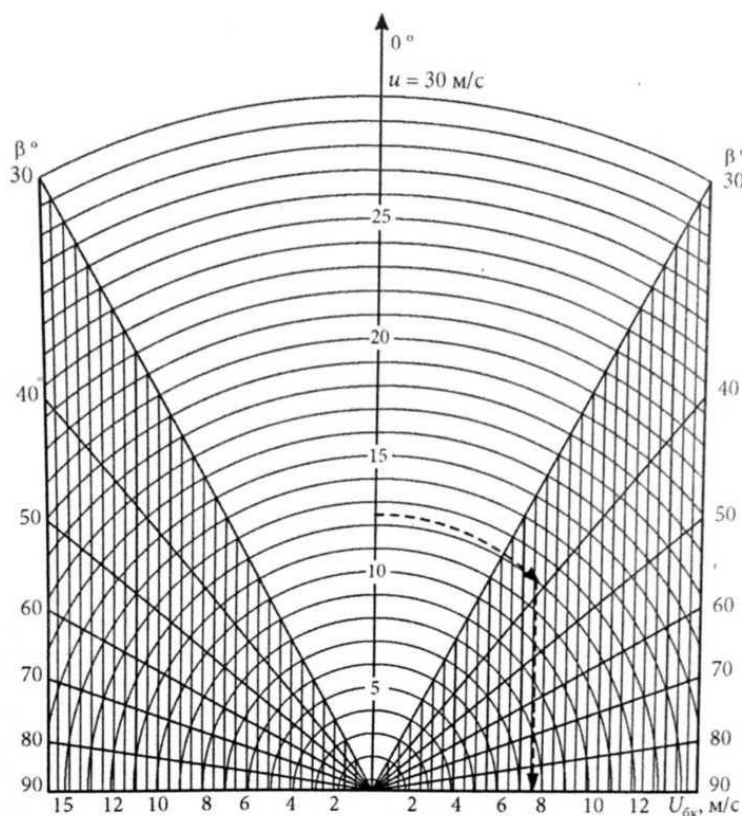


Рисунок 2.1- Номограмма для определения боковой составляющей ветра по скорости ветра

Порядок определения боковой составляющей скорости ветра (ибк) показан стрелками, где вертикальная ось посередине - скорость ветра (u) в м/с, а две

боковые оси - угол между направлением ветра и направлением ВПП (в) в градусах; горизонтальная ось - боковая составляющая скорости ветра в м/с.

В данное время при краткосрочных прогнозах погоды (до 12 часов) прогноз направления ветра стали заменять его диагнозом. Так же крупными прогностическими центрами разрабатываются численные методы прогноза ветра на различных уровнях - компьютерная программа, построенная на основе физической системы уравнений и составленная на основе текущих данных. Результаты таких расчётов оформляются в виде карт температуры и ветра. Методы численного прогноза различных метеорологических элементов, в том числе скорости направления ветра, в настоящее время набирают большую популярность [3].

2.2. Основной метод прогноза ветра «норд-ост» по аэродрому Геленджик. Метод А.М.Перепечаева

Метод разработан техником 1 категории Александром Михайловичем Перепечаевым в 2016 году, оправдывать этот метод начали с 2017 года. Прогноз основан на зависимости скорости ветра от барического градиента. Метод рассчитывался на основании данных о штормовом ветре.

Для прогноза ветра в Геленджике нужно определить давление примерно на равных расстояниях, то есть севернее и южнее Геленджика, а именно, в Запорожье и Сочи.

Известно, что усиления ветра происходит при условии увеличения барического градиента. Поэтому метод Перепечаева заключается в сравнении разницы давления между Запорожьем и Сочи за две последние кольцевые карты.

Этапы прогноза:

- 1) Проанализировать синоптическую ситуацию, характерную для усиления северо-восточного или юго-восточного ветра.

- 2) Между Запорожьем и Сочи нужно отмерить по оси абсцисс разницу в давлении по данным последней кольцевой карты погоды.

- 3) Подсчитать эту же разницу на предпоследней кольцевой карте погоды.
- 4) Сравнить оба эти значения. Если барический градиент возрастает, отложить этот прирост по оси ординат.
- 5) Ориентируясь по диагональным линиям, с помощью интерполяции определяем прогностическое значение ветра. Это и есть значение максимальных порывов ветра.

3. АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ВЕТРА НОРД-ОСТ НА АЭРОДРОМЕ ГЕЛЕНДЖИК

3.1. Физико-географическое описание района исследования

Геленджиик -город в Краснодарском крае Российской Федерации ,курорт на Черноморском побережье Кавказа. Город расположен у подножия западной части горного хребта Маркотх на побережье Геленджикской бухты Чёрного моря. Вход в бухту расположен между двумя мысами: северный называется Тонким мысом, южный — Толстым, поскольку у южного мыса высокий и обрывистый берег. Расстояние между мысами 1852 м, площадь бухты составляет 20 кв. км.

Аэродром Геленджик находится на Тонком мысу.

Географические координаты контрольной точки аэродрома: 44° 34' 55" с.ш., 038° 00' 47" в.д., высота нуля барометра - 37,393м в Балтийской системе высот, местное время - московское (ВСВ+3ч), разность между средним солнечным и поясным временем составляет 28 минут, магнитное склонение - +6 град.

Взлетно-посадочная полоса аэродрома Геленджик сертифицирована, оборудована светосистемой ОВИ-1. Размеры: длина-3100м., ширина-45м., расположена с юга на север. Посадочный курс-01, взлетный-19. Высота порогов: МК01- +27,49м., МК19- +40,09м. Расстояние от торца ВПП до акватории Черного моря около 300м.

Аэродром Геленджик горный, относится к аэродромам класса "Б".

Городской округ Геленджик занимает горно-приморскую полосу Кавказского побережья Черного моря между территориями городов Новороссийск и Туапсе длиной около 90 км. Тонкий мыс сложен нормально залегающими породами нижнего кампана и представлен среднеритмичным

флишевым переслаиванием светло-серых известняков, мергелей, алевролитов, реже песчаников, с присутствием пластовых анкеритовых конкреций.

В геоморфологическом отношении Геленджик находится на южном склоне Главного Кавказского хребта. К центральной части одной из наиболее крупных синклиналей приурочена Геленджикская бухта. Маркотхский хребет, видимый из любой точки Геленджика - это северное опрокинутое крыло этой синклинали.

Долина водотоков района сложена аллювиальными отложениями, покрытыми суглинками и хорошо развитым почвенно-растительным слоем. Пойменная же часть обычно сложена мощными толщами галечников, состоящими из слабо скатанных обломков мергелей, известняков и песчаников.

Водный режим водотоков района типичный для рек Черноморского побережья (небольшая длина, высокие уклоны водной поверхности, развитая гидрографическая сеть). Питание водотоков смешанное, с преобладанием дождевого. Паводки отмечаются в течение всего года, с преобладанием в холодный период и меженью в летний период. Годовой ход уровня определяется главным образом продолжительностью и интенсивностью дождей.

Продолжительность паводков невелика и исчисляется иногда часами. Общее количество паводков в течение года колеблется от 12 до 18.

Леса и лесонасаждения занимают 85% территории округа. Вершины и южные склоны гор покрыты травой и засухоустойчивыми кустарниками, состоящими из держидерева, терна, шиповника, боярышника, дуба пушистого, скумпии, иглицы колхидской и др. Повсеместно распространена сосна пицундская, которая является наиболее древним представителем третичной флоры, сохранившимся до наших дней на Северо-Западном Кавказе. Представлены три вида можжевельников: высокий, вонючий и красный, фисташка туполистая (кевовое дерево).

Все побережье Геленджикской бухты, а также Тонкого и Толстого мыса является обжитым, густонаселенным районом, с многочисленными постройками

частного сектора и баз отдыха, которые подступают к территории аэропорта на удалении 400-500 м слева и справа от ВПП.

Восточнее аэропорта, на удалении 1,5 км, расположена Геленджикская Гидробаза, на которой могут базироваться гидросамолеты и вертолеты.

Сложное физико-географическое положение, разнообразие ландшафта, близость незамерзающих морей и системы высоких хребтов Кавказа вносят ряд изменений в общую циркуляцию воздушных масс. Это существенно влияет на повторяемость неблагоприятных и опасных погодных условий для выполнения работ на аэродроме Геленджик.

Особенностью Черноморского побережья являются весенние морские туманы. При юго-западном ведущем потоке теплая воздушная масса с Малой Азии, проходя над акваторией Черного моря, охлаждается до состояния насыщения. В результате над морем возникает туман, который впоследствии выносится ветром на побережье. В утренние и вечерние часы, когда температура суши невелика, туман закрывает береговую черту и даже распространяется вдоль суши (не далее 2-5км). В середине дня, когда температура достигает максимума, туман у береговой черты рассеивается, отступая от нее на 2-3км. Усиление СВ ветра на некоторое время относит туман в море, но к полному рассеиванию не приводит. Окончательное рассеивание туманов наступает при достаточно высоком прогреве поверхности моря, которое характерно для второй половины мая.

Наряду с адвективными туманами в холодный период года могут наблюдаться туманы, известные под названием «парение моря». Данные туманы возникают в результате адвекции холодного воздуха с берега на значительно более теплую поверхность моря. Такие туманы образуются при больших положительных вертикальных градиентах температуры в нижнем слое воздуха и при разности температуры между водой и воздухом около 10 градусов. Парение моря чаще ночью и утром бывает непродолжительным и с прогревом нижних слоев воздуха прекращается.

Фронтальные туманы наблюдаются при прохождении теплых фронтов, фронтов окклюзии и реже холодных фронтов, их возникновение мало зависит от времени суток. Фронтальные туманы могут наблюдаться как при слабом ветре, так и при достигающем 5-8 м/сек. Вертикальная мощность значительна, так как нередко верхняя граница тумана бывает нижней границей облачности. Фронтальные туманы рассеиваются по мере удаления фронта. [6]

Грозы представляют серьезную опасность для авиации. Образование гроз связано с прохождением холодных фронтов, с процессами конвекции и мощными восходящими потоками в атмосфере. Близость теплого Черного моря и горного хребта способствуют усилению термической и динамической конвекции. Поэтому, грозы в Геленджике - это довольно частое и опасное явление, они могут возникать в любое время года. С мая по сентябрь - пора активной грозовой деятельности. Это связано с интенсивным прогревом воздуха над сушей. В то же время над морем воздух остается прохладным. Возникающие контрасты приводят к мощной конвекции с образованием грозовых облаков. Наличие гор также способствует вынужденной конвекции.

Условия циркуляции атмосферы над Черным морем имеют хорошо выраженный сезонный ход. Зимой Черное море попеременно оказывается под воздействием либо отрога сибирского антициклона, либо циклонов, возникающих на средиземноморской ветви полярного фронта. В первом случае в районе Геленджика наблюдаются восточные или северо-восточные ветры, во втором случае - южные. Летом на Черное море распространяется отрог азорского антициклона, в районе Геленджика в это время устанавливается спокойная погода со слабыми ветрами.

В зависимости от синоптической ситуации все погодные процессы условно можно разделить на внутримассовые и фронтальные.

Для внутримассовых процессов в Геленджике характерна бризовая и горно-долинная циркуляция воздуха. При этом направление ветра меняется с юго-восточного (150°) в утренние часы (05.00.-09.00.), на юго-западное (230°) с 09.00 до 15.00, а после захода наблюдается северо-западный ветер (330°).

Причина этому - неравномерный прогрев и охлаждение поверхности моря и суши. Днем над сушей воздух прогревается быстрее и становится легче, поэтому более плотный прохладный воздух, дующий с моря, вытесняет его. Вечером ситуация обратная. Над сушей, особенно в горах, воздух быстро охлаждается и стекает по горным склонам вниз к побережью.

Наличие фронтальных разделов приводит к нарушению бризовой циркуляции.

Наиболее характерные синоптические ситуации для ветров южной составляющей:

а) в теплом секторе циклонов, смещающихся по ЕТР с запада на восток, или с северо-запада на юго-восток, между 50-60 град СШ. В этом случае от Анапы до Джубги наблюдается сильный юго-западный ветер. Смещение циклонов одного за другим обуславливает значительную (до 3-х суток) продолжительность сильных ветров. В тылу заключительного циклона серии проходит холодный фронт, за которым усиливается северо-западный ветер.

б) в теплом секторе циклонов, смещающихся из районов Средиземного моря через Крым на Воронежскую область. В этом случае в районе Геленджика наблюдается сильный юго-восточный ветер, продолжительность усиления ветра небольшая - от 5 до 10 часов.

Наиболее характерные синоптические ситуации для северо-восточного ветра:

Усиление северо-восточного ветра связано с взаимодействием двух барических образований- антициклона над центральными районами России и черноморской депрессии. Главная роль при этом отводится антициклону, чем он холоднее, чем выше давление в его центре, тем сильнее будут восточные ветры на Северном Кавказе. Усиление северо-восточного ветра наблюдается в Геленджике только в том случае, если гребень антициклона будет распространяться на Балканы. Немалая роль в усилении восточного ветра принадлежит главному Кавказскому хребту, задерживающему холодную воздушную массу на своих северных склонах. Холодная воздушная масса,

огражденная с одной стороны Кавказским хребтом, а с другой антициклоном, вынуждена смещаться вдоль гор, как в аэродинамической трубе.

При смещении антициклона из районов Сибири или Ледовитого океана сильный ветер наблюдается на Черноморском побережье в районе Новороссийска и Геленджика. Воздушная масса некоторое время не может перевалить Кавказский хребет и накапливается на его северных склонах до тех пор, пока вертикальная мощность ее не превысит высоту хребта. После этого она с большой силой обрушивается на южные склоны, переваливая его там, где высота небольшая (Маркотхский и Михайловский перевал). Падая вниз под силой собственной тяжести и под напором наступающего антициклона, воздушная масса в районе Новороссийска и Геленджика приобретает скорость нередко 40-60м/сек. Этот ветер, известный как бора, является результатом влияния рельефа на скорость ветра.

В районе Геленджика существует некоторая особенность боры. Она бывает низовая и верховая. При низовой боре ветер имеет одно направление на обоих торцах ВПП. При верховой боре, за счет расширения воздушного потока после прохождения хребта, направление и скорость ветра меняются в широком диапазоне. В таких случаях на северном торце ВПП- ветер северного направления, а на южном торце- южного направления, т.е. с разными курсами попутный ветер. Особенно сильный ветер наблюдается ближе к горам. Создаются условия для сдвига ветра.

Значительная повторяемость ветров восточной четверти во многом связана с аэродинамическими особенностями циркуляции атмосферы в районе Кавказского хребта. Простирающийся с северо-запада на юго-восток Кавказский хребет вызывает возмущение воздушных потоков с наветренной и подветренной стороны, образуя так называемые аэродинамические трубы, в системе которых и преобладают юго-восточные и северо-восточные ветры.

Метели на аэродроме Геленджик довольно редкое явление. Необходимым условием для возникновения метели является наличие снежного покрова, снегопад и сильный ветер. Как правило, это происходит при приближении

циклона к усиливающемуся антициклону. В районе Геленджика метель всегда сопровождается сильными северо-восточными ветрами, понижением температуры воздуха и выпадением снега.

Гололед на аэродроме Геленджик бывает редко. Гололед в основном возникает при смещении к северу фронтов, ранее стационарирующих в предгорьях Кавказа, при активизации черноморской депрессии, а так же на теплых фронтах при выходе на районы края южных циклонов. Наблюдается гололед обычно при слоисто-дождевой облачности, выпадении обложных осадков, температуре воздуха от минус 0°С до минус 2°С и при штормовых северо-восточных ветрах.

3.2. Климат района исследования

Климат Геленджика относится к умеренно-континентальному, с относительно теплой зимой и умеренно жарким летом. В холодный период года циркуляция атмосферы определяется, в основном, взаимодействием азиатского антициклона и черноморской депрессии. Отмечаются вторжения арктических масс в тылу циклонов, смещающихся с северо-запада. Зимой усиливается влияние южных и западных циклонов. В теплый период горизонтальные градиенты давления и температуры ослабевают, снижается циклоническая деятельность и усиливается влияние Азорского антициклона.

Средняя годовая температура составляет +14,5°С. В годовом ходе минимум температуры приходится на январь, средняя температура января +3,8 °С. Самым теплым месяцем года является август, средняя температура августа +26,0 °С.

Средняя продолжительность безморозного периода 233 дня. Продолжительность безморозного периода может изменяться в диапазоне от 175 до 365 дней. По средним датам заморозки наступают 17 ноября, а заканчиваются 31 марта. Ранние заморозки наступают 06 октября, а поздние заморозки заканчиваются 23 апреля.

Среднее годовое парциальное давление составляет 12,0 гПа. Минимум в годовом ходе приходится на январь - 6,2 гПа, максимум - на июль - 19,9 гПа. Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 75%. Максимальное значение отмечается в мае - 86%, минимальное - в августе - 55% [7].

Практический интерес представляют данные о числе дней с низкой (30% и менее) и высокой относительной влажностью (80% и более). Дни, когда относительная влажность понижается до 30% и менее, можно отнести к сухим. В среднем в год наблюдается 18 сухих дней. В течение года наибольшее число сухих дней обычно наблюдается в августе - 11 дней. Число дней с высокой влажностью (80% и более) имеет хорошо выраженный годовой ход с максимумом в мае - 13 дней и минимумом в сентябре - 2 дня.

Среднегодовое количество общей облачности составляет 3,9 балла, нижней облачности - 2,6 балла.

Наибольшее количество пасмурных дней выпадает на холодное время года. Максимальная повторяемость пасмурного неба по общей облачности наблюдается в феврале - 67%, минимум - в августе - 20%. В зимнее время ясные дни бывают довольно редко. По общей облачности это всего 21% случаев, минимум приходится на февраль. Летом ясная погода стоит чаще, максимум повторяемости ясного неба по общей облачности наблюдается в августе - 58%. Наибольшее число ясных дней приходится на август - 22 дня, наименьшее число ясных дней наблюдается в феврале и составляет 2 дня.

В среднем за год бывает 7 дней с туманом, туманная погода преобладает с марта по май - 6 дней. Суммарная продолжительность туманов за год составляет от 2 до 46 часов, наибольшая продолжительность одного тумана составила 22,5 часа.

Метели возникают крайне редко и не каждый год.

Грозы в Геленджике возможны в любое время года, но чаще - в летние месяцы. Среднегодовое число гроз - 36,1. Из них 10 в июле.

Среднее годовое количество осадков в Геленджике составляет 717 мм. Осадки выпадают в течение года неравномерно. Их максимум приходится на ноябрь-февраль. В годовом ходе максимальное количество осадков отмечается в декабре (229 мм), минимальное – с июня по сентябрь (около 00 мм). За год в среднем наблюдается 129 дней с дождем и 16 дней со снегом.

Благодаря близости теплого Черного моря зима в Геленджике настолько мягкая, что устойчивый снежный покров не образуется. Выпадающий снег тает в течение 1-2 дней.

Близость Маркотхского хребта предопределяет аэродинамические условия для преобладания ветров определенных направлений, а именно: северных и северо-восточных, в случае усиления антициклона над ЕТР, и южных и юго-восточных, в случае развития циклонической деятельности. Средняя скорость ветра в годовом ходе достигает своего максимального значения в январе - 4,9 м/с. Минимум средней скорости ветра наблюдается в мае и составляет 2,8 м/с [4].

Формирование ветрового режима в районе Геленджика определяется его географическим положением и условиями атмосферной циркуляции над ним.

Ветер является главной причиной нарушения регулярности полетов в этом аэропорту, учитывая расположение взлетно-посадочной полосы по отношению к горному хребту Маркотх. Северный порог ВПП находится в непосредственной близости от горной гряды, что вызывает необходимость ограничиться только одним посадочным курсом (01), и одним взлетным курсом(19). Такой режим работы аэропорта приводит к тому, что даже умеренный южный ветер является нелетным для посадки воздушных судов, а умеренный ветер северной четверти является препятствием для взлета самолетов [7].

В связи с этим особое значение обретает изучение розы ветров, среднемесячного и среднегодового хода направления и скорости ветра.

В таблице 3.1 представлены характеристики различных метеопараметров по данным АМСГ Геленджик

Таблица 3.1 - Характеристики метеопараметров по данным АМСГ Геленджик

Значение	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ср. темп.	4,1	4,7	7,3	11,5	15,3	19,9	23,3	23,3	19,2	14,3	9,4	6,4
Абс. Макс	19	21	26,4	28	32	36	39	38	34	30	22	21
Абс. Мин.	-22	-15,4	-8	-7	0,3	5,6	9,5	9,6	1,0	-14	-11,2	-8,5
Осадки (норма), мм	40,4	30,8	32,3	30,7	31,6	47,2	31,8	22,1	31,4	38,7	45,6	60,1
Темп. воды	8,5	7,7	8,6	11,4	16,3	21,3	24,3	25,2	22,3	18,4	14,0	10,5
Солн. дней	11	9	13	12	12	15	18	17	19	18	11	8

3.3 Анализ повторяемости случаев ветра норд-ост на аэродроме Геленджик за период 2019-2021 гг.

Рассмотрим повторяемость случаев ветра норд-ост по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021 гг. (рис. 3.1).

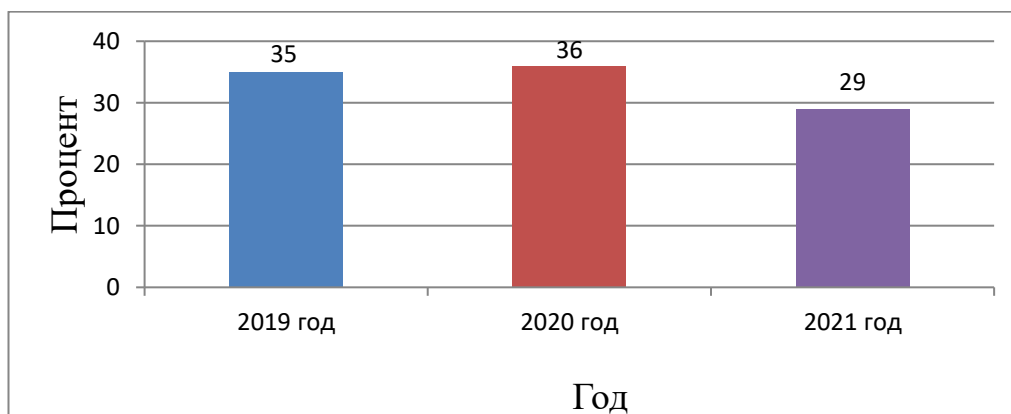


Рисунок 3.1 – Повторяемость случаев «норд-ост» по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021 гг.

Проанализировав повторяемость случаев ветра норд-ост по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021 гг., было выявлено что, повторяемость случаев ветра норд-ост каждый год примерно одинаковый (от 29% до 36%). За 2021 год повторяемость ниже (29%), нежели за 2019 и 2020 гг. (35% и 36%), т.к. влияние Сибирского антициклона в 2021 году было не таким значительным – его область не распространялась до территории Геленджика и циклоны, зарождающиеся в южных районах Черного моря (южные циклоны) чаще проходили через Геленджикский район.

На рисунке 3.2 представлен годовой ход повторяемости случаев норд-оста по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021 гг.

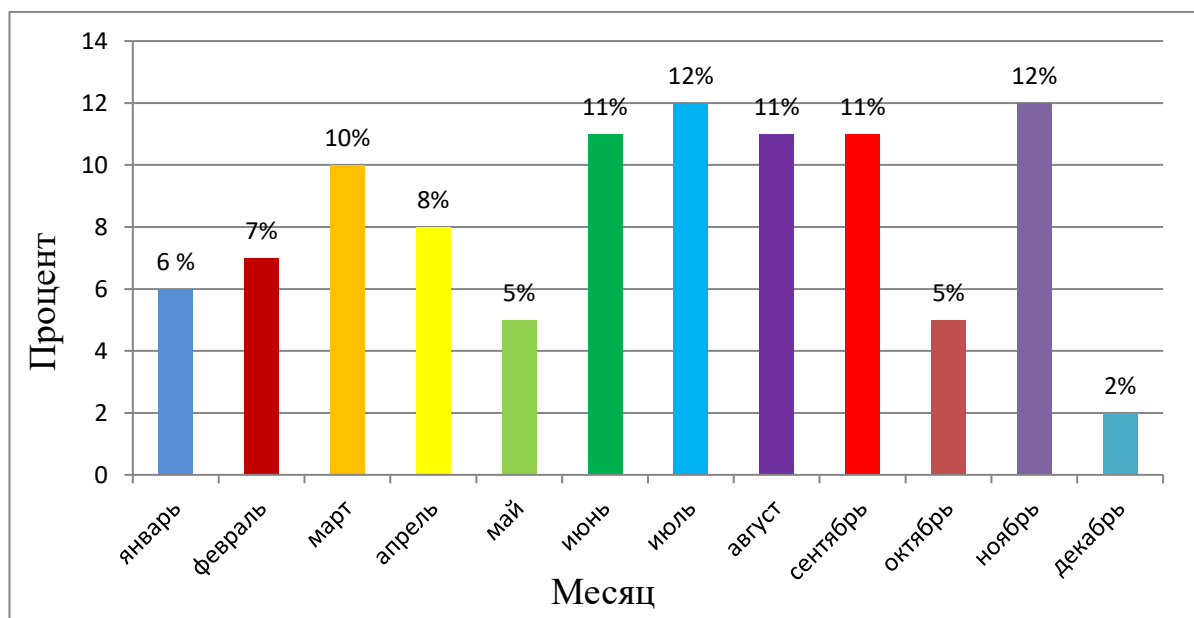


Рисунок 3.2 – Годовой ход повторяемости норд-оста по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021 гг.

Проанализировав годовой ход повторяемости случаев норд-оста по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021 гг., было выявлено, что максимальная повторяемость наблюдалось в летние месяцы: июнь - август (11-12 %), а также сентябрь (11%), ноябрь (12%) и март (10%). Лидируют месяцы июнь и ноябрь (12%). В зимний период гораздо меньше случаев ветра норд-ост

(2-7%). Это связано с тем, что январь и февраль идет обострение Сибирского антициклона, в его переднюю часть происходит заток холода. За счет разницы температур, начинает развиваться Черноморская депрессия (море - теплое, суша - холодная).

На рисунке 3.3 представлено количество дней норд-оста по месяцам по данным АМСГ Геленджик за период 2019 – 2021 гг.

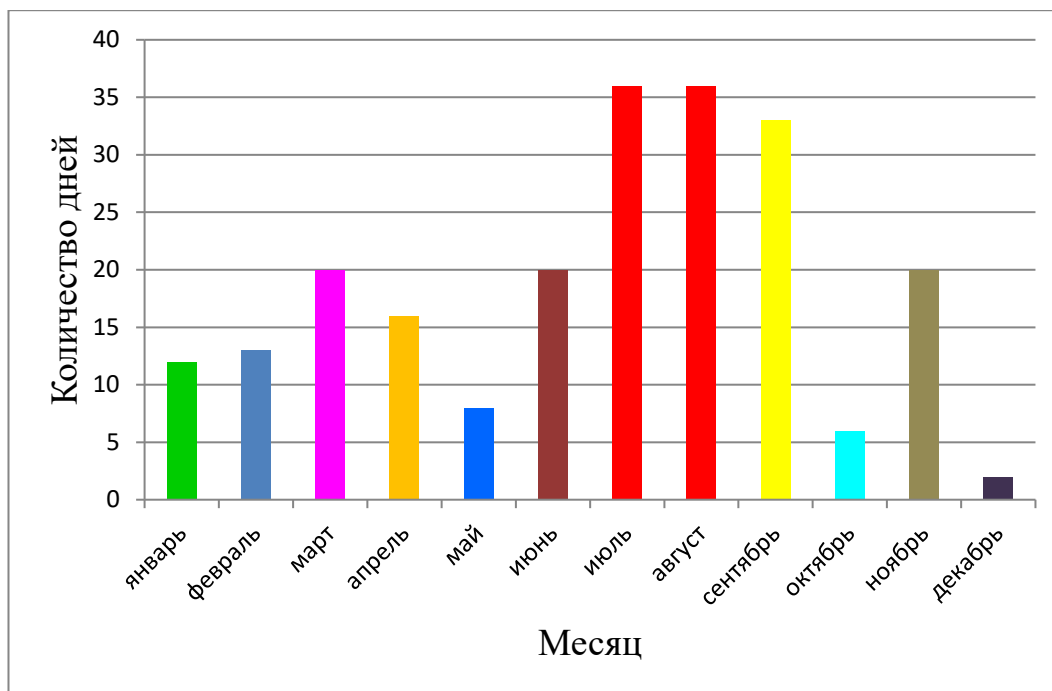


Рисунок 3.3 - Количество дней норд-оста по месяцам по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021 гг.

Проанализировав количество дней норд-оста по месяцам за период 2019-2021 гг. по данным АМСГ Геленджик (всего 222 дня или 83 случая), было выявлено, что лидируют летние месяцы июль-август, а также сентябрь, ноябрь и март. Наибольшее количество дней в июле и августе. Количество случаев норд-оста отличается от количества дней, так как один случай может продолжаться от 3 часов до 10 дней (Табл. 3.2).

Рассмотрим таблицу 3.2 и рисунок 3.4 по продолжительности случаев норд-оста по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021 гг.

Таблица 3.2 - Продолжительность случаев норд-оста по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021гг.

Количество случаев	Продолжительность, дни
27 случаев	1
25 случаев	2
14 случаев	3
5 случаев	4
3 случая	5-7
1 случай	8-10

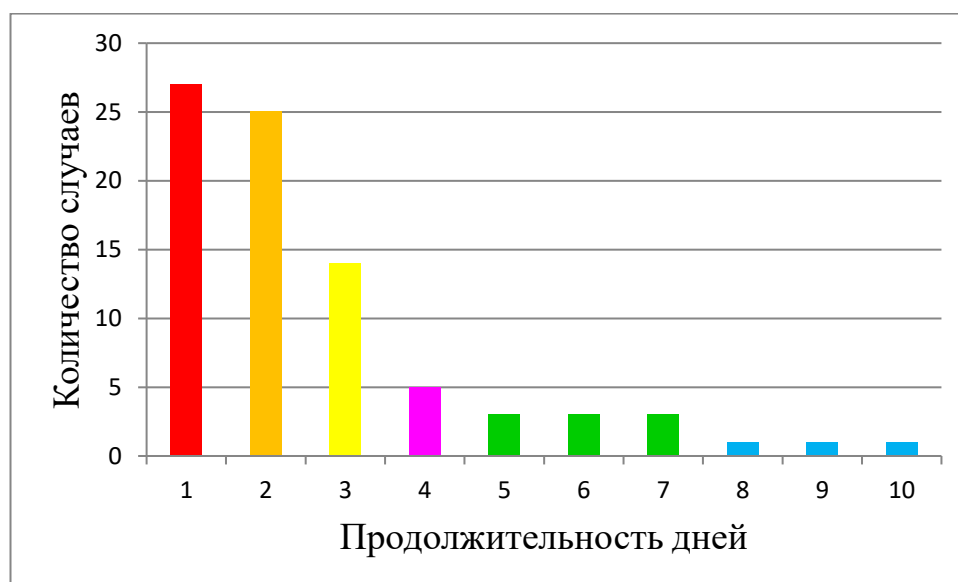


Рисунок 3.4 - Продолжительность случаев норд-оста по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021гг.

Исследовав количество дней в случае, я пришла к выводу, что случай длится от 3 часов до 10 дней. Больше количество случаев с продолжительностью 1 день, что составило 27 случаев, наименьшее 8-10 дней, что составило 1 случай.

Приведем пример 04.11.2020 г, когда норд-ост продолжался 8 дней.

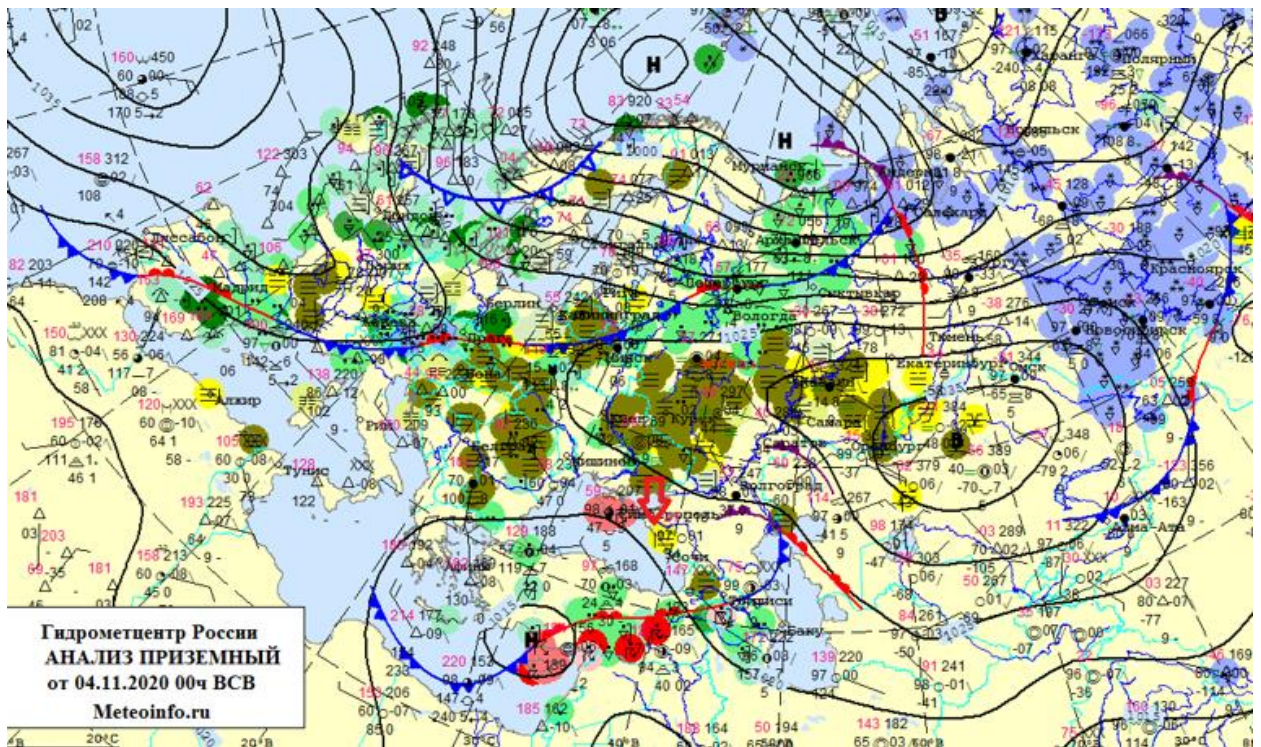


Рисунок 3.5 - Приземный анализ за 04.11.2020 гг.

На рисунке 3.5 мы видим типичную синоптическую ситуацию, где усиливается Сибирский антициклон, и в тоже время развивается Черноморская депрессия. В результате увеличения градиентов между этими двумя барическими образованиями в районе исследования идет усиление северо-восточного ветра.

В таблице 3.3 и на рисунке 3.6 представлена продолжительность случаев по месяцам каждого года по данным АМСГ Геленджик за период 2019 - 2021гг.

Таблица 3.3 - Продолжительность случаев по месяцам каждого года по данным АМСГ Геленджик за период 2019 -2021гг.

2019 год		2020 год		2021 год	
месяц	дней в случае	месяц	дней в случае	месяц	дней в случае
январь	2	январь	3	январь	4
февраль	3	февраль	2	февраль	4
март	2	март	5	март	3

апрель	3	апрель	4	апрель	3
май	2	май	2	май	2
июнь	7	июнь	3	июнь	1
июль	7	июль	3	июль	6
август	10	август	9	август	2
сентябрь	8	сентябрь	6	сентябрь	5
октябрь	1	октябрь	0	октябрь	2
ноябрь	3	ноябрь	3	ноябрь	2
декабрь	0	декабрь	1	декабрь	0

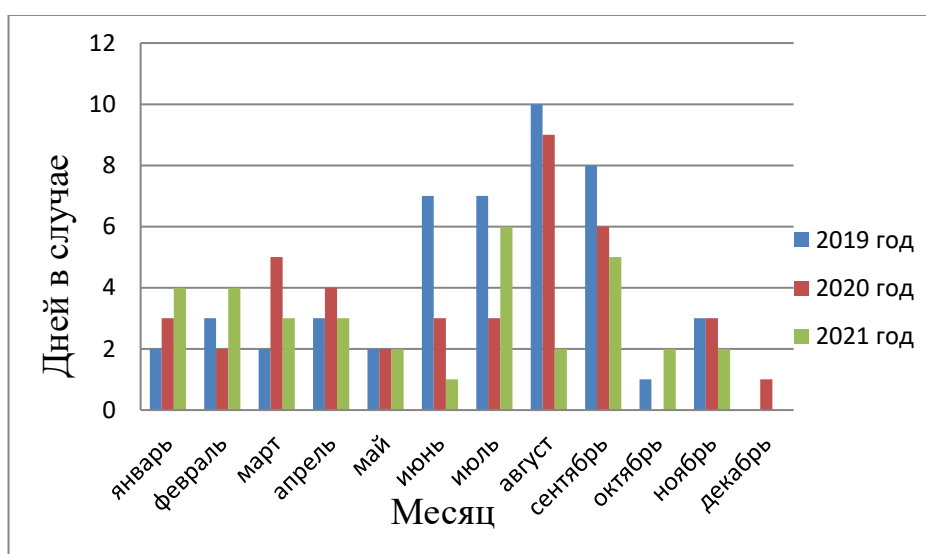


Рисунок 3.6 - Продолжительность случаев по месяцам каждого года по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021гг.

Проанализировав продолжительность случаев по месяцам, можно заметить, что самые продолжительные ветра дуют в летние месяцы: в 2019 и 2020 годах это август, в 2021 году – июль. Таким образом можно сделать вывод, что самые продолжительные, но не самые сильные ветра наблюдались в летний период (табл. 3.4). Это связано с тем, что происходит столкновение холодных и теплых масс, но разница их не так велика, как в переходные месяцы.

В таблице 3.4 представлены характеристики ветра (направление/средняя скорость/максимальная скорость) и период (год, месяц), когда наблюдался максимальный ветер.

Таблица 3.4 - Характеристики ветра, когда наблюдался максимальный ветер

Направление/средняя скорость/максимальная скорость и период (год, месяц)					
2019		2020		2021	
сентябрь	060/23/34	март	040/22/33	март	050/20/39
ноябрь	040/24/33	апрель	050/24/34	сентябрь	040/20/34

Перебрав выборки ветра норд-ост, было выявлено, что максимальная скорость ветра наблюдалась в сентябре и ноябре в 2019 году; марте и апреле в 2020 году; марте и сентябре в 2021 году, то есть в переходные месяцы (весна и осень). Это связано с тем, что в это время происходит обострение Сибирского антициклона и развитие Черноморская депрессии. То есть происходит столкновение области повышенного давления (холодные массы) с областью пониженного давления (теплые массы), что приводит к увеличению барических градиентов.

3.4 Сопутствующие явления при образовании норд-оста

При образовании ветра норд-ост наблюдаются сопутствующие явления, информация о которых передается с борта воздушного судна при посадках и вылетах (так называемая бортовая погода). Это сдвиг ветра и турбулентность.

Далее будет представлен анализ по каждому из этих явлений.

Сдвиг ветра - это смена скорости ветра по значению или резкая смена направления. Турбулентность - это образование нелинейных фрактальных волн при увеличении скорости течения газа или жидкости.

Сопутствующие явления фиксируются после начала ветра норд-ост, так как сводка о фактической погоде на аэродроме METAR передается круглосуточно в автоматическом режиме, а бортовая погода передается только при посадках и вылетах бортов. Бортовая погода на АМСГ Геленджик чаще всего передается при посадках и вылетах бортов на высоте до 600м.

Аэропорт Геленджик работает по регламенту: в зимнее время с 9:00 до 17:00, в летнее время с 9:00 до 21:00. Также на аэродроме не такой плотный график полетов, как в больших аэропортах. Все вместе не позволяет точно отследить статистику сопутствующих явлений, передающихся с бортов воздушных судов.

Но, тем не менее, можно сделать некоторые выводы.

Рассмотрим таблицу 3.5, на которой изображен фрагмент выборки данных с журнала бортовой погоды и архива данных АВ-6 АМСГ Геленджик.

Таблица 3.5 - Сдвиг ветра, турбулентность и время начало ветра норд-ост

Дата	Время передачи борт.погоды	Сдвиг ветра	Турбулентность	Начало норд-оста
31.10.2019	7:00			0:00
02.11.2019	7:10		да	0:00
08.01.2020	8:50		да	4:00
15.01.2020	10:43	да	да	2:57
29.02.2020	9:09		да	4:00
16.03.2020	6:45		да	0:00
26.03.2020	8:07		да	0:00
27.03.2020	15:05	да		11:30
07.04.2020	8:10		да	0:00
21.05.2020	14:14	да	да	10:20
26.06.2020	7:16		да	0:12
10.07.2020	7:10		да	5:00
11.07.2020	7:04	да	да	0:00
12.07.2020	6:25	да		0:30
16.07.2020	7:07		да	0:00

20.07.2020	13:23	да		9:00
23.07.2020	7:18	да		7:50
24.07.2020	14:18		да	0:00
25.07.2020	5:48	да	да	0:00
04.08.2020	7:45	да	да	0:00
05.08.2020	5:47		да	0:00
06.08.2020	7:22	да	да	0:00
08.08.2020	13:48		да	0:00
09.08.2020	14:44		да	0:00
10.08.2020	7:13	да	да	0:00
06.11.2020	12:49	да	да	0:17
11.11.2020	9:19	да		0:00
12.11.2020	7:10		да	1:20

Проанализировав данные бортовой погоды, было выявлено, что больше всего при ветре норд-ост наблюдается сопутствующее явление турбулентность (55%). Так же наблюдался сдвиг ветра (27%) и оба явления вместе (18%).

На рисунке 3.6 представлены сопутствующие явления при образовании норд-оста на аэродроме Геленджик

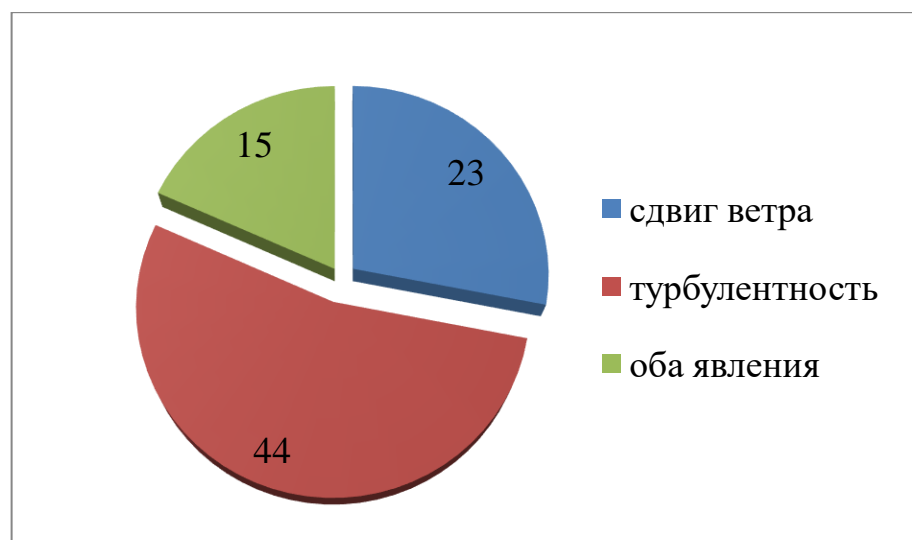


Рисунок 3.6 - Сопутствующие явления при образовании норд-оста на аэродроме Геленджик

Рассмотрим синоптические ситуации со случаями норд-оста, сопровождающиеся сопутствующими явлениями:

- 06.11.2020 была передана бортовая погода и со сдвигом ветра, и с турбулентностью (рис. 3.6);
- 11.11.2020 бортовая погода включала информацию только со сдвигом ветра (рис. 3.7);
- 12.11.2020 бортовая погода включала информацию только с турбулентностью (рис. 3.8).

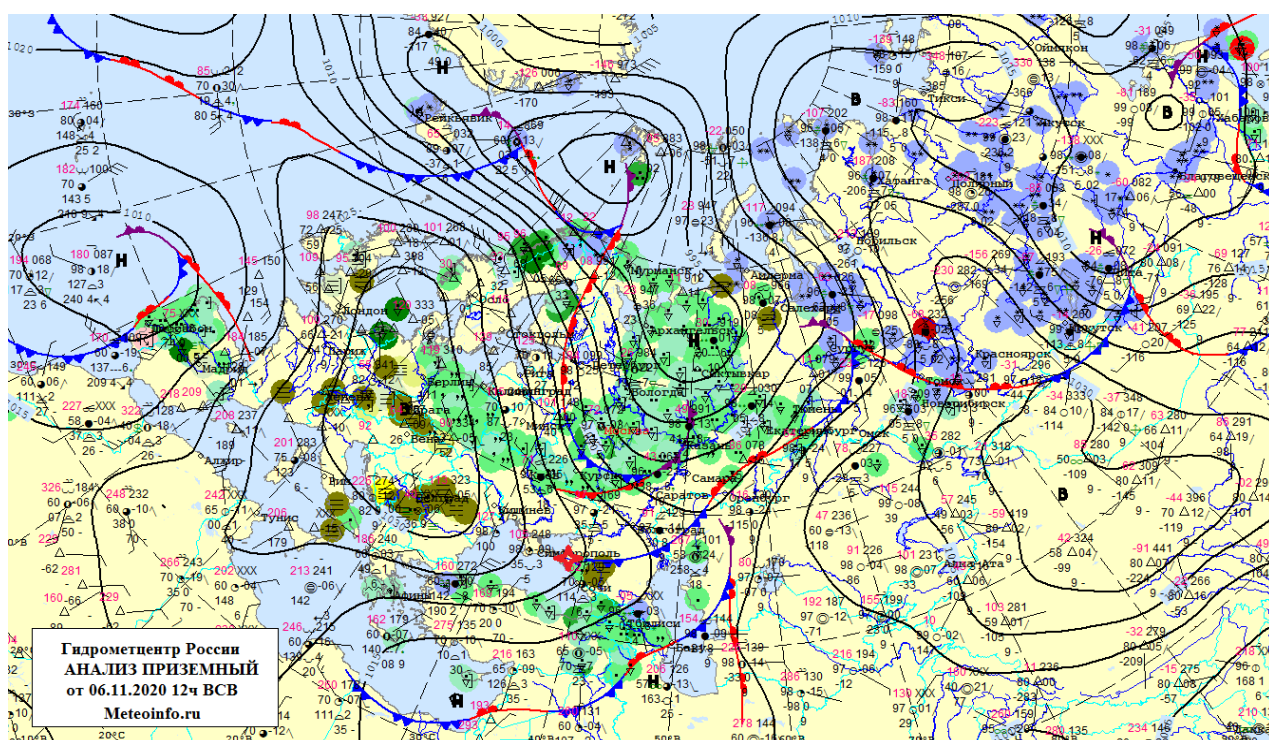


Рисунок 3.6 - Приземный анализ за 06.11.2020 за 12 ВСВ
(сдвиг ветра и турбулентность)

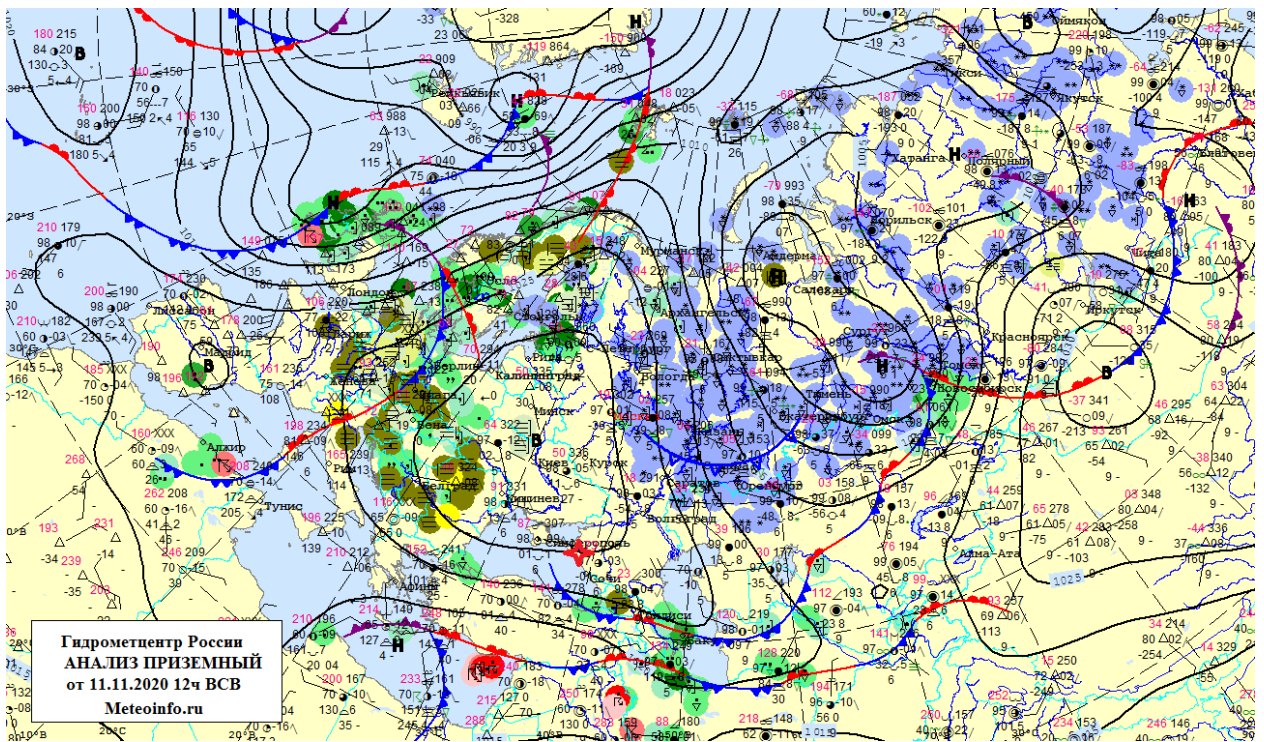


Рисунок 3.7 - Приземный анализ за 11.11.2020 за 12 ВСВ
(сдвиг ветра)

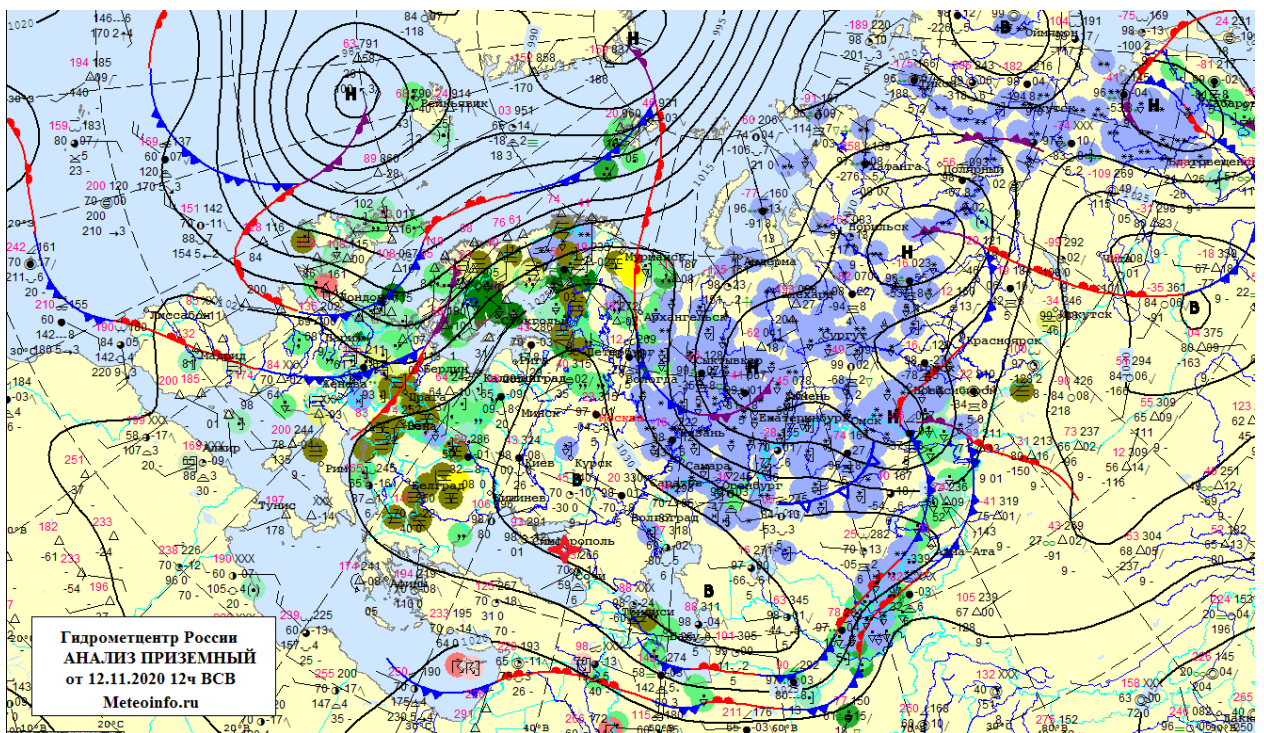


Рисунок 3.8 - Приземный анализ за 12.11.2020 за 12 ВСВ
(турбулентность)

Проанализировав рисунки 3.6-3.8, можно сделать вывод, что чаще всего сопутствующие явления, такие как турбулентность (44%), сдвиг ветра (23%) и оба явления вместе (15%) наблюдаются при прохождении фронтов. На севере или северо-западе развивается антициклон блокирующего действия (Сибирский антициклон), а на юге развивается циклон (Черноморская депрессия). В теплом секторе в районе Геленджика прогнозируется северо-восточные ветра. Происходит увеличение барических градиентов, вследствие этого наблюдается сильный ветер. Часто в таких ситуациях в районе Геленджика проходит холодный фронт с волнами.

3.5 Характерные синоптические процессы, обуславливающие образование норд-оста

Проанализировав синоптические карты в дни с ветром норд-ост, было выявлено, что практически всегда наблюдается одна синоптическая ситуация. Это связано с тем, что в январе и феврале идет обострение Сибирского антициклона, в его переднюю часть происходит заток холода. За счет разницы температур, начинает развиваться Черноморская депрессия (море - теплое, суша - холодная).

Можно предположить, что антициклон расположен в районе Москвы, циклон (Черноморская депрессия) в районе Турции. Ветер в антициклоне движется по часовой стрелке, в циклон против часовой стрелки. Таким образом, в районе Геленджика получается аэродинамическая труба, где потоки циклона и антициклона встречаются и направлены в северо-восточном направлении.

Рассмотрим примеры карт с самым сильным случаем ветра норд-ост по данным АМСГ Геленджик за период 2019-2021гг. По данным наблюдений, случай пришелся на 11.03.2021 года. Ветер наблюдался 050° 20 м/с с порывами до 39 м/с.

На рисунках 3.9-3.12 представлены синоптические карты за 11.03.2021, срок 00 ВСВ.

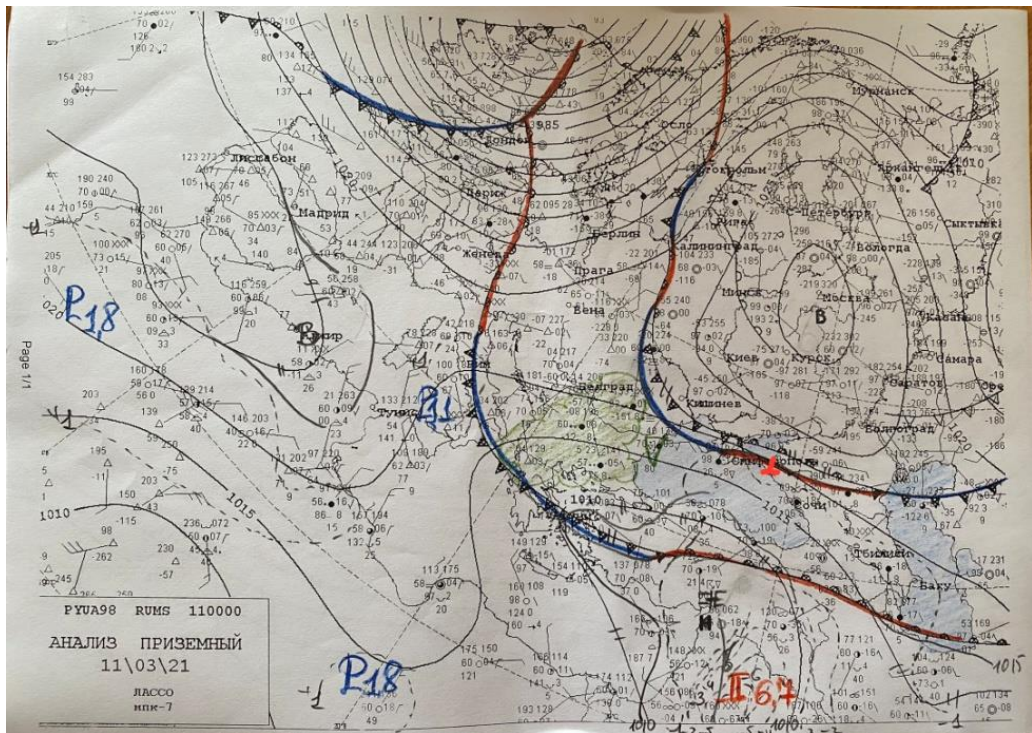


Рисунок 3.9- Приземный анализ за 11.03.21 00 ВСВ

Синоптическая ситуация: В (антициклон) в районе Москвы, Н (циклон) в районе Турции.

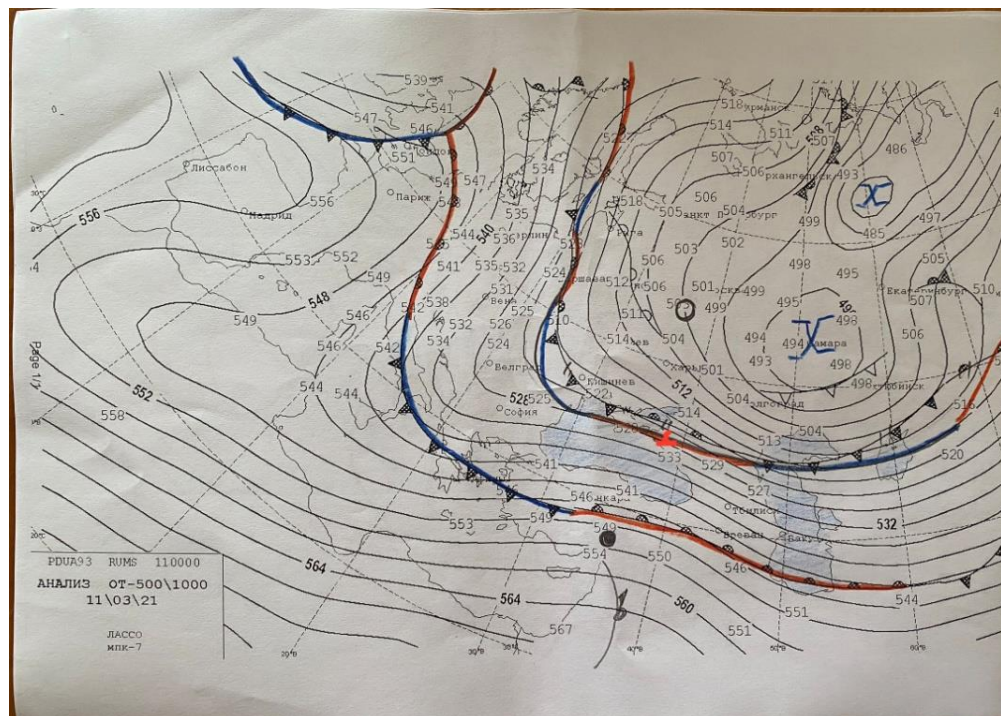


Рисунок 3.10 - Анализ ОТ-500/1000 за 11.03.21 00 ВСВ

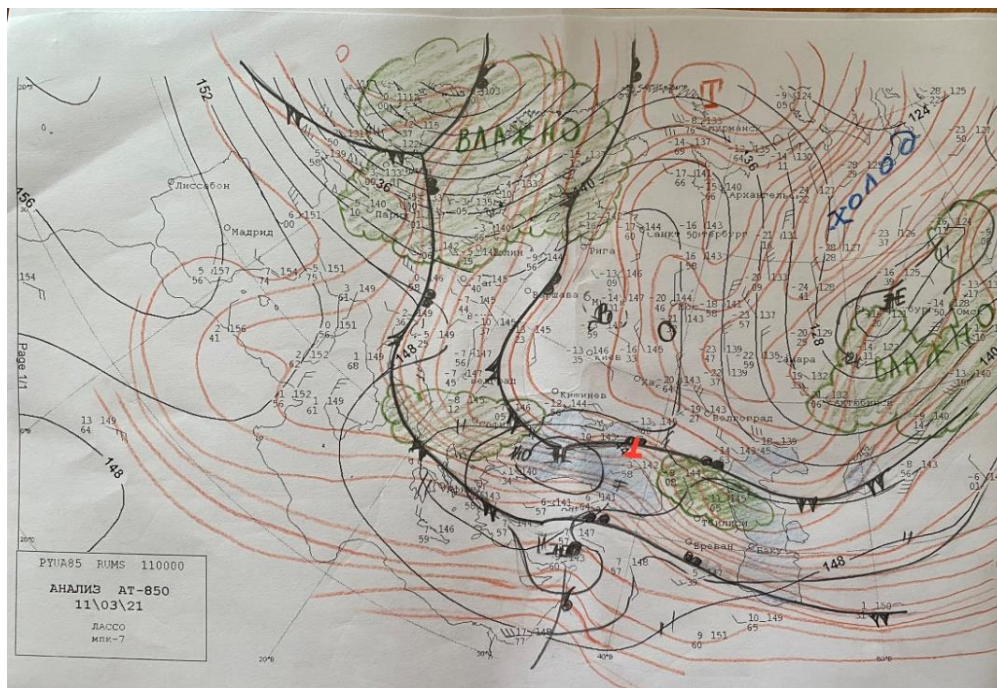


Рисунок 3.11 - Анализ АТ-850 за 11.03.21 00 ВСВ

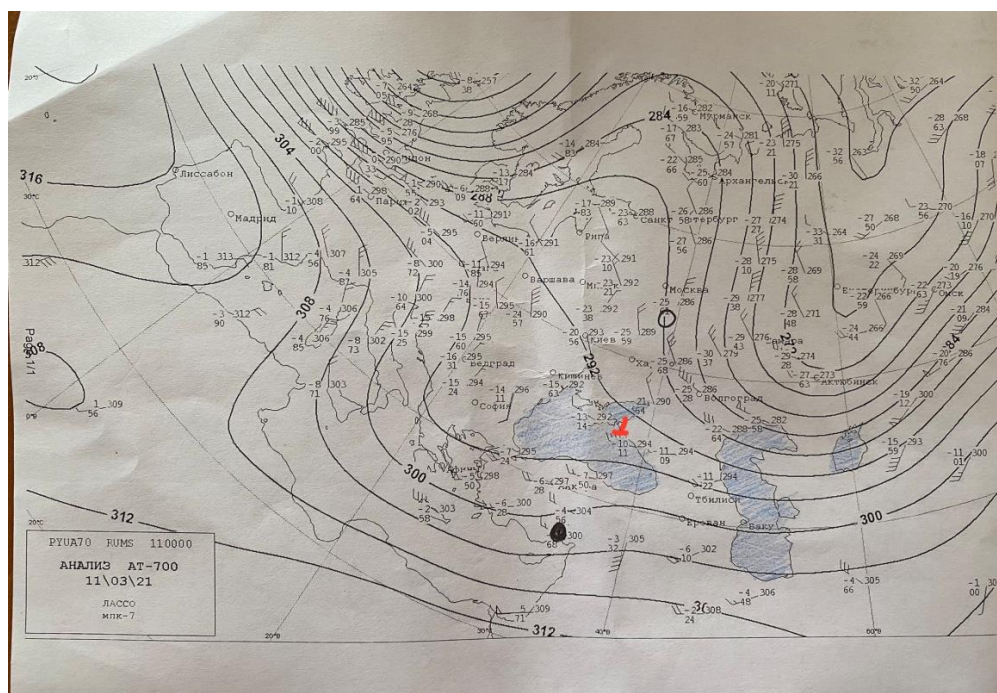


Рисунок 3.12 - Анализ АТ-700 за 11.03.21 00 ВСВ

На картах АТ-850, АТ-700, ОТ-500/1000 в тылу циклона (Черноморской депрессии) находится ложбина холода, а в передней части антициклона находится холод.

Карты за 11.03.2021, срок 12 ВСВ.

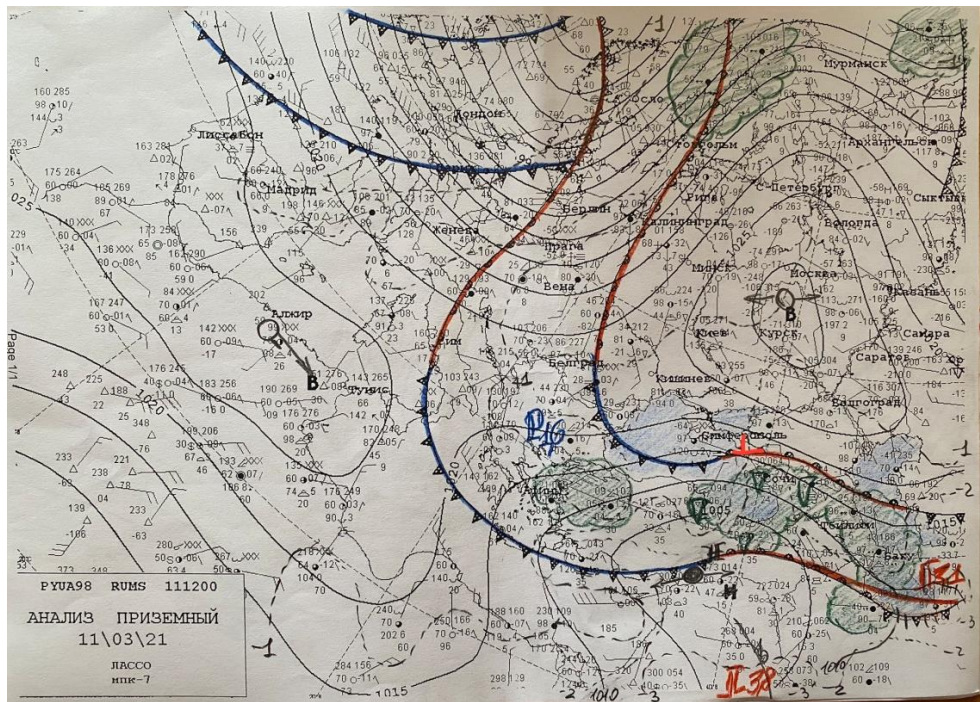


Рисунок 3.13 - Приземный анализ за 11.03.21 12 ВСВ

На рис.3.13 можно заметить, что антициклон практически остался на месте, циклон также стационарирует, поэтому на ближайшие 12 часов будет прогнозироваться ветер норд-ост.

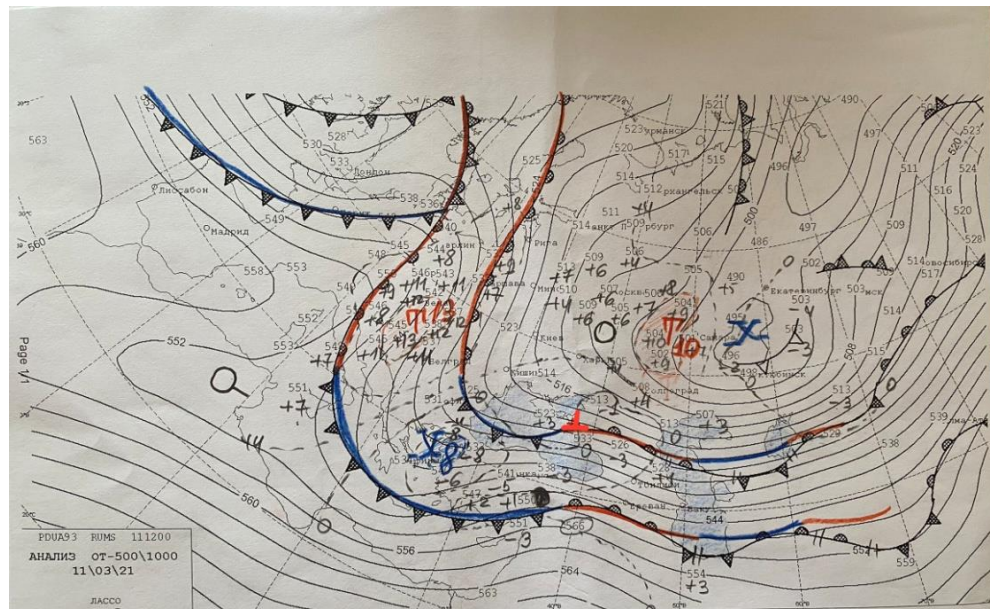


Рисунок 3.14 - Анализ ОТ-500/1000 за 11.03.21 12 ВСВ

На рис. 3.14 можно заметить, что в западной части антициклона поступало тепло, а в передней части антициклона происходил заток холода.

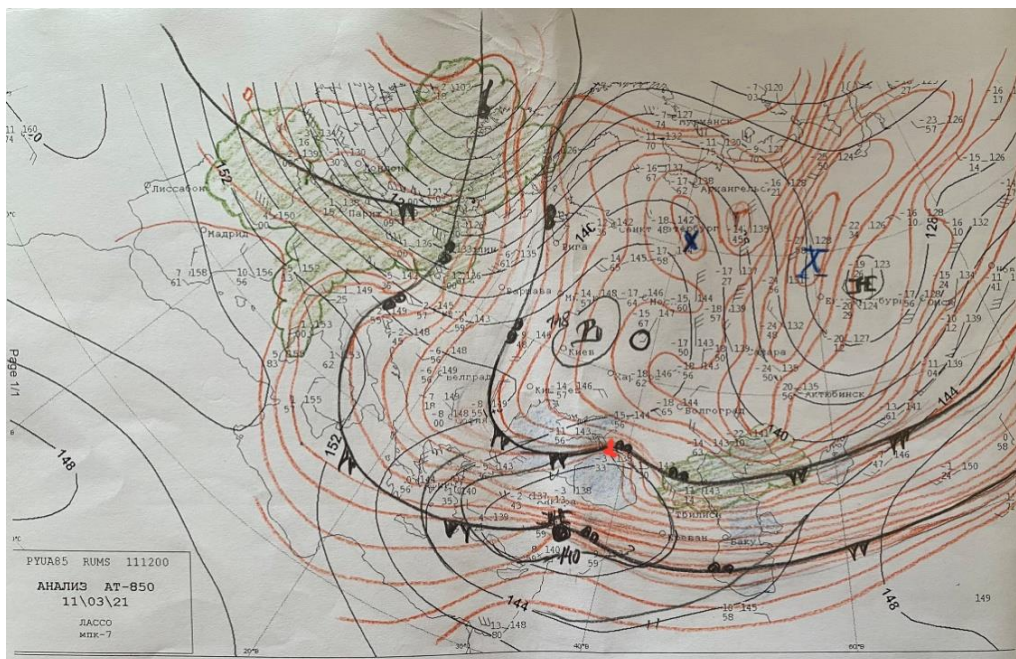


Рисунок 3.15- Анализ АТ-850 за 11.03.21 12 ВСВ

На рис. 3.16 ситуация за 12 часов не поменялась.

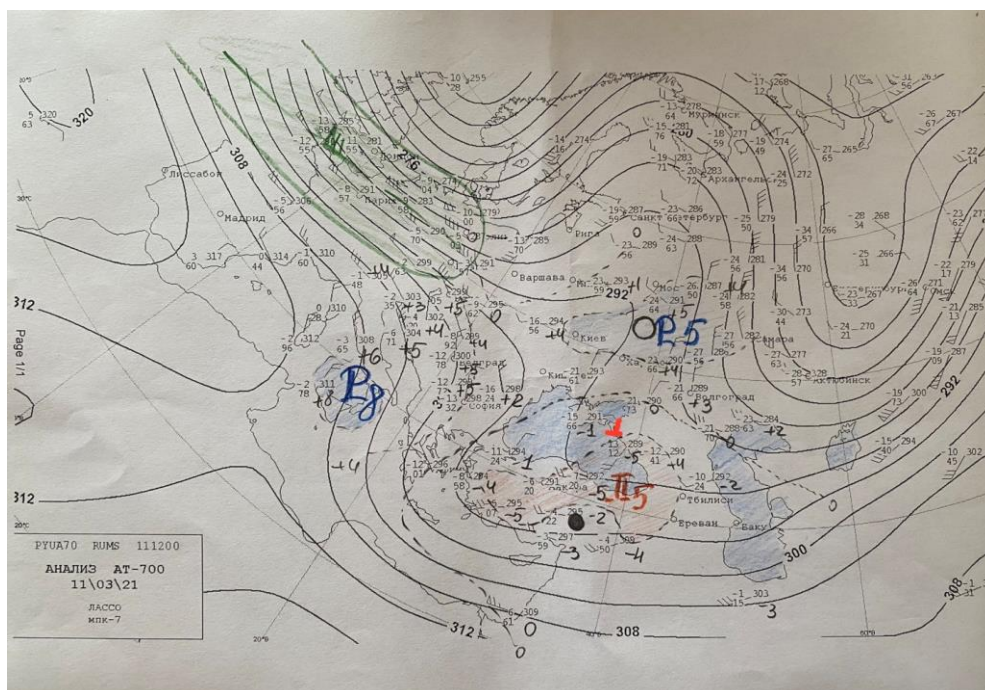


Рисунок 3.16 - Анализ АТ-700 за 11.03.21 12 ВСВ

На рис. 3.16 можно заметить, что в передней части антициклона давление растет, а в передней части циклона - падает. Антициклон и циклон находятся в стадии развития.

Заключение

Ветер норд-ост существенно затрудняет выполнение взлета и посадки воздушного судна на аэродроме Геленджик, так как полоса имеет один курс полета, поэтому точный и своевременный прогноз направления и скорости ветра важная часть работы синоптика.

В данной работе были проанализированы архивные данные на АМСГ Геленджик за период 2019-2021 гг.

В результате можно сделать следующие выводы:

1. Впервые была собран архив данных случаев норд-оста за период 2019-2021 гг.

2. При исследовании годового хода максимальная повторяемость наблюдалась в июне (12%) и ноябре (12%). Минимальная повторяемость ветра норд-ост в декабре (2%) и мае (5%).

3. Продолжительность ветра норд-ост от 3-х часов до 10-ти дней. Максимальная продолжительность ветра норд-ост была в августе 2019 года.

4. Максимальный ветер достигал 050/20/39 в марте 2021 года.

5. При норд-осте в 55% наблюдается турбулентность, в 27% сдвиг ветра, а в 18% оба явления вместе.

6. Характерная синоптическая ситуация для образования ветра норд-ост в районе аэропорта Геленджик - обострение Сибирского антициклона в районе Москвы и развитие Черноморской депрессии (циклона) в районе Турции, образуется аэродинамическая труба, где потоки встречаются и направлены в северо-восточном направлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. Учебник. —СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. –339 с.
- 2 Богаткин О.Г. Информационно-справочная книга авиационного метеоролога. – Санкт-Петербург: 2010. – 220 с.
- 3 Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды. – 2-е изд., стереотипное. – СПб.:БВХ - Петербург, 2010. –288 с.: ил. – (Учебное пособие)
- 4 Официальный сайт Администрации города Геленджик. (Электронный ресурс) gelendzhik.org
- 5 Сафонова Т.В. Авиационная метеорология. Учебное пособие. Ульяновск: УВАУ ГА, 2005. - 215 с
- 6 Яковлев А.М. Авиационная метеорология. Книга по Требованию, 2012. – 246с.
- 7 Климатическая характеристика аэродрома Геленджик, 2018. -207 с.