



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
(квалификация – бакалавр)

На тему «Метеорологическое обеспечение полетов воздушных судов в условиях гроз в аэропорту Сочи»

Исполнитель Рябчинская Светлана Владимировна

Руководитель к.с/х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«24» января 2023 г.

Филиал Федерального государственного гидрометеорологического университета п. г. Туапсе
<b>НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН</b>
« <u>17</u> » <u>01</u> 20 <u>23</u> г.

Туапсе  
2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Физико-метеорологические условия формирования кучево-дождевой облачности и гроз.....	5
1.1 Характер условий образования, стадии развития и классификация гроз ....	5
1.2 Синоптические, физико-географические условия формирования гроз в аэропорту города Сочи .....	11
2 Особенности наблюдений за развитием атмосферных и синоптических процессов в горных районах Северного Кавказа.....	18
2.1 Методы наблюдения за грозами и особенности их прогнозирования .....	18
2.2 Факторы развития синоптических процессов в горных районах Северного Кавказа .....	26
3 Направления метеорологического обеспечения безопасности полетов воздушных судов в условиях гроз.....	37
3.1 Сбор и распространение метеорологической информации Метеоячейка .	37
3.2 Влияние опасных явлений на полеты и особенности метеорологической консультации для экипажей в условиях грозовой деятельности.....	42
Заключение .....	51
Список использованной литературы.....	54
Приложение .....	57

## Введение

Нет, пожалуй, ни одной отрасли деятельности человека, которая не зависела бы в той или иной степени от условий погоды.

Человек всегда стремился понять явления природы, оградить себя от опасных, определить полезные; с незапамятных времен сохранились сведения о погоде. Истоки метеорологической науки уходят в далекое прошлое. Свидетельством того служат дошедшие до нас из глубины веков народные приметы, с помощью которых люди пытались предвидеть будущее состояние погоды. Являясь обобщением опыта многих поколений, часть этих примет отражает отдельные стороны реальных закономерностей, свойственных атмосферным процессам. Однако все приметы используют, естественно, только ту часть знаний об атмосферных процессах, которую можно получить из визуальных наблюдений за погодой в одном отдельно взятом пункте. Для составления более полного представления о них необходимо иметь одновременную метеорологическую информацию с очень больших территорий, так как атмосферные процессы развиваются на пространствах сравнимых с площадями морей и океанов.

В наше время с развитием науки и техники метеорологическая наука сделала больше чем за всю предшествующую историю.

Изучение особенностей атмосферных процессов и связанных с ними природных явлений дает возможность эффективнее планировать экономическую деятельность края. Своевременный прогноз о возникновении опасных атмосферных явлений необходим для работы авиации.

Развитие и расширение социально-экономических, политических, культурно-технических и спортивных связей, в том числе и предстоящее проведение Олимпийских игр в Сочи, предполагает (обуславливает) широко и многогранно применять авиацию для доставки людей и грузов. Для

осуществления строительных спасательных и разнообразных других работ в горных условиях применяется и будет широко применяться специальная авиация. Применение авиации связано с повышенной опасностью, в том числе и по метеоусловиям.

При развитии мощной кучево-дождевой облачности наблюдаются такие опасные явления как грозы, шквалы, град. По территории России наибольшее количество гроз отмечается на Черноморском побережье Кавказа, основными факторами формирования являются температура и тип подстилающей поверхности – Черное море и Кавказские горы.

Актуальность исследования обоснована необходимостью определения условий и закономерностей образования гроз в аэропорту города Сочи для обеспечения безопасности полетов самолетов и поддержания высокой экономической эффективности авиакомпаний и аэропорта в целом

Объект исследования – атмосферные процессы с образованием гроз

Предмет исследования – воздействие грозовых явлений на полет воздушных судов.

Целью работы является изучение физической и синоптической природы грозы в аэропорту города Сочи.

Задачами этой работы является:

- рассмотреть условия развития гроз и физическую сущность этого явления;
- проанализировать методы прогноза по данным синоптической части МРЛ и ИСЗ;
- проанализировать влияние грозовых явлений на безопасность полетов ВС;
- рассмотреть особенности метеорологического обеспечения полетов авиации в условиях гроз.

# 1 Физико-метеорологические условия формирования кучево-дождевой облачности и гроз

## 1.1 Характер условий образования, стадии развития и классификация гроз

Опасные атмосферные явления. Такие атмосферные явления как гроза, шквал, град - называются опасными (ОЯ); электрические разряды, шквалистый ветер, опасные осадки в виде града, представляют серьезную опасность и могут нанести серьезный ущерб.

Кучево-дождевые облака образуются в результате интенсивных восходящих потоков влажного воздуха. Такие потоки возникают вследствие термической конвекции и вынужденного поднятия воздуха вдоль горных склонов или вытеснения вверх теплого воздуха на атмосферных фронтах. Термическая конвекция и вынужденный подъем воздуха нередко действуют одновременно. Однако на развитие грозовых облаков первостепенное влияние оказывает степень устойчивости [5, с. 193].

Гроза, это метеорологическое явление, предшественником которого являются активное облакообразование, и в основном большинстве своем образует электрические разряды в виде молний, и возникают специфические звуки в виде грома, и как правило, вызывают обильные ливневые осадки.

Известно, что восходящие движения воздуха особенно хорошо развиваются при неустойчивом состоянии атмосферы, при этом немаловажное значение имеет влагосодержание поднимающегося воздуха. Большая влажность способствует интенсивному развитию грозовых облаков.

При проведении специальных исследовательских полетов было установлено, что грозовые облака представляют собой отдельные конвективные ячейки с горизонтальной протяженностью 5-11 км.

Каждая такая ячейка проходит определенный цикл развития, состоящий из трех стадий. Продолжительность одной стадии составляет около полутора часов.

Начало эволюции формирования конвективных ячеек, выражается их бурным ростом вверх (рисунок 1.1).

В общей сложности весь цикл как бы состоит из 3х этапов развития: кучево-дождевых облаков - а - роста, б - зрелости, в - диссипации (разрушения).

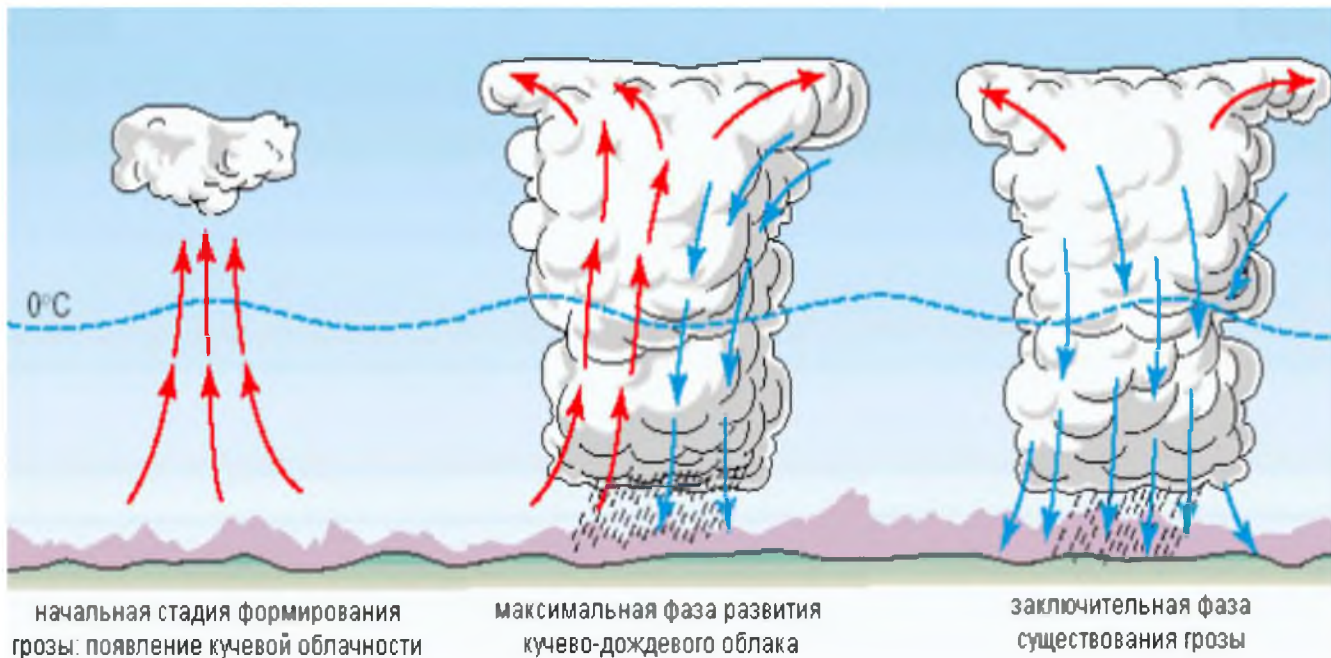


Рисунок 1.1 – Эволюция кучево-дождевых облаков перед грозой

Комплекс определенных благоприятных условий изначально формирует первую стадию, выраженную в развитии кучевого облака, которое с подъемом в высоту превращается в мощное кучево-дождевое облако. Вершина его достигает 3-5 км. На этих высотах температура, как правило, отрицательная. Поэтому верхняя часть мощного кучево-дождевого облака состоит из переохлажденных капель.

Здесь, в силу низких температур слияния водяных капель, увеличиваются в размерах, которые выпадают из облаков, зачастую при этом испаряются не долетая до земной поверхности [6, с. 94].

Характерно, что в первой стадии преобладают восходящие потоки воздуха, скорость которых с высотой увеличивается от 5 м/сек. до 15-20 м/сек. на конечной вершине, где выражен турбулентный характер их движения. Всасывание воздуха в

облако происходит снизу и с боков [6, с. 98].

Иногда, настолько температуры низки, что часть переохлажденных капель замерзает и превращаются в ледяные кристаллы.

В следующей стадии, стадия зрелости, в ячейке (облаке) рядом с восходящим потоком формируется нисходящий, относительно холодный поток, который порождается увлечением воздуха вниз падающими частицами осадков.

Вторая стадия начинается на вершине 8-10 км, и наступает при достижении температуры воздуха в облаке  $-25^{\circ}\text{C}$  и менее, иногда и более. В таких случаях они сопровождаются ливневыми осадками, но без электрических разрядов.

Одновременно с восходящими потоками воздуха, здесь формируются и нисходящие, с одновременным выпадением осадков, в результате которого воздух верхней части охлаждает нижние облака, ввиду более высокой плотности, оседает вниз. Таким образом, чем интенсивнее осадки, тем больше скорость нисходящих потоков воздуха. Она может достигать 10-15 м/сек..

Вертикальная протяженность хорошо развитых кучево-дождевых облаков, особенно летом, составляет 7-9 км и более. Так, например, в Сочи наблюдалась мощная кучевая облачность высотой до 16 км, а в тропиках вершины кучево-дождевых облаков могут достигать высоты 20 км (Индонезия, Флорида и др.) [8, с. 34].

Внутри крупных зрелых СБ образуются электрически разноименно заряженные участки, напряженность электрического поля между которыми может достигать сотен тысяч вольт на метр. Благодаря этому возникают электрические разряды — молнии, длиной до нескольких километров. Чаще всего они наблюдаются внутри облака, так как им легче пройти короткий путь в нем, чем длинный от облака к земле. По той же причине между близко расположенными облаками молнии наблюдаются чаще, чем между далекими.

Третья, заключительная стадия жизни кучево-дождевого облака является стадия диссипации (разрушения) облака. Характеризуется наличием в нем

преобладающего нисходящего потока.

Восходящие потоки здесь становятся второстепенными и продолжают преобладать некоторое время главным образом в верхней части облака. Нисходящий поток постепенно захватывает все облако. Скорость его около 5м/сек и лишь иногда превышает 6-10м/сек. Поскольку этот поток тесным образом связан с осадками, то по мере ослабления их ослабевает и нисходящий поток воздуха.

Размывание кучево-дождевого облака начинается снизу. Нижнее его основание выражено не четко (размыто), а его высота над земной поверхностью увеличивается. В результате распада кучево-дождевого облака появляются слоисто-кучевые, разорванно-кучевые, высоко-кучевые и плотные перистые облака (оставшаяся часть «наковальни»).

Весь цикл жизни кучево-дождевого облака продолжается 1-5ч.(6)Вначале, обычно менее чем за полчаса, разрушается капельная часть облака. Из-за малой скорости оседания и испарения кристаллов остатки наковален в форме перистых облаков могут существовать часами. В результате разрушения полей СЬ небосвод часто почти сплошь покрывается разнообразными формами Сi (Ciint.Ciing, Cispiss) [12, с. 40].

Каждой из стадий эволюции СЬ соответствует специфическая циркуляция вблизи земли. Так, для роста СЬ необходима активная конвергенция теплого влажного воздуха под облаком. Для зрелой стадии характерно наличие под облаком купола холодного воздуха — мезомасштабного грозового антициклона, отграниченного спереди от невозмущенной зоны холодным мезофронтом, иногда называемым фронтом порывистости, или линией шквалов.

По мере диссипации СЬ горизонтальная однородность метеополей под облаком и вблизи этого участка постепенно восстанавливается. Естественно, что связанные с СЬ возмущения полей метеорологических элементов в пограничном слое тем заметнее, чем мощнее порождающее их облако [16, с. 155].

При высоком расположении нижней границы СЬ молнии между облаками



наблюдаются чаще, чем под ними. Их длина максимальна в сомкнутых или расположенных близко друг к другу фронтальных СБ, где она иногда превышает 100 км. Во внутримассовых и изолированных фронтальных СБ длина молний превышает несколько километров довольно редко.

В метеорологии принято подразделять все грозы на внутримассовые и фронтальные (рисунок 1.2):



Рисунок 1.2 – Виды гроз в метеорологии

При полетах в грозовой зоне всегда следует учитывать возможность

«провоцирования» молнии самолетом. Чаще всего она провоцируется коронным разрядом с выступающих частей фюзеляжа (концов крыльев, хвоста, радиоантенн и т. д.) [7, с. 40].

Поэтому поражение самолета молнией может происходить даже в зоне СБ, характеризуемого не очень большой электрической активностью. По американским данным, в этом смысле весьма опасны, в частности, полеты рядом с облаками в начале стадии их распада (диссипации).

В кучево-дождевых облаках могут создаваться электрические поля огромной напряженности, вследствие чего происходят искровые электрические разряды, которые называют молниями. Разряды бывают между облаком и землей, между различными облаками и между отдельными частями одного и того же облака [14, с. 44].

Значительно интенсивнее грозовая деятельность наблюдается на холодных фронтах. На теплых фронтах они возникают только тогда, когда теплый воздух поднимающийся вверх по фронтальной поверхности недостаточно устойчив. В этом случае, за счет неустойчивости влажности, усиливаются восходящие движения в теплом воздухе и среди облачной системы слоисто-дождевых и высоко-слоистых облаков, возникают кучевые облака. Эти очаги гроз замаскированы облаками теплого фронта [13, с. 39].

Из всех видов осадков град является наиболее опасным для полетов явлением. Он образуется в грозовых облаках в результате замерзания переохлажденных капель на зернах снежной крупы. Наиболее интенсивный процесс образования града, наблюдается на высотах, где температура воздуха в облаке от 0 до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Летом такие температуры наблюдаются на высотах 3-5 км. На этих же высотах в облаке наблюдаются и наиболее интенсивные вертикальные движения воздуха, которые способствуют быстрому увеличению размера градин. Имелись случаи, когда самолеты попадали в зоны выпадения града на высотах 10 км и более [3, с. 22].

## 1.2 Синоптические, физико-географические условия формирования гроз в аэропорту города Сочи

Сущность своевременного прогноза обеспечивается: приглубоком и всестороннем анализе аэросиноптических материалов и показателей метеорологических спутников Земли; на изучении и использовании данных о текущей погоде (материалов наземных и аэрологических наблюдений, результатов воздушных, радиолокационной и других видов разведки погоды) ее изменениях; на использовании авиационно-климатических описаний и справочников; на оценке влияния местных физико-географических, а также сезонных особенностей на развитие атмосферных процессов и погоду.

При разработке прогнозов погоды в случае необходимости осуществляются взаимные консультации прогнозистов различных подразделений. Вышестоящие подразделения должны оказывать помощь в прогностической работе нижестоящим метеоподразделениям.

Результаты обобщенных трудов в этой области, позволили установить что опасные и стихийные конвективные явления это, как правило, результат сложного взаимодействия атмосферных процессов всех масштабов [12, с. 48].

Масштаб этих явлений значительно меньше расстояния между метеорологическими станциями. Существующая сеть метеорологических наблюдений не обеспечивает оптимальное обнаружение этих явлений и определение условий способствующих их возникновению. Этим объясняется низкая вероятность их обнаружения и низкая оправдываемость прогнозов явлений в грациях ОЯ при помощи существующих термодинамических методов.

На основе выполненных исследований, разработаны методы диагноза и прогнозаливней, гроз, града, шквалов с использованием комплекса термодинамических спутниковых и радиолокационных данных, на текущие сутки.

Хотя автономные методы прогноза ОЯпо данным МРЛ или ИСЗ, уступают в

эффективности комплексному методу, они тем не менее позволяют прогнозировать эти явления в тех районах, где отсутствует один из видов информации, что расширяет сферы использования этих методов. Успешность этих методов прогноза ОЯне зависит от физико-географических условий, так как в их основу положен механизм развития явлений.

Для определения типа погоды с грозой и градом, как для пункта, так и для территории радиусом 100 км, следует использовать данные МРЛ, так как они полнее характеризуют тип погоды по сравнению с данными редкой стандартной сети метеорологических наблюдений.

Метеорологические условия в районе полетов определяются такими главными элементами метеорологической обстановки, как: воздушные массы, атмосферные фронты и барические системы. Исходя из этого задачей анализа является прослеживание перемещения воздушных масс и установление их стратификации, уточнение типа и положения фронтальных разделов между различными воздушными массами, выявление барических систем и определение траектории их перемещения.

Для получения пространственного представления о характере-атмосферных процессов необходимо использовать весь комплекс аэросиноптических материалов, изготавливаемых на метеорологических станциях аэропортов. Применение этих материалов позволяет проанализировать не только состояние, но и развитие синоптических процессов, т. е. динамику изменения физических свойств воздушных масс атмосферных фронтов и барических систем как во времени, так и в пространстве.

В практической работе на оперативной сети авиаметеостанций гражданской авиации применяется ряд правил и приемов определения перемещения и эволюции барических систем и атмосферных фронтов. Эти правила приемлемы для пилотов и диспетчеров службы движения в их практической работе при самостоятельном изучении метеобстановки на воздушных трассах.

Метод экстраполяции. В основу этого метода заложено положение инерционности синоптических процессов в атмосфере. Полагают, что в последующие 3-6 ч барические системы и атмосферные фронты будут перемещаться в прежнем направлении с установившейся скоростью. Исходя из этой предпосылки расчет перемещения метеорологических объектов производится методом экстраполяции.

Недостатком этого метода является то, что не учитывается возможная активизация или ослабление процессов в атмосфере, а так же изменение направления перемещения метеорологических объектов.

С учетом редкого расположения пунктов метеорологических наблюдений и важности дополнительной информации об облаках, грозах и граде привлекаемой для оценки методов прогноза, в Росгидромете оценена вероятность точного определения типа погоды по данным различных источников:

- по данным МРЛ, полной сети метеорологических наблюдений;
- метеорологических станций;
- по данным искусственных спутников Земли;
- по данным бортовых радиолокаторов [7, с. 98].

В климатическом отношении Краснодарский край отличается большим разнообразием - от холодного климата высокогорий к умеренно-континентальному климату Прикубанской низменности, что способствует интенсивному развитию атмосферных фронтов.

В Краснодарском крае имеет большое значение близость Черного и Азовского морей. Характер циркуляции атмосферы здесь очень сложный.

На рисунке 1.3 построен график числа дней с грозой в месяц и продолжительности гроз в часах в месяц по 29 метеостанциям региона.

В приложении 1 представлены дни с грозой и продолжительность гроз, полученные на метеостанциях

Разнообразие ландшафтов, близость незамерзающих морей, высокие хребты

Кавказа вносят изменения в общий перенос воздушных масс и обуславливают развитие мощной кучевой облачности. Изучение особенностей атмосферных процессов и связанных с ними природных явлений дает возможность эффективнее планировать экономическую деятельность Краснодарского края. Своевременный прогноз о возникновении опасных атмосферных явлений необходим для работы авиации.

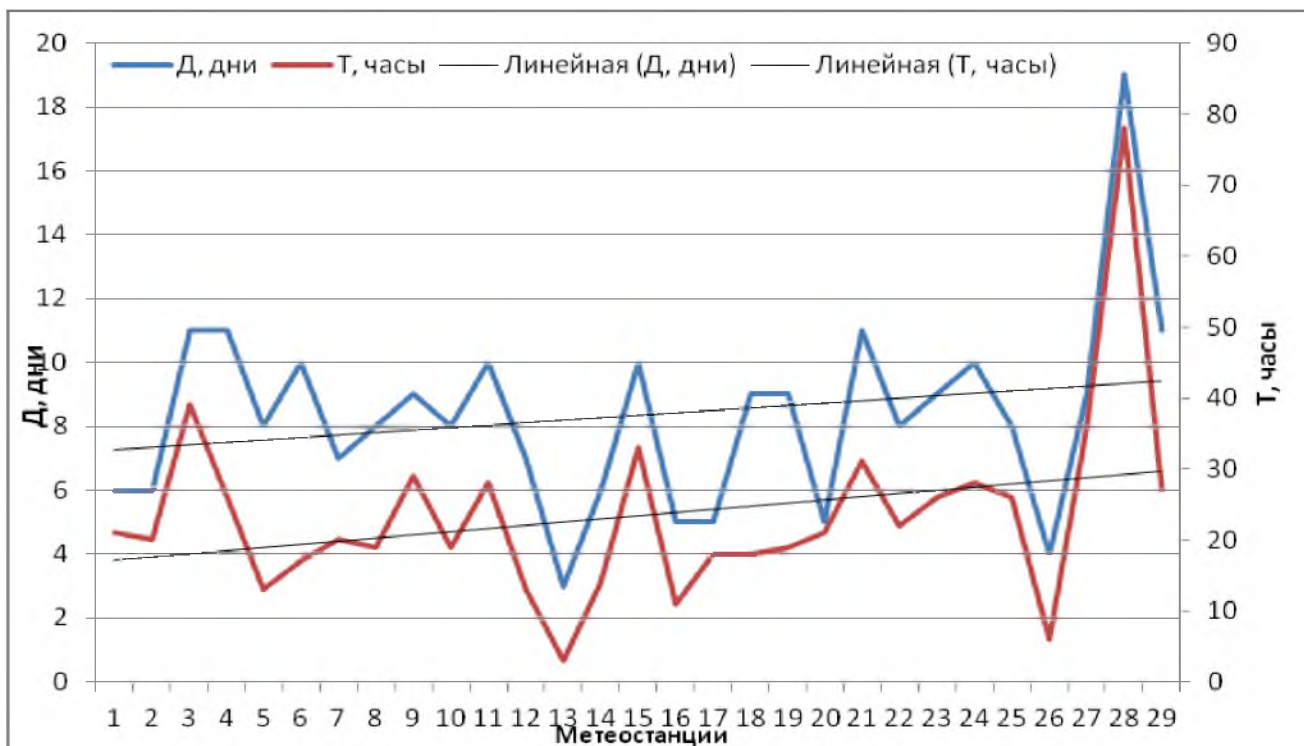


Рисунок 1.3 – Динамические ряды данных для метеостанций Краснодарского края

По территории России наибольшее количество гроз отмечается на Черноморском побережье Кавказа, основными факторами формирования являются температура и тип подстилающей поверхности – Черное море и Кавказские горы.

Результаты многочисленных исследований метеорологов, изучающих типичные явления, установили, что наибольшее число гроз в крае происходит на Черноморском побережье Кавказа, до 50 дней в год (по данным метеорологического лоатора).

Внутримассовые кучево-дождевые облака в горных районах обычно сильнее развиты по вертикали и, как правило, верхняя граница их превышает 8км, а отдельные облака своими вершинами могут достигать тропопаузы.

Этому способствует значительный прогрев и увлажнение воздуха, а также подъем воздуха вдоль горных склонов и хребтов Кавказских гор. Горные грозы обычно интенсивнее равнинных и нередко затухают над тем же склоном, над которым они образовались.

Над Черным морем грозы на холодном фронте в теплое время года достигают наибольшей интенсивности вечером или ночью, днем же грозовая деятельность ослабевает, а иногда прекращается совершенно. Внутримассовые грозы зимой возникают над Черноморским побережьем Кавказа реже, чем летом. Зимняя грозовая деятельность здесь связана с выносом теплого и влажного воздуха с водной поверхности Черного моря.

Анализ суточного и годового хода гроз по данным аэропорта г. Сочи за 2019-2020 год сведен в таблицы 1.1-1.3.

Таблица 1.1 – Суточный ход гроз в различное время (СГВ), по данным МРЛ-5 аэропорта города Сочи, в 2018 году

время	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	всего
00-03				2	3	4	2	6	5	1			23
03-06	1	1	1	4	4	5	5	7	6	3			37
06-09				4	9	7	5	6	7	2			40
09-12			1	3	8	12	5	5	7	2			43
12-15				1	11	12	5	9	7				45
15-18				1	5	6	3	6	6				27
18-21				1	2	4	1	5	5				18
21-24	1			1	1	2	2	4	4				15

Установлена ярко проявляющаяся сезонность статистики гроз, та же ежегодно на Черноморском побережье Кавказа в среднем 1-3 дней в месяц.

Намного реже, грозы наблюдаются в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль), а начиная с апреля число дней с грозой, быстро возрастает и уже в мае составляет до трети от годового числа дней с грозой [4, с. 54].

Таблица 1.2 – Суточный ход гроз (СГВ) по данным МРЛ-5 г.Сочи в 2019 году

время	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	всего
00-03			1	1	1	10	3	6	4	4	2		32
03-06			2	1	1	9	5	7	5	3	5		38
06-09	1		1	1	1	12	5	10	4	4	6		45
09-12			1		2	16	7	18	5	5	7		61
12-15			1		5	18	10	24	6	5	7		76
15-18			1	1	3	13	5	16	4	5	6		52
18-21			1	1	1	9	2	8	3	4	7		36
21-24	1			1	1	7	2	9	3	2	5		31

В суточном ходе повторяемости гроз наибольшая повторяемость наблюдается во второй половине дня и в вечерние часы с 12 до 21 (мскв.) часа.

Таблица 1.3 – Суточный ход гроз (СГВ) по данным МРЛ-5 г. Сочи в 2020 году

время	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	всего
00-03	1			2	10	7	2	3	2	4	2	1	33
03-06	1		1	1	8	6	3	3	4	4	4	5	40
06-09				2	7	11	2	3	6	6	8	5	50
09-12			1	3	12	12	2	2	6	8	7	2	53
12-15				1	10	10	2	7	8	7	6	3	54
15-18			1	3	9	7	2	2	6	5	5	3	43
18-21	1		1	2	5	6	2	3	7	4	5	3	39
21-24	2			4	4	7	2	3	6	2	5	3	38

Максимум повторяемости гроз приходится на 15-18 часов.

Анализ годового хода гроз и синоптическая оправдываемость в аэропорту г.Сочи представлены в приложении 2

Совместное использование снимков облачности ИСЗ и карт с данными сети МРЛ, позволяет определить характер атмосферных процессов и их активность одновременно с большой территории.

Использование комплексных карт, составленных по данным ИСЗ МРЛ и МС в анализе атмосферных фронтов позволяет более точно определить положение приземной линии фронта, выделить районы, где наблюдаются опасные и особо опасные явления погоды, а так же учитывая данные МРЛ, можно более эффективно интерпретировать снимки ИСЗ.



Основной фактор – это очень высокие скорости вертикальных движений воздуха, они могут достигать 60м/секипо весу выпадающих градин, К числу наиболее опасных для авиации метеорологических явлений связанных с кучево-дождевой облачностью и грозовой деятельностью относятся смерчи, их образование в акватории Черного моря - довольно частое явление [2, с. 45].

## 2 Особенности наблюдений за развитием атмосферных и синоптических процессов в горных районах Северного Кавказа

### 2.1 Методы наблюдения за грозами и особенности их прогнозирования

Авиационные прогнозы погоды являются специализированными и содержат описание ожидаемых метеорологических элементов и явлений погоды, влияющих на полеты самолетов в частности использование характеристик воздушных масс, атмосферных фронтов, барических систем, определяющих метеоусловия по всей трассе полета, включая аэропорт вылета, посадки и запасные аэродромы.

При этом особое внимание обращается на те синоптические процессы, которые будут вызывать на том или ином участке маршрута (района полетов) существенное ухудшение метеоусловий, включая грозы, данными о фактической и ожидаемой погоде, штормовыми оповещениями.

Пользуются результатами разведки погоды, используются данные полученные с бортов летательных аппаратов, радиолокационная и спутниковая информация.

Используются аэросиноптические материалы (приземные и высотные карты, вертикальные разрезы атмосферы и др.), данные о фактическом и ожидаемом состоянии погоды с учетом времени вылета и продолжительности полета, синоптические и аэрологические карты, вертикальных разрезов атмосферы за ближайшие сроки наблюдений, анализируют карты соответствующих уровней АТ с учетом эшелона полета летательного аппарата (для самолетов карты АТ-500, 400, 300, 200 мбар), прогностических авиационных карт погоды (АКП), а также карт радиолокационного обзора и спутниковых снимков.

На авиационных метеорологических станциях (АМС АМЦАМСГ I, II и III разрядов) составляются различные виды авиационных прогнозов погоды, кроме того, могут составляться специальные виды прогнозов погоды для обеспечения различных испытаний авиационной техники.

В авиационных прогнозах погоды указываются: облачность (количество, форма, высота нижней и верхней границ, условия полетов в облаках), осадки, опасные явления погоды, дальность горизонтальной видимости, направление и скорость ветра (у земли и на высотах), температура воздуха, ее отклонения от СА, высота изотермы 0 °С, высота тропопаузы, закрытие облаками гор, сопок, перевалов и искусственных препятствий в районе аэродрома.

Объем прогностической работы, протяженность воздушных трасс, по которым метеоподразделения прогнозируют погоду, учитываются при техническом оснащении подразделений, при установлении их штата и объема информационной работы.

АМСГ производит оценку оправдываемости всех авиационных прогнозов погоды и штормовых предупреждений. Она осуществляется ежедневно начальником АМЦ, АМСГ (старшим инженером-синоптиком) согласно инструкции по оценке прогнозов.

Оправдываемость оценивается сопоставлением ожидаемого состояния погоды с ее фактическим состоянием в соответствующем пункте, районе или на трассе (маршруте) полета или на АМСГ в службе движения аэропорта ежедневно производится учет возвратов воздушных судов, посадок на других аэродромах (не на аэродроме назначения) по неоправдавшимся прогнозам.

Порядок и критерии оценки прогнозов погоды и штормовых предупреждений, порядок ведения учета возвратов воздушных судов, разбора их причин и составления соответствующих сведений изложены в НМО ГА.

Неоправдавшиеся прогнозы погоды, а также наиболее удавшиеся прогнозы, которые составлялись при сложной метеорологической обстановке и поучительны для личного состава, тщательно разбираются. Их разбор организует и проводит начальник АМСГ. Целью разбора являются: установление причин несоответствия прогнозируемого состояния погоды фактическому; установление ошибок, допущенных при разработке прогнозов погоды и штормовых предупреждений;

изыскание новых способов и приемов правильного прогнозирования погоды; накопление материалов и опыта разработки прогнозов при сложной метеообстановке с учетом местных физико-географических особенностей; повышение квалификации синоптиков; разработка и принятие практических мер, исключающих повторение выявленных ошибок; закрепление положительного опыта.

Самый доступный и чаще всего используемый, это радиолокационный метод обнаружения грозных очагов, среди которых наиболее распространены наземные, и бортовые.

Автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс «Метеоячейка» состоит из двухволнового радиолокатора МРЛ-5 и средств автоматизации получения, обработки и передачи радиолокационной информации. Типовая схема АМРК приведена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Типовая схема АМРК

Радиус обзора автоматизированного метеорологического комплекса АМРК

«Метеоячейка» составляет 256 км причем площадь для анализа разбивается на квадраты 4x4 км. На этих участках, определяются максимальная высота верхней границы радиоза и радиолокационная отражаемость в одиннадцати слоях, средняя толщина которых составляет 1000 м.

В состав оборудования АМРК «Метеоячейка» входят (рисунок 2.2):

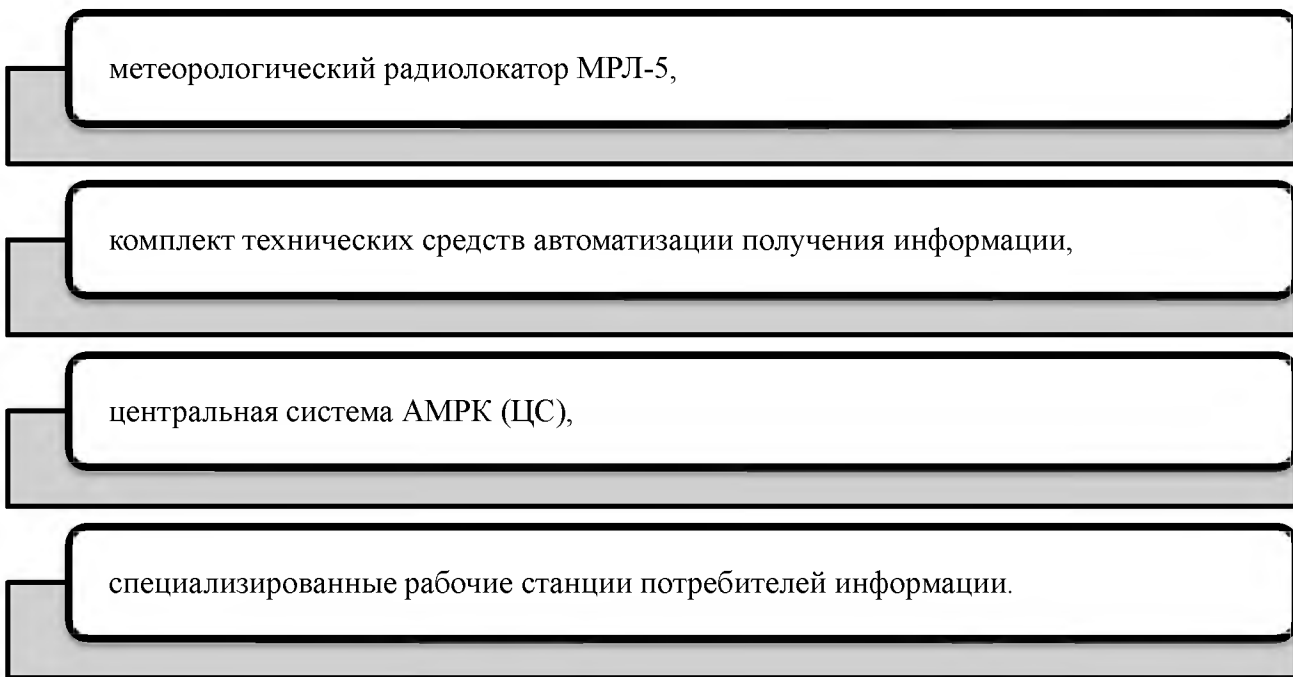


Рисунок 2.2 – Типовая схема АМРК

Хотя следует отметить, что при принятии решения данные полученные этим способом, т.е. в комплексе «Метеоячейка», имеют вероятностный характер.

С другой стороны, время стремительного перехода развивающегося кучево-дождевого облака из негрозового состояния в грозовое (3—5 мин), соответствует вероятности правильного распознавания грозы от 30 до 70 %.

С помощью метеорологических радиолокаторов в аэропортах получают необходимую метеорологическую информацию, требующуюся для обеспечения безопасности полета.

Результаты наблюдений оформляются на бланккарте, представляющей собой карту радиолокационной информации как по данным одного, так и по

данным нескольких МРЛ. В последнем случае карта называется стыкованной. По данным одного МРЛ, составляются карты-схемы в пункте наблюдения и освещают территорию в радиусе до 300 км.

МРЛ не фиксирует грозовые разряды, грозовое состояние облака радиолокационным способом определяют по косвенным признакам, опираясь на факт, что наивысшая активность молний связана с районом наибольшей активности осадков. Поэтому радиолокационная классификация отличается от общепринятой метеорологической.

Для распознавания II-го класса явлений критерием является значение  $\lg Z > 3,5$  и  $\lg Z > 3,5$  Вероятность совпадения радиолокационной и наземной информации о наличии грозы не менее 90%

В холодный период года при температуре воздуха у поверхности Земли ниже  $-2^{\circ}\text{C}$  опасными считают ливневой снег и зимние грозы.

Грозы в холодный период года выявляют по следующим значениям параметров радиоэха:

1.  $H_{\text{макс}} > 4\text{ км}$

2.  $\lg Z_{\text{макс}} > 2,0 \dots 2,5$  независимо от уровня.

Это значит что совпадение визуальной и радиолокационной информации о характере явлений, сопровождающей конвективную облачность имеет вероятность 30-70%.

Диагноз грозовых и градовых облаков проводят по температуре воздуха на высоте верхней границы радиоэха от конвективных облаков. Высота верхней границы радиоэха облаков  $H_v$  зависит от физико-географических условий района, поэтому не может объективно характеризовать явление связанное с этими облаками.

Температура воздуха  $T_v$  на высоте  $H_v$ , является объективной характеристикой состояния активности и микроструктуры конвективных облаков [9, с. 54].



в цветовой градации в заданном азимуте или по выбранной воздушной трассе, карты метеоявлений, вертикальное сечение по произвольному азимуту и заданным воздушным коридорам, скорость и направление смещения облачности обозначенное стрелкой.

Применение самолетной радиолокационной станции «Гроза». Радиолокационная станция «Гроза» используется при обходе грозовых очагов и фронтов.

Радиолокационная станция «Гроза» выпускается в нескольких вариантах и предназначена для установки на самолетах основных типов. В зависимости от типа самолета станция комплектуется с одним или двумя индикаторами, приемопередатчиками и с антеннами различных размеров. Она обеспечивает обзор пространства в переднем секторе по  $100^\circ$  в обе стороны от продольной оси самолета.

Радиолокационная станция «Гроза» имеет следующие режимы работы: «Готов», «Земля», «Метео», «Контур» и «Снос». Она может работать на пяти масштабах развертки: 30, 50, 125, 250 и 375 км. Причем на первых четырех масштабах развертка начинается с нулевой дальности, а на последнем (пятом) — с дальности 200 км. На масштабах 30 и 50 км метки дальности на экране следуют через 10 км, на масштабе 125 км через 25 км и на масштабах 250 и 375 км через 50 км.

Для применения станции «Гроза» в полете необходимо включить станцию, и выбрать в зависимости от необходимости нужный режим работы.

Режим «Готов» обеспечивает нахождение станции в состоянии готовности к немедленной работе, В этом режиме станция находится под питанием, но излучения радиоволн не происходит.

Режим «Земля» позволяет вести обзор земной поверхности для радиолокационной ориентировки, определения места самолета и путевой скорости самолета. На масштабах развертки 30, 50 и 125 км обзор земной поверхности



осуществляется веерным лучом, на масштабе 250 км для повышения дальности обзора — поочередно веерным и узким лучами и на масштабе 375 км — только узким лучом.

Определение путевой скорости производится на масштабе развертки 125 км по времени прохождения ориентиром расстояния между метками дальности. Для повышения точности определения путевой скорости следует ориентир выбирать на линии пути самолета, а пройденное расстояние брать 50 или 75 км.

Режим «Метео» предназначен для обнаружения и обхода зон грозовой деятельности, а также для предупреждения столкновений с горами и другими самолетами. В этом режиме станция работает узким лучом, имеющим форму конуса с углом при вершине 3-4<sup>a</sup> в зависимости от типа самолета. Узкий луч обеспечивает просмотр ограниченного слоя воздушного пространства, высота которого зависит от расстояния и типа самолета.

Для всех самолетов с расположением антенны в носовом обтекателе, кроме самолета Як-40, эта высота составляет приблизительно 52 м на каждый километр расстояния. Для самолета Як-40, имеющего значительно меньший диаметр антенны, эта высота равняется 70 м на 1 км дальности. При установке ручки «Наклон» в нулевое положение середина этой зоны совпадает с уровнем полета самолета.

В режиме «Метео» включается временная автоматическая регулировка усиления приемного канала (ВАРУ). За счет действия ВАРУ исключается возможность фиксации на экране отражений от неопасных для полета дождевых и облачных образований, расположенных на близких расстояниях, а также обеспечивается примерно одинаковая яркость отметок от грозовых зон, начиная с 30-40 км по мере сближения с ними.

Для предупреждения опасных сближений с горами и другими самолетами используется режим «Метео»

Режим «Контур» используется для выявления наиболее опасных участков в

обнаруженной грозовой зоне. В этом режиме исключается схема контурной индикации, которая подавляет отраженные сигналы с амплитудами, превосходящими определенный фиксированный уровень. При использовании станции «Гроза» экипаж не имеет возможности изменять уровень срабатывания указанной схемы. При включении режима «Контур» на фоне светлых пятен, изображающих грозовые очаги, появляются темные провалы, соответствующие участкам наибольшей интенсивности восходящих потоков воздуха.

Суть режима «Снос» для измерения угла сноса заключается в использовании метода наблюдения отраженных сигналов, модулированных вторичными частотами Доплера.

Особенность господствующих здесь циркуляционных процессов, и по высокую грозовую активность на территории Кавказа, при сравнительных показаниях предпочтение отдают использованию радиолокационных данных, так как они полнее характеризуют тип погоды по сравнению с данными редкой стандартной сети метеорологических наблюдений, очень важна дополнительная информация об облаках, грозах и граде привлекаемая для оценки методов прогноза.

## 2.2 Факторы развития синоптических процессов в горных районах Северного Кавказа

Большой Кавказский хребет расположен в Юго-восточной части Черного моря, к которой примыкает Рионская низменность с трех сторон окружена горами: Главный Кавказский хребет с севера, Сурамским и Аджаро-Имеритинским хребтами с востока и Понтийскими горами с юга. На севере и юге горы подходят непосредственно к морю на расстоянии около 150 км от побережья.

Комплекс этих факторов, т.е. сложный рельеф, а в особенности, конкретные хребты большого Кавказа, которые пересекают всю территорию

пошироте, служат климатической границей между Северным Кавказом и Закавказьем в принципе оказывают непосредственное разнообразие климатических условий в регионе. К примеру они препятствуют свободному переносу воздушных масс с севера и юга.

Особое место на синоптические процессы Северного Кавказа оказывает Черное море. Расположившись на пути движения средиземноморских циклонов и при существующем в тропосфере западно - восточном переносе, вынос влажных морских воздушных масс распространяется на все Западное Предкавказье и Закавказье [10, с.138]. Благодаря местоположению и большому притоку солнечной радиации и значительному увлажнению (благодаря влиянию Черного моря) часть территории относится к зоне субтропиков, являясь наиболее северными районами этой зоны во всем мире.

Одновременно с этим, система гор Большого Кавказа препятствует свободной циркуляции воздуха и оказывается защитой от проникновения холодных масс воздуха с севера.

Как теоретически, так и на практике установлено, что резкие и значительные перепады погодных условий здесь происходят при нырянии циклонов с севера и также выходе южных циклонов с юго-запада (таблица 2.1, рисунок 2.4).

Таблица 2.1 – Вероятность возникновения ныряющих циклонов над Северным Кавказом

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII
Вероятность возникновения ныряющих $Z_n$ в %	67	82	92	86	48	34	27	23	25	74	85	64

Синоптики относят их к внетропическим циклонам, с особенной траекторией движения с севера на юг и высокой скоростью перемещения

Судя по таблице 2.1 видно, вероятность их возникновения усиливается в холодный период: зимой, весной и осенью, при значительных

контрастах температур между теплыми и холодными воздушными массами.

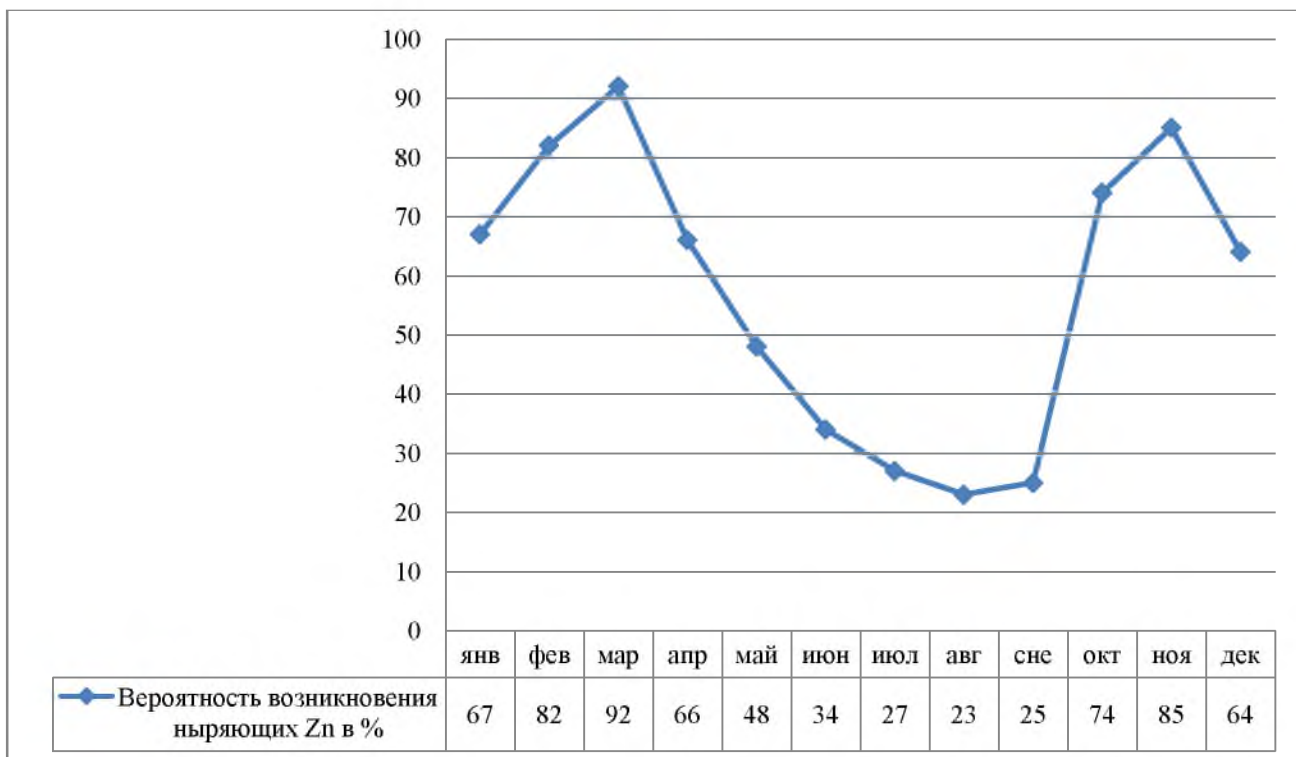


Рисунок 2.4 – Вероятность возникновения ныряющих циклонов над Северным Кавказом

Эта категория на исследуемой территории, часто смещается в межсезонье: в феврале, марте, октябре и ноябре, хотя иногда, отмечены одновременное ныряние по 2-3 циклона.

Практика показывает, что погоду на Черноморском побережье Кавказа определяют целый ряд синоптических процессов, или несколько типов:

1. Западный тип синоптических процессов, образующийся при вторжении холодных воздушных масс с запада.

При развитии процессов этого типа высотная ложбина направлена с севера на юг на Чёрное море. Гребень располагается над центральными районами Западной Европы [10, с.195].

Над Чёрным морем наблюдается адвекция холода. Западные вторжения происходят при следующих синоптических положениях (рисунок 2.5).

Продвижение с северо-запада или с запада антициклонов или гребня в тылу циклонов, перемещающихся над западными и центральными районами Украины и ЕТР, а также через Центральную Европу. Холодный фронт проходит через Северный Кавказ и Черноморское побережье Кавказа, огибая Главный Кавказский Хребет с запада,

Выход южных циклонов, развивающихся на средиземноморской ветви полярного фронта. Область высокого давления, продвигающаяся в тылу этих циклонов, формируется над Европой и смещается в сторону Закавказья с севера или северо-запада.

Рисунок 2.5 – Синоптические процессы над Черным морем

2. Восточный тип синоптических процессов при вторжении холодных воздушных масс с востока. В этом варианте, высотная ложбина направлена с северо-востока на юго-запад в сторону Каспийского моря, а гребень располагается над центральными районами ЕТР.

Но при этом, холодный фронт, полярный или арктический, проходя по северным склонам Главного Кавказского хребта, огибают его с востока, в связи с чем над Чёрным и Средиземными морями усиливается циклоническая деятельность [9, с.146].

Не так часто наблюдающиеся опасные похолодания на побережье (Туапсе-Адлер) зимой, вызываются интенсивным и быстрым вторжением арктического воздуха с СЗ, где формируется низкий антициклон, который смещаясь на юг беспрепятственно через Крым и Керчь подходит к Туапсе [22, с.87].

Обобщение синоптиков привело к выводам, что состояние погоды на Кавказе очень разнообразно, в связи с тем, что горные препятствия в горизонтальном направлении, разности скорости перемещения, на отдельных участках линия фронта приобретает извилистый характер.

Это объясняется процессом вынужденного вытеснения теплого воздуха по склонам хребта, зажатою между горами и поверхностью холодного фронта. При

подходе холодного фронта к хребту, усиливаются осадки.

Однако действие горных хребтов по отношению к воздушным потокам, способствует образованию облачности, увеличению ее вертикальной мощности, снижению высоты нижней границы облаков.

Таблица 2.2 – Среднее месячное количество дней с низкой облачностью за период 2019-2020 год на АМСГ Сочи

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII
Кол-во дней с низкой облачностью	5	6	7	5	3	2	1	0	1	2	5	4

Результаты анализа значений максимальной повторяемости высоты нижней границы облаков менее 200 м пришлись на холодный период с ноября по апрель, а вот в теплый период, с мая по сентябрь эти неблагоприятные для авиации показатели, как в горных районах и на аэродроме не наблюдаются вовсе (таблица 2.2, рисунок 2.6).

Подобное зрелище можно наблюдать в высокогорных районах, когда облака среднего яруса могут закрывать гребни хребтов, вершины и перевалы.

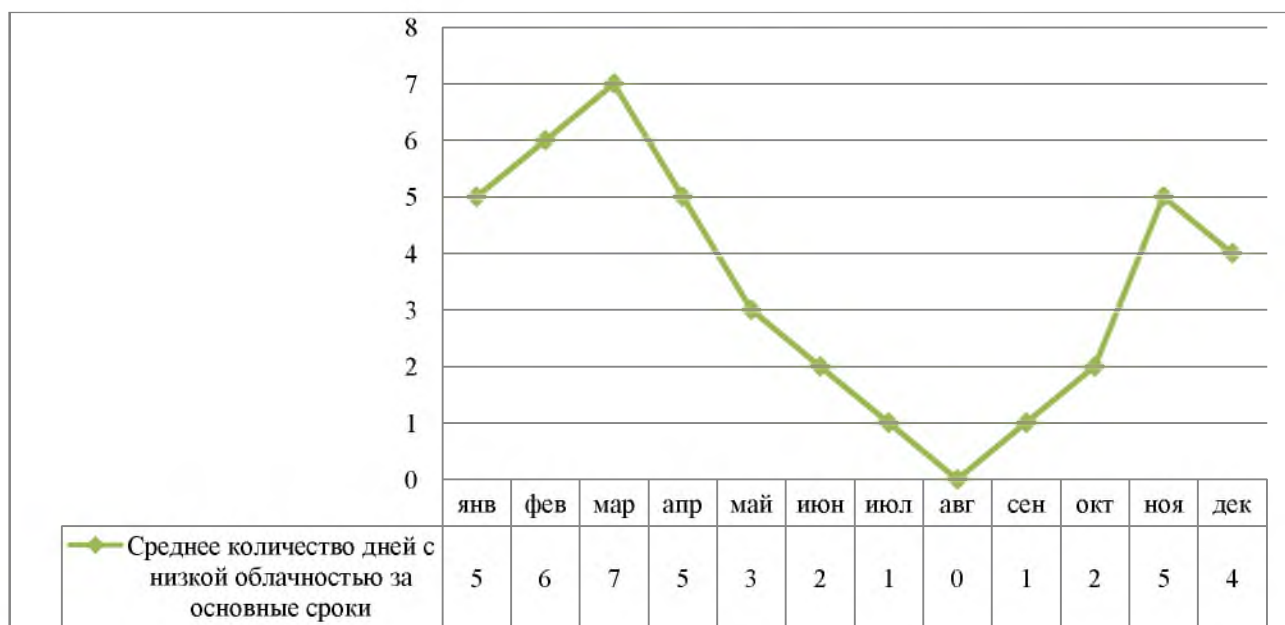


Рисунок 2.6 – Среднегодовое количество дней с низкой облачностью за период 2019-2020 год на АМСГ Сочи

Зимой, на всей территории Закавказья, включая высокогорные районы Большого Кавказа, низкая облачность вызывается образованием орографической окклюзии, т.е. низких облаков [17, с.125].

Летом, происходит быстрое размытие и холодных фронтов, увеличивается влагонасыщенность воздуха и величиной контраста температуры воздушных масс, взаимодействующих у фронтов.

При северо-западном смещении холодных фронтов теплый период года наблюдаются интенсивные ливневые осадки и грозовая деятельность.

Таблица 2.3 – Среднегодовое число дней с грозой за 2019-2020 год на АМСГ Сочи

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII
Число дней с грозой	6	5	3	4	6	11	12	17	15	12	8	6

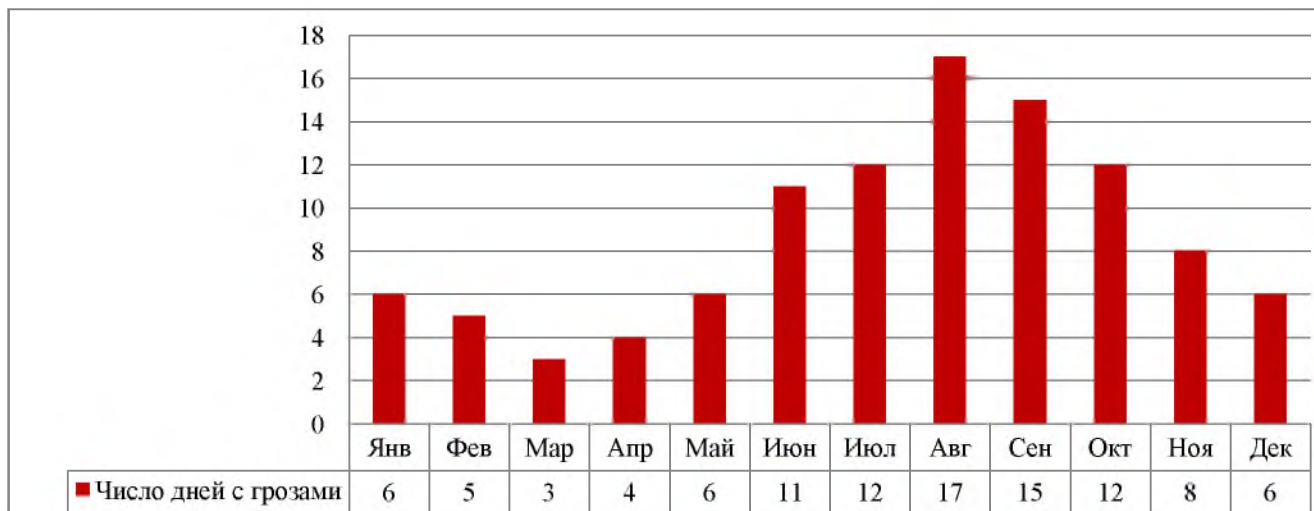


Рисунок 2.7 – Среднегодовое число дней с грозой за 2019-2020 год на АМСГ Сочи

Именно поэтому максимум числа гроз, наблюдаются в теплый период года с июня по сентябрь (таблица 2.3, рисунок 2.7). Как уже рассматривалось ранее, когда существенные изменения погоды в теплый период, вызывают холодные фронты, проходят размытыми.

Обтекая холодный воздух горы, вытесняют теплый воздух на обратной стороне гор, образует петлю, а затем целиком переходит на подветренную сторону, образуя орографическую окклюзию.

Усиливаются конвективные явления с одновременным восхождением воздуха с наветренной стороны, что вызывает грозовую деятельность. Как уже сообщалось ранее, все это сопровождается ростом турбулентности атмосферы [19, с.127].

Не менее важным является, факт достижения вершин мощно-кучевой облачности до горных волн, которые одновременно, соединяясь между собой и основным облаком, складываются в цепочку кучевых и мощно-кучевых облаков [16, с.203]. Учитывая сложность создавшихся условий, а в особенности ограничений маневров самолетов, как по вертикали, так и по горизонтали, абсолютно исключается возможность избежать создавшуюся опасную зону.

Одним словом возникновение предпосылок развития грозовой опасности при полете или взлете и посадке (запасном аэродроме) создается очень опасная и сложная ситуация. К сожалению, практический опыт и анализ аварийных фактов указывают на то, что далеко не удовлетворительной и несвоевременно предоставляется информация в зоне приближения гроз особенно в горных районах. Естественно, такая безграмотная подача затрудняет оценку метеорологической обстановки у пилотов или капитанов, а вместе с этим верно решение экипажами ВС [15, с. 22].

В таблице 2.4 и на рисунке 2.8 представлена среднегодовая продолжительность гроз за 2019-2020 год на аэродроме Сочи

Таблица 2.4 – Среднегодовая продолжительность гроз за 2019-2020 год на аэродроме Сочи

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII
Продолжительность гроз, ч	0,35	0,33	0,1	0,4	2	5	5,8	6,5	3,6	1,6	0,7	0,4



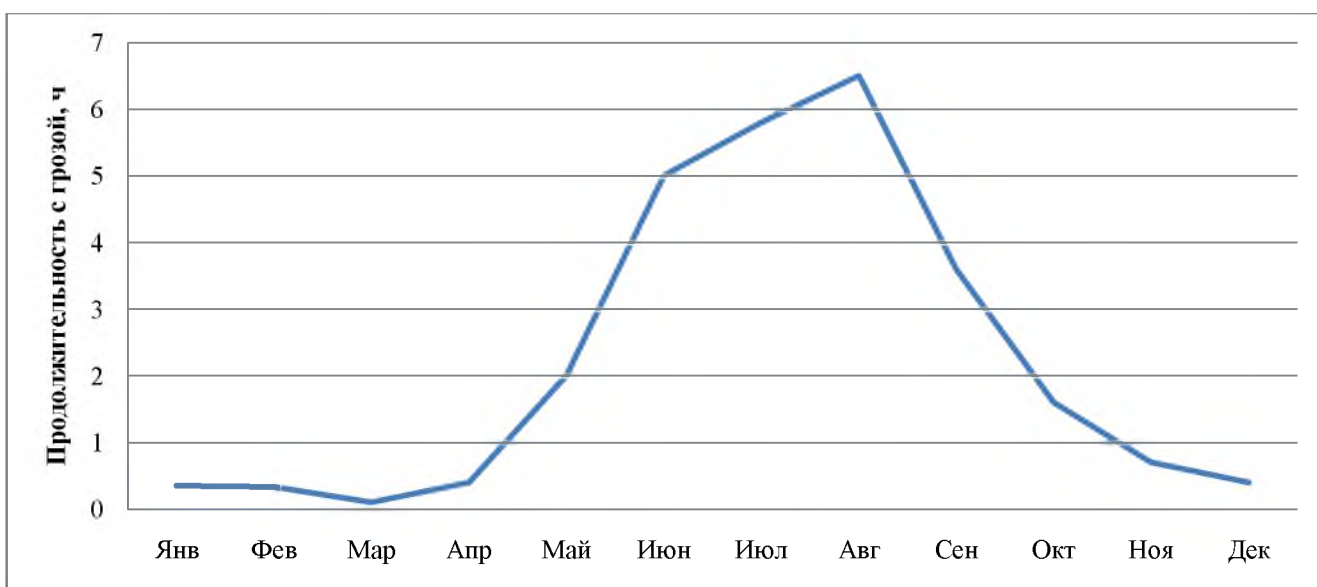


Рисунок 2.8 – Среднегодовой ход продолжительности гроз за 2019-2020 год на аэродроме Сочи

К середине лета наступает как бы стабильность температурных режимов в воздухе, и конвекции в атмосфере резко сокращаются.

Но при этом известно точно, что в местных условиях интенсивные грозы возникают на холодных фронтах и окклюзии, в горных частях процессы грозовой деятельности также возникают, как внутримассовые процессы (таблица 2.5) [11, с. 168].

Таблица 2.5 – Связь числа грозовых разрядов с характером синоптических процессов на Кавказе

Синоптический процесс	Число разрядов на один случай синоптического процесса
Тыл циклона	300
Малоградиентное поле пониженного давления	1300
Разрушение антициклона	1100
Малоградиентное поле повышенного давления	1200
Восточная периферия циклона	300
Холодный фронт	3200
Фронт окклюзии	1500

Прохождение фронтов на аэродроме Сочи связанные с местными орографическими условиями здесь нередко большие скорости ветра и вызваны чаще фронтальной деятельностью.

Как известно, аэродром Сочи, расположен в городской черте, застройка которой в свою очередь создаёт особые условия, влияющие на взлёт и посадку ВС [1, с. 74]. Поэтому когда речь идет о сильных ветрах, практический интерес представляют локальные усиления ветра, обусловленные взаимодействием воздушного потока с рельефом местности.

Втаблице 2.6 и рисунке 2.9 анализ проводился при скорости локального ветра с 6 м/с в том числе учитывались и порывы всех направлений. Так как усиление ветра уже до 5 м/с например южного и юго-западного направления на курсе посадки на аэродроме Сочи уже считается предельным значением.

Таблица 2.6 – Среднегодовой ход количества сильных ветров за 2019-2020 гг.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII
Количество явлений сильных ветров	22	19	27	16	25	13	9	8	7	10	14	20

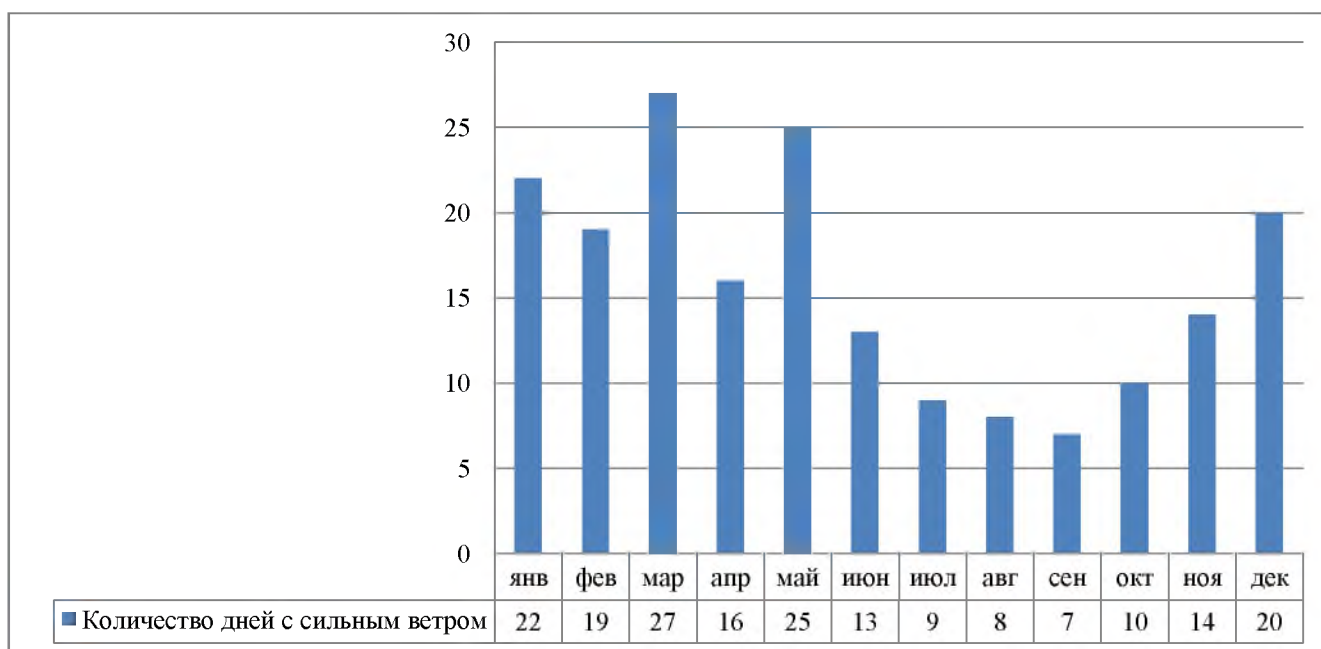


Рисунок 2.9 – Среднегодовой ход сильных ветров за 2019-2020 гг.

Циклоническая деятельность над Черным морем, как правило, достигает в период с декабря по май, в основном, как это часто происходит в межсезонье из-за температурных контрастов в ВФЗ.

Регенерация южных циклонов, в декабре-марте вызывает изменение направлений сильных ветров в сторону юго-восточных и северо-западных.

Сильные южные ветры чаще всего бывают в холодное время года при выходе южных циклонов со Средиземного моря или Турции на Крым и Азовское море. Сильный юго-восточный и южный ветер возникает перед быстро движущимся ХФ вследствие сжатого и бурного вытеснения теплых масс воздуха у Кавказского хребта.

Сильные западные ветры на аэродроме Сочи возникают: при нырянии циклонов на юго-восток ЕТ России; при перемещении по средним широтам ЕТ России глубоких циклонов или их углубляющихся ложбин с запада.

Усиление ветра можно ожидать при более меридиональной ориентации ВФЗ (со Скандинавии на юго-восток Украины) со скоростями потока от 60 км/ч и более [18, с.125].

При такой ориентации сильный ветер может возникать через 15-19 часов при средней скорости потока в ВФЗ 80-100 км/ч, как на рисунке 2.10.

Редкие, новстречающиеся ветры со скоростью 15 м/с характерны для предгорных и среднегорных районов при выходе из узких долин или в открытых преобладающему потоку долинах.

Такие штормовые воздушные потоки локального происхождения являются обычно возникают между Главным Кавказским хребтом и Ставропольским плато в долине реки Кубани и прочем направлении с юго-востока на северо-запад.

На побережье они большей частью вызваны береговым эффектом, или бризом, когда местная циркуляция нивелирует фронтальные потоки.

Синоптики, в районе аэродрома Сочи нередко фиксируют довольно не безопасное явление для авиации сдвиг ветра.



Рисунок 2.10 – Карта АТ-200 за 25 октября 2020 года (АМСГ Сочи).

Полагают, что не малую роль в возникновении такого явления принадлежит орография и влияние городской застройки. При обтекании определенных орографических неровностей или масштабных высотных строений начинается деформация определенно направленного потока.

Сдвиги ветра представляют собой сложность в прогнозировании, а измерять приборами их не представляется возможным и зачастую в синоптической практике сдвиги ветра прогнозируются, как комплексная единица с сопутствующими явлениями.

### 3 Направления метеорологического обеспечения безопасности полетов воздушных судов в условиях гроз

Безопасность полетов воздушных судов, во многом определяется предоставлением метеорологической информации до командного и летного состава, работников службы движения и других должностных лиц гражданской авиации, заблаговременно, в строго установленные руководственными актами и сроками, согласно договорных обязательств и заявок или в периоды указанные в документах, определяющих порядок метеобеспечения.

#### 3.1 Сбор и распространение метеорологической информации Метеоячейка

Своевременное обеспечение информацией, прежде всего во многом зависит от работы оперативных метеоподразделений, или синоптиков, которые на основании карт погоды, правильно интерпретируют о фактической и ожидаемой погоде в районах (на воздушных трассах) предстоящих полетов, в том числе об опасных для авиации метеорологических явлениях.

Сбор метеоинформации предусматривает получение: факсимильных карт с метеорологическими и аэрологическими данными, метеорологических и аэрологических сводок для составления карт погоды; данных наблюдений за погодой в метеоподразделениях и других ведомств; сведений о фактической и ожидаемой погоде на аэродромах посадки, на запасных аэродромах и на трассах полетов; данных радиозондирования в районах аэродромов и на авиатрассах; сведений о погоде, полученных с бортов самолетов, и результатов разведки погоды; оповещений и предупреждений об опасных явлениях погоды; гидрометеорологической информации о состоянии гидроаэродромов и т. д.

Распространение метеоинформации представляет собой передачу в установленные адреса: результатов метеорологических и аэрологических

наблюдений; оповещений о возникновении опасных для авиации явлений погоды и предупреждений о возможности их появления на аэродроме (на авиатрассе, в районе полета и т. п.); сведений о бортовой погоде и результатов разведки погоды; прогнозов погоды и консультаций.

Детальный порядок сбора и распространения метеоинформации определяется НМО ГА.

Для сбора и распространения метеоинформации используется система прямых авиационных связей (СПАС), каналы связи ГА или арендуемые радио- и проводные средства связи Министерства связи.

Для метеорологического обеспечения полетов производится обмен метеоинформацией между аэропортами вылета, первой посадки и запасными аэропортами.

Обмен осуществляется по схемам (графикам) взаимобмена, составляемым начальником АМСГ (АМЦ) совместно с заместителем начальника аэропорта по движению. Перечень аэропортов, в которые должна передаваться метеоинформация, ее содержание и время передачи определяются исходя из движения воздушных судов и заявок, поступивших от метеоподразделений других аэропортов.

Схемами (графиками) предусматривается обмен данными о фактической и ожидаемой погоде, штормовыми оповещениями

Информация с любого АМРК может передаваться в любую организацию Росгидромета по сети АСПД (сеть МЕКОМ) с использованием протокола TCP/IP-socket в коде BUFR, в том числе в любые центры объединения радиолокационной информации. Решение о передаче данных конкретному потребителю принимает владелец информации.

Устройство предварительной обработки сигналов УПО-ДМ, являющееся составной частью АМРК «Метеоячейка», обеспечивает выполнение следующих функций (рисунок 3.1):

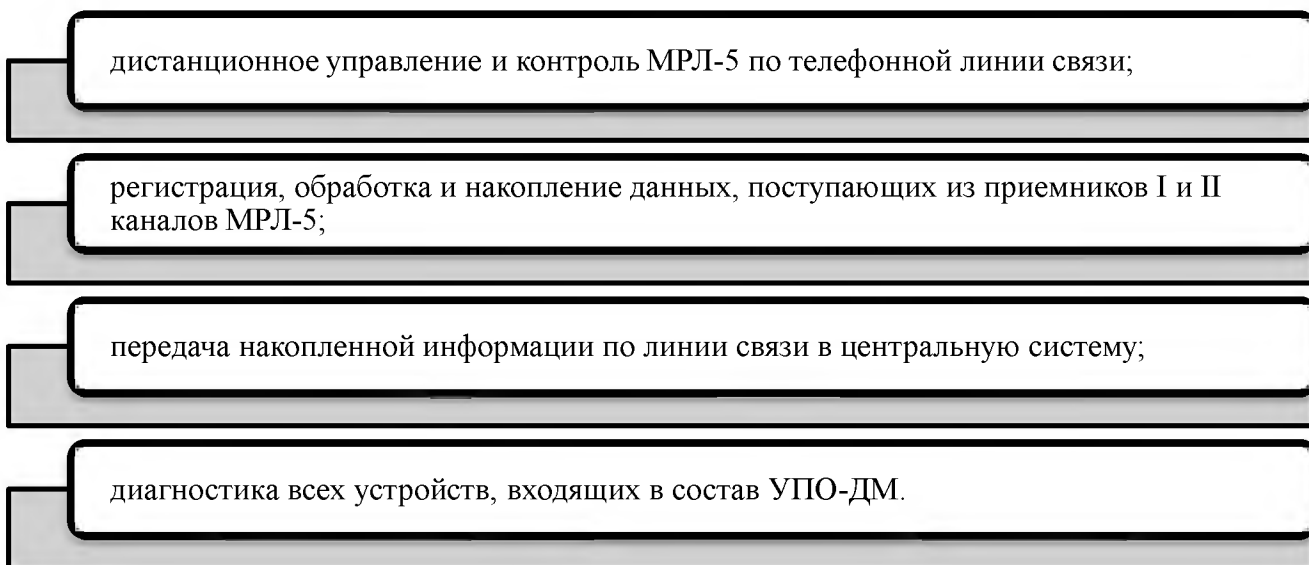


Рисунок 3.1 – Функции АМРК «Метеоячейка»

Конструктивно УПО-ДМ состоит из кабинета-стойки стандарта 19 дюймов, основной и резервной секций обработки на базе высоконадежных промышленных ЭВМ, оптопанели для защиты от молниевых разрядов, устройства коммутации сигналов и комплекта модемов.

Основной задачей центральной системы является управление работой МРЛ, анализ и интерпретация полученных результатов измерений и передача данных потребителям в необходимом объеме.

Важное место в повышении эффективности гидрометеорологического обеспечения занимает сверхкраткосрочное (до 6 ч) прогнозирование. Радиолокационные данные, обладающие высоким пространственно-временным разрешением, используются для решения задач обнаружения и слежения за полями осадков и опасными явлениями погоды, связанными с кучево-дождевой облачностью.

Для прогноза возникновения и оценки тенденции развития существующих локальных опасных явлений погоды подсеточного масштаба на рабочей станции синоптика-прогнозиста «МетеоЭксперт» имеется возможность прогнозирования таких явлений, как грозы, град, шквал, обледенение, туман, гололед, низкая

облачность, ветер, температура, осадки, с использованием численных моделей пограничного слоя атмосферы и конвективного облака [20, с. 125]. При этом в качестве исходных данных могут использоваться как фактические данные, так и прогностические поля метеорологических величин, полученные по результатам расчетов с использованием региональной модели.

#### Использование данных АМРК «Метеоячейка»

1. Данные радиолокационных наблюдений поступают на Абонентский пункт, установленный у синоптиков и используются при:

- составлении оперативных прогнозов, предупреждений об ОЯпоаэродрому, району аэродрома, районам полетов в зоне МДП Сочи;
- предполетной подготовке экипажей ВС;
- консультации дежурной смены диспетчеров УВД,РП.

2. По связи АСПД информация передается:

- дежурному синоптику СЦГМС ЧАМ (станция МАРС);
- службе АСПД, для включения в сборные карты МРЛ.

3. По модемной связи передаются в адрес метеогруппы СКЦ АУВД «Стрела».

4. Сведения о наличии очагов в радиусе 100км включаются в сводку АТИС.

Для производства метеорологических наблюдений создаются следующие пункты: основной пункт наблюдений (ОПН), вспомогательный пункт наблюдений (ВПН) и дополнительный пункт наблюдений (ДПН). ОПН создается на аэродроме любого класса, включая неклассифицированные аэродромы и посадочные площадки, ВПН и ДПН — в зависимости от конкретных условий эксплуатации аэродрома.

Метеорологические наблюдения производятся непрерывно. Они делятся на регулярные и специальные (учащенные). Регулярные наблюдения производятся в период полетов каждые 30 мин, в остальное время — ежечасно и специальные, учащенные наблюдения — через 15 мин.



Специальные наблюдения производятся в любое время по запросу диспетчера или другого должностного лица ГА, осуществляющего руководство полетами.

Детальный порядок и программа метеорологических наблюдений устанавливаются НМО ГА.

Для каждого пункта наблюдения (точки наблюдения) составляется схема ориентиров видимости с указанием расстояний до них и азимута. Она разрабатывается начальником АМСГ и утверждается начальником аэропорта или заместителем начальника аэропорта по движению.

Официальными данными о погоде на аэродроме, по которым принимается решение на прием, выпуск и полет (взлет и посадку) воздушных судов, являются данные метеорологических наблюдений, полученные от оперативных подразделений Росгидромета.

В аэропортах, имеющих радиолокаторы (МРЛ), производятся радиолокационные наблюдения за облачностью, грозowymi очагами, зонами града и ливневых осадков (в период полетов — ежечасно, в остальное время — один раз за 3 ч).

Результаты наблюдений используются в оперативной работе. Грозопеленгаторы, установленные на аэродроме, должны использоваться совместно с МРЛ или автономно для получения информации о местоположении грозowych очагов. Результаты наблюдений грозопеленгаторов наносятся на радиолокационную карту совместно с данными МРЛ или отдельно и используются в оперативно-прогностической работе АМСГ.

Тщательный анализ метеорологической обстановки способствует выполнению полетов по метеоусловиям без летных происшествий и с высокой эффективностью. Чаще всего летные происшествия происходят, когда экипажи не учитывают в должной мере вероятность ухудшения метеорологических условий, которые оказывают разностороннее влияние на полет на всех его этапах.

Обеспечение безопасности полетов в метеорологическом отношении зависит прежде всего от квалифицированного метеорологического обеспечения, а также от грамотного использования полученной информации экипажами летательных аппаратов и диспетчерами службы движения. Составленный инженером-синоптиком прогноз не освобождает пилота и диспетчера от необходимости самостоятельного анализа и оценки метеорологических условий на всех этапах полета.

Бортовая погода. Бортовая погода — это любые сведения о метеоэлементах (метеоявлениях), полученные от экипажа летательного аппарата как в период полета, так и после посадки. Данные бортовой погоды имеют большое значение при метеорологическом обеспечении полетов. Зачастую аэросиноптические материалы, имеющиеся в распоряжении инженера-синоптика АМСГ, не могут с необходимой точностью дать полную картину метеорологических условий по маршруту полета.

Сведения о наблюдаемой в полете погоде передаются в следующих случаях: при встрече с опасными явлениями погоды; по запросу диспетчера службы движения; если передача погоды была обусловлена специальным заданием; после взлета и посадки в сложных метеоусловиях. Если донесение содержит сведения о грозовых очагах, то сообщается удаление от очага и в каком направлении он расположен [22, с. 114].

Данные бортовой погоды используются инженерами-синоптиками АМСГ в оперативной работе при консультации летного состава и диспетчеров службы движения, а также для уточнения прогнозов погоды.

### 3.2 Влияние опасных явлений на полеты и особенности метеорологической консультации для экипажей в условиях грозовой деятельности

Одним из элементов подготовки экипажа к полету является предполетная

метеорологическая подготовка, которая проводится на АМСГ перед вылетом.

В ней должны принимать участие командир летательного аппарата, второй пилот и штурман.

Первым этапом подготовки является самостоятельное ознакомление с метеорологической обстановкой по маршруту (району) полета, в аэропорту вылета, посадки и на запасных аэродромах. С этой целью экипаж изучает имеющиеся на АМСГ аэросиноптические материалы (приземные и высотные карты, вертикальные разрезы атмосферы и др.), данные о фактическом и ожидаемом состоянии погоды с учетом времени вылета и продолжительности полета.

В результате изучения указанных материалов экипаж должен составить себе общее представление о метеорологической обстановке, обратив особое внимание на участки маршрута (района полетов) с наиболее неблагоприятными метеорологическими условиями.

Вторым этапом подготовки является получение экипажем предполетной метеорологической консультации синоптика АМСГ, которая является важнейшим элементом подготовки к полету. Она должна конкретизировать условия погоды предстоящего полета. Консультация должна включать характеристику воздушных масс, атмосферных фронтов, барических систем, определяющих метеоусловия по всей трассе полета, включая аэропорт вылета, посадки и запасные аэродромы. При этом особое внимание обращается на те синоптические процессы, которые будут вызывать на том или ином участке маршрута (района полетов) существенное ухудшение метеоусловий, включая грозы [19, с. 98].

При консультации используются данные, полученные с бортов летательных аппаратов, радиолокационная и спутниковая информация.

Консультация сопровождается иллюстрацией синоптических и аэрологических карт, вертикальных разрезов атмосферы за ближайшие сроки наблюдений, прогностических авиационных карт погоды (АКП), а также карт

радиолокационного обзора и спутниковых снимков в аэропортах, где имеются МРЛ и организован прием спутниковой информации. При этом используются карты соответствующих уровней АТ с учетом эшелона полета летательного аппарата (для самолетов карты АТ-500, 400, 300, 200 мбар).

В период консультации экипаж должен дополнительно уточнить возможные направления обхода зон с грозовой деятельностью.

Третьим этапом предполетной метеоподготовки является получение экипажем полетной метеодокументации или ознакомление с ней и принятие решения на вылет. На основании самостоятельного ознакомления с материалами, полученной метеорологической консультации синоптика и полетной документации экипаж должен четко себе представлять: метеорологические условия полета по маршруту (району) полета на аэродромах вылета, посадки и запасных; наличие зон с опасными метеоявлениями и возможность их обхода. В результате предполетной метеорологической подготовки экипаж принимает решение на вылет.

Передача метеорологической информации экипажам летательных аппаратов осуществляется как перед вылетом, так и в период полета. Она передается по самолетным радиоканалам, по УКВ и КВ радиоканалам вещания метеоинформации.

После прохождения предполетной метеоподготовки и принятия экипажем решения на вылет в АМСГ могут поступить новые сведения о погоде по маршруту, в пунктах посадки и на запасных аэродромах.

Если эти сведения содержат данные об опасных метеоявлениях, о которых экипаж не был информирован, диспетчер передает их экипажу до взлета летательного аппарата.

В процессе выполнения полета соответствующие диспетчеры службы движения передают экипажу сведения об опасных метеоявлениях, наблюдаемых или ожидаемых на маршруте (в районе) полета, в пункте посадки и на запасных

аэродромах. Кроме этого, по запросу экипажа ему передается любая другая метеорологическая информация, включая прогнозы на ближайший час.

Перед началом снижения экипажу по его запросу передаются сведения о метеорологической обстановке на аэродроме посадки и на запасных аэродромах.

Не вызывает сомнения, что полет, в зоне грозовой деятельности представляет определенную опасность и зачастую сопровождается, как правило, сильной турбулентностью, интенсивным обледенением в кучево-дождевых облаках, возможностью поражения летательных аппаратов молнией и нередко градом (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Ситуация полета в зоне грозовой деятельности

Очень опасны полеты под облаком, где, в дополнение к вышперечисленному, нельзя не учитывать и опасности повреждения фюзеляжа градом — формой осадков, выпадающих из наиболее крупных Сб [24, с. 128].

Сложность прогнозирования опасных полетов в зоне многоячейковых Сб к сожалению, связана с тем, что грозовые процессы возникают в различных ячейках в разное время.

В результате, хотя весь цикл жизни в одной ячейке не превышает часа, многоячейковое грозовое облако может генерировать молнии на протяжении нескольких часов.

При проведении анализа летных происшествий, молния попадает в самолет, не чаще чем один раз при 100 пересечениях грозовых облаков. Еще реже это может случиться при полетах вне облака (приложение 3).

Внутри облаков и между ними наиболее велика вероятность молний на высотах вблизи нулевой изотермы. Самолету летящему намного ниже уровня замерзания угрожают разряды между Сб и землей. Чем ниже расположено основание облака, тем вероятнее такие молнии. При высоком расположении нижней границы облака молнии между облаками наблюдаются чаще, чем под ними (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Опасность полетов в зоне молний

Безопасность самолетов в зоне грозовой деятельности помогают повысить и бортовые радиолокаторы. С их помощью экипаж может обнаружить грозовые

очаги по интенсивности засветки, определить направление и скорость движения грозовых облаков и обойти опасные для полета зоны.

С внедрением в эксплуатацию скоростных самолетов остро встала проблема электризации самолетов. Электрический заряд, приобретаемый ВС при полете в облаках и осадках, зависит от ряда факторов. Главными являются:

- свойство среды, в которой осуществляется полет,
- характеристика самолета,
- режим полета самолета.

Сущность заряжения самолета в облаках состоит в том, что при соприкосновении нейтральной частицы облака с поверхностью незаряженного самолета и при отскакивании от нее отлетающая частица уносит заряд одного знака, а самолет получает заряд, равный по величине, но противоположный по знаку [25, с. 34].

В связи сизложенным, весьма желательно, чтобы синоптик знал особенности строения атмосферы, влияющие на безопасность полета в разных частях зоны СБ. Такие знания помогут давать оптимальные рекомендации к выполнению полета в подобных экстремальных условиях.

АМРК является пространственно распределенной системой управления МРЛ. Центральная система по команде оператора при работе в штатном режиме или по таймеру при работе в автоматическом режиме формирует комплексные управляющие команды, которые по каналу связи передаются в устройство предварительной обработки сигналов дистанционное (УНО-ДМ).

УПО-ДМ устанавливается в аппаратной кабине МРЛ. УПО-ДМ представляет собой специализированную ЭВМ, непосредственно управляющую МРЛ и выполняющую всю предварительную обработку и сжатие информации. По окончании сеанса наблюдений полученные данные передаются в центральную систему, где производятся их анализ, архивация, визуализация и передача потребителям.

В процессе работы АМРК производит постоянный контроль всех устройств, входящих в его состав, и при необходимости формирует предупреждающие сообщения для оператора. Такое распределение функций управления и обработки данных позволяет размещать центральную систему АМРК на любом удалении от МРЛ. Как показала практика, такой распределенный вариант установки является типовым. Единственное требование — обеспечение скорости обмена по линии связи не ниже 4800 бит/с.

Таким образом, при наличии обычной телефонной линии связи оператор может управлять МРЛ, который удален от него на десятки или сотни километров так же, как и при размещении центральной системы в здании МРЛ [10, с. 136]. Специальное программное обеспечение АМРК «Метеоячейка» реализовано в виде комплекта 32-разрядных приложений, работающих под управлением ОС WindowsXPPro в локальной вычислительной сети (ЛВС). Рабочие станции могут работать также в среде Windows 95/98/2010 [8, с. 112].

Использование информации ИСЗ для диагноза и прогноза ОЯ. Опасные конвективные явления (ливень, град, гроза) связаны в основном с мезомасштабными возмущениями, которые очень часто нельзя обнаружить при помощи традиционных методов наблюдений, так как эти наблюдения дискретны. Спутниковые и радиолокационные наблюдения за облаками и явлениями, обладают достаточным пространственно-временным разрешением и расширяют возможности изучения физики облаков и улучшения качества прогнозов опасных конвективных явлений. Изображение облачной системы на снимке облачности с ИСЗ, показывают практически одновременное распределение облачности на значительной территории [7, с. 180].

Основной особенностью информации ИСЗ является непрерывность наблюдений в пространстве и при необходимости во времени (геостационарные спутники) за облачными полями.

Формально спутниковые фотографии дают сведения только об облачности.



Однако облака и в первую очередь их структурные особенности представляют собой следствие развивающихся в атмосфере процессов, при которых они возникли. Отсюда вытекает возможность определения по снимкам облачности тех синоптических процессов, при которых они возникли. С их помощью можно определить (рисунок 3.4):

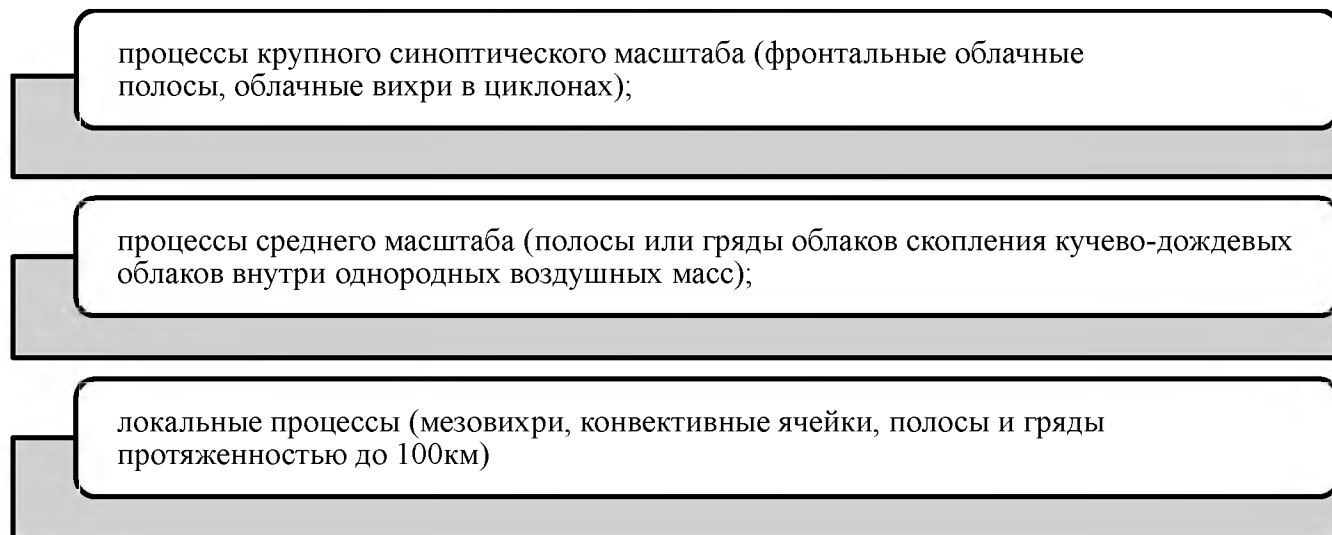


Рисунок 3.4 – Основные сведения по спутниковым фотографиям

Информация с ИСЗ поступает в цифровом виде, или в качестве изображения в видимом (ТВ) и инфракрасном (ИК) в участках спектра. Обнаружить облачность на фоне подстилающей поверхности, можно по их различной способности отражать падающую на них прямую и рассеянную радиацию, благодаря чему на снимках они характеризуются различной яркостью. В видимом участке спектра альbedo облаков в основном определяется их вертикальной мощностью, водностью, фазовым состоянием и высотой Солнца. ИК-снимки получаются благодаря наличию энергетических контрастов между подстилающей поверхностью и облаками [9, с. 124].

Одновременный анализ ТВ- и ИК-снимков помогает уточнить типы облачности и определить наиболее активные её участки в местах совпадения яркости изображений. Мощные кучево-дождевые облака, имеют высокую

отражательную способность и на ТВ- и ИК-снимках имеют одинаковую яркость.

Данные геостационарных спутников имеют большую информативность с точки зрения анализа мезомасштабных процессов и особенно динамики конвективных облаков. В сочетании с аэросиноптическими данными спутниковые данные несут информацию о зонах осадков с высоким пространственным и временным разрешением.

Если снимок облачности с искусственных спутников Земли нанести данные наблюдения МРЛ, то можно определить следующее (рисунок 3.5):

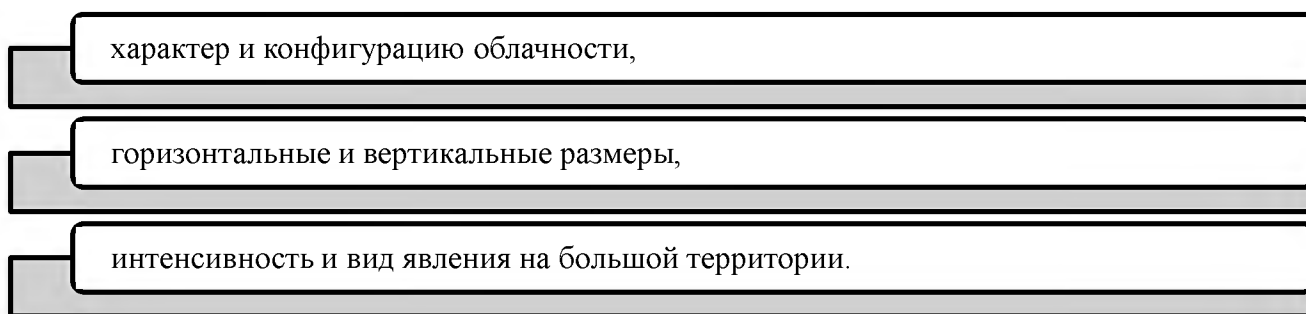


Рисунок 3.5 – Информация с искусственных спутников Земли

Спутниковая информация позволяет определить эволюцию синоптических процессов, оценить ряд метеорологических элементов и характеристик атмосферы, а так же скорость и направление перемещения циклонов и атмосферных фронтов.

## Заключение

Потребности автоматизации оперативной прогностической работы АМСГ за счет внедрения персональных ЭВМ приводят к необходимости совершенствования методов прогноза гроз. Современная метеорологическая техника позволила повысить безопасность полетов, но синоптик по-прежнему остается центральной фигурой в системе, ее основным звеном. Только он разрабатывает авиационные прогнозы, а система выполняет вспомогательные функции сбора информации и ее обработки.

Наблюдения за опасными явлениями в горных районах очень высока. Расположение аэропорта города Сочи является одним из самых сложных для взлета и посадки авиационной техники, поэтому так важно своевременное наблюдение и оповещение летного состава при обнаружении ОЯ.

На основании всего выше изложенного можно сделать выводы что

1. Опасные и стихийные явления, связанные с конвекцией, относятся к мезометеорологическим явлениям погоды

2. ОЯ, связанные с облачностью образующейся в результате взаимодействия атмосферных процессов, макро-мезо- и микромасштаба.

3. Сложный горный рельеф Кавказав сочетании с географическим положением и особенностями господствующих здесь циркуляционных процессов, обуславливает в целом по территории высокую грозовую активность. На частоту и интенсивность гроз в первую очередь влияют высота места над уровнем моря положение горных хребтови экспозиция склонов по отношению к направлению господствующих ветров.

4. На развитие грозовых облаков первостепенное влияние оказывает степень устойчивости атмосферы. Восходящие движения воздуха особенно хорошо развиваются при неустойчивом состоянии атмосферы, при этом немаловажное значение имеет влагосодержание поднимающегося воздуха.

5. Изучение особенностей атмосферных процессов и связанных с ними природных явлений дает возможность эффективнее планировать экономическую деятельность города Сочи. Своевременный прогноз о возникновении опасных атмосферных явлений необходим для работы авиации.

6. Статистические характеристики проявления грозовой активности представленные в таблицах позволяют сделать следующие обобщения: за год по временам года, по месяцам и по времени суток

7. Система сбора и распространения метеорологической информации имеет важное значение в работе оперативных метеоподразделений, позволяет получать необходимые сведения о фактической и ожидаемой погоде в районах (на воздушных трассах) предстоящих полетов, в том числе об опасных для авиации метеорологических явлениях.

8. Спутниковые и радиолокационные наблюдения за облаками и явлениями, обладают достаточным пространственно-временным разрешением и расширяют возможности изучения физики облаков и улучшения качества прогнозов опасных конвективных явлений.

9. Совместное использование снимков облачности ИЗС и карт с данными сети МРЛ, позволяет определить характер атмосферных процессов и их активность одновременно с большой территории.

10. Комплексное взаимодействие АМСГ (АМЦ) со службами, обеспечивающими ГА, вносит немалый вклад в повышение безопасности полетов, регулярности движения воздушных судов и их экономичности.

11. Существующие расчетные термодинамические и гидродинамические методы прогноза указанных явлений погоды, позволяют прогнозировать их достаточно надежно лишь при отсутствии обширных облачных систем, когда данные радиозондирования достоверно отражают стратификацию атмосферы

12. Такое явление как гроза несет большую опасность для авиации, вызывая электризацию воздушного судна, но она мало изучена. Потенциальную опасность

грозовых явлений для авиации не стоит недооценивать, тем более что удары молнии обычно приводят к повреждениям летательного аппарата.

13. При полетах в грозовой зоне всегда следует учитывать возможность провоцирования молнии самолетом. Чаще всего она провоцируется коронным разрядом с выступающих частей фюзеляжа (концов крыльев, хвоста, радиоантенн и т. д.) поэтому поражение самолета молнией может происходить даже в зоне Сб, характеризуемого не очень большой электрической активностью.

14. Безопасность самолетов в зоне грозовой деятельности помогают повысить и бортовые радиолокаторы. С их помощью экипаж может обнаружить грозовые очаги по интенсивности засветки, определить направление и скорость движения грозовых облаков и обойти опасные для полета зоны.

15. Применение нового поколения средств измерения параметров атмосферы такие как доплеровские метеолокаторы, лазерные локаторы с борта ВС позволят создать принципиально новую информационную базу метеоданных

## Список использованной литературы

1. Абдушелишвили, К.Л., Керимов, А.А. Опасные метеорологические явления на Кавказе / под ред. Г.Г. Сванидзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 157 с.
2. Баранов, А.М. Фронтальные облака и условия полетов в них. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 245 с.
3. Баранов, А.М., Губицын, Г.А. Авиационная метеорология. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1975. – 218 с.
4. Баранов, А.М., Губицын, Г.А., Иоффе, М.М. Авиационная метеорология. – М.: ВИМО, 1971. – 314 с.
5. Баранов, А.М., Солонин, С.В. Авиационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 331 с.
6. Богаткин, О.Г. Еникеева, В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 270 с.
7. Ветлов, И.П., Вельтищев, Н.Ф. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 200 с.
8. Глушкова, Н.И. Лапчева, В.Ф. Руководство по диагнозу и прогнозу ОЯ по данным метеорологических локаторов и искусственных спутников Земли. – М.: ФСР по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – 250 с.
9. Говердовский, В.Ф. Космическая метеорология. – СПб.: РГГМУ, 1995. – 220 с.
10. Госкомитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Методические указания по обработке данных МРЛ. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 235 с.
11. Заверская, А.В. Синоптико-аэрологические условия размывания и

- обострения атмосферных фронтов, движущихся на Северный Кавказ в теплую половину года. – М.: Гидрометиздат, 1979. – 214 с.
12. Зак, М.Е., Мазурин, Н.И. Метеорологические условия полета летательных аппаратов. – М.: Транспорт, 1988. – 285 с.
13. Зверев, А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 712 с.
14. Иоффе, М.М. Авиационная метеорология. – М.: изд. ВВКА, 1974. – 215 с.
15. Кан, С.И. Океан и атмосфера. – М.: Издательство «Наука», 1982. – 68 с
16. Матвеев, А.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 314 с.
17. Матвеев, Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: изд. Гидрометеиздат, 1991. – 279 с.
18. Матвеев, Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: изд. Гидрометеиздат, 2000. – 412 с.
19. Минакова, Н.Е. Комплексное использование данных ИСЗ и МРЛ в анализе атмосферных фронтов. Методическое письмо. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 150 с.
20. Никандрова, В.Я., Шишкина, Н.С. Исследования облаков, осадков, грозового электричества. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 415 с.
21. Роджерс, Р.Р. Краткий курс физики облаков. – Л.: Гидрометиздат, 1960. – 231 с.
22. Солонин, А.С. Бочарников, Н.В. Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеоячейка». – СПб.: Гидрометеиздат, 2017. – 315 с.
23. Хромов, С.П. Мамонтова, Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: изд. Гидрометеиздат, 1978. – 398 с.
24. Шишкин, Н.С. Облака, осадки и грозовое электричество. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 212 с.

25. Шметр, С.М., Постнов, А.А., Безрукова, Н.А. Влияние мезометеорологических процессов в нижней тропосфере на условия полетов воздушных судов на малых и средних высотах. – М.: Гидрометеиздат, 1988. – 195 с.



## Приложение 1

Дни с грозой и продолжительность гроз, полученные на метеостанциях

№	Метеостанция	Число дней с грозой	Длительность грозы по LS 8000, ч	Длительность грозы по формуле(4), ч	Разница, ч
1	Должанская	6	21	12	9
2	Ейск	6	20	12	8
3	Староминская	11	39	22	17
4	Куцевская	11	26	22	4
5	Каневская	8	13	16	–
6	Сосыко(Павловская)	10	17	20	–3
7	БелаяГлина	7	20	14	6
8	Приморско-Ахтарск	8	19	16	3
9	Тихорецк	9	29	18	11
10	Тимашевск	8	19	16	3
11	Кореновск	10	28	20	8
12	Кропоткин	7	13	14	–1
13	Кубанская(Темрюк)	3	3	6	–3
14	Славянск-на-Кубани	6	14	12	2
15	Усть-Лабинск	10	33	20	13
16	Анапа	5	11	10	1
17	Крымск	5	18	10	8
18	Краснодар	9	18	18	0
19	Армавир	9	19	18	1
20	Новороссийск	5	21	10	11
21	ГорячийКлюч	11	31	22	9
22	Белореченск	8	22	16	6
23	Лабинск	9	26	18	8
24	Геленджик	10	28	20	8
25	Джубга	8	26	16	10
26	Отрадная	4	6	8	–2
27	Туапсе	9	36	18	18
28	Горный	19	78	38	40
29	Псебай	11	27	22	5
	Среднее	9	22,5	16,3	9,1

## Приложение 2

Анализ годового хода гроз и синоптическая оправдываемость в аэропорту г.Сочи

Год	Месяц	кол-во случаев	оправд. в %	год	месяц	кол-во случаев	оправд. в %	
2013	декабрь	4	-		май	16	100	
	Всего	139	98,2		июнь	21	100	
2014	январь	3	-		июль	10	95,5	
	февраль	2	-		август	18	100	
	март	4	-		сентябрь	8	97,4	
	апрель	11	95,3		октябрь	3	-	
	май	20	100		всего	88	98,2	
	июнь	24	96,7		2017	январь	2	-
	июль	18	100			март	2	-
	август	21	100			апрель	2	-
	сентябрь	19	98,5			май	7	85,7
	октябрь	11	100			июнь	22	97,1
	ноябрь	9	96,6			июль	14	100
	декабрь	6	94,3			август	25	92,6
всего	148	97,9	сентябрь	11		94,4		
2015	январь	3	-			октябрь	9	93,3
	февраль	1	-			ноябрь	8	100
	март	4	-			декабрь	1	-
	апрель	7	100			всего	103	95,5
	май	18	93,6		2020	январь	2	-
	июнь	24	100			февраль	2	-
	июль	15	99,1			март	3	-
	август	18	100			апрель	11	100
	сентябрь	11	98,2			май	21	100
	октябрь	9	97,3			июнь	26	100
	ноябрь	7	95,5			июль	10	84,2
	декабрь	3	-			август	18	100
всего	120	97,9	сентябрь	19		94,9		
2019	январь	2	-			октябрь	11	95,5
	февраль	1	-			ноябрь	12	100
	март	2	-			декабрь	9	100
	апрель	7	96,6		всего	144	95,6	
2020	март	4	-	2001	апрель	6	94,3	
	апрель	7	93,4		май	18	99,2	
	май	21	100		июнь	25	100	
	июнь	26	100		июль	17	100	
	июль	19	96,2		август	15	97,9	
	август	18	100		сентябрь	12	100	
	сентябрь	15	92,5		октябрь	8	100	
	октябрь	10	97,3		всего	106	98,7	
	ноябрь	10	92,8		2002	январь	4	-
	всего	130	96,4			март	3	-

Продолжение приложения 2

2019	январь	6	93,2		апрель	8	93,3
	март	4	-		май	14	100
	апрель	8	95,6		июнь	24	100
	май	19	100		июль	19	96,6
	июнь	23	100		август	11	100
	июль	17	98,5		сентябрь	12	95,8
	август	18	100		октябрь	6	100
	сентябрь	13	100		ноябрь	7	100
	октябрь	12	98,9		декабрь	5	93,9
	ноябрь	6	100		всего	113	97,7
	всего	126	98,4	2013	январь	2	-
2020	апрель	9	97,3		февраль	1	-
	май	15	98,9		март	4	-
	июнь	20	100		апрель	12	94,8
	июль	20	100		май	18	99,3
	август	11	98,9		июнь	26	100
	сентябрь	13	100		июль	19	100
	октябрь	6	100		август	21	100
	ноябрь	6	94,3		сентябрь	17	96,7
	декабрь	4	-		октябрь	9	94,9
	всего	104	98,6		ноябрь	6	100

### Приложение 3

#### Анализ авиационных происшествий

Дата время	Тип ВС характер предпосылки к АП	Место происшествия	Причина предпосылки
14.01.1988 07:50	Як-40.поражение эл.зар.	На развороте уд.32км Н=6000	Эл.разряд.
14.01.88 05:09.	Ан-24 поражение	Не уточнено	Эл.разряд
14.01.88 20:23	Ту-134 поражение	На взлете	Эл.разряд
14.01.88 20:34	Ту-154 поражение	Не уточнено.	Эл.разряд
04:03.88	Ту-134 поражение,повреждения нет	На снижении Н=600м уд.140м	Разряд стат. эл. Хлопок по курсу.
16.06.88 посадка 11:14	Ту-154 оплавление разрядников	На снижении в ливневых осадках Н=3000	Поражение эл разрядом хлопок справа по борту.
16.06.88 посадка 12:02	Ту-134 разрушение антенны выпуск шасси.	До поражения очаги не наблюдались.	Поражение эл.разрядом. Хлопок под фюзеляжем
29.12.88 10:23	Ту-134 оплавление разрядников	На заходе.	Поражение атмосферэлек.
11.02.1989 01:05	Ту-154 выплавление эл.разрядников	Электрилизация.Н=2500	Разряд атмосферного эл.
17.11.89. 14:42	Ту-134 оплавления разрядников	На Н=2500м по докладу экипажа	Разряд атм. электричества
17.11.89 20:15	Ту-154 оплавления разрядников	На снижении уд.20 Н=1000м	Разряд статического эл.
17.11.89 20:27	Ту-154 оплавление разрядников.	Снижение визуально	Разряд статического эл.
04.01.1990 09:25	Ан-24 нарушений не обнаружено	На снижении	Разряд атмосферного эл.
19.01.1992 14:50	Ту-154 разряд повреждений нет	На взлете	Разряд статического эл.
23.11.92 15:20	Ан-24 повреждений нет	При заходе на посадку Н=600м	Разряд атмосфер. электричества
22.12.92 17:15	Ан-24 повреждений нет	При заходе на посадку Н=600м	Разряд атмосфер. электричества.
16.12.1995 13:15	Ил-86 поражение	Не зафиксированно	Разряд электричества
01.02.1997 09:33	Ту-134 поражение	На снижении Н=1900м	Разряд в носовой части
11.02.97. 09:10	Ту-154	На взлете Н=350м	Разряд, сильный хлопок.
01.09.97. 11:39	Як-42 на корпусе во многих местах оплавления	На снижении в облаках на Н=3600м	Разряд атмосферного электричества

Продолжение приложения 3

25.11.2009. 06:16	Ту-134 нарушений нет	При взлете Н=800м	Разряд атмосфер. электричества
10.02. 2014 12:21	Ту-134 нарушений нет	При взлете Н=500м	Разряд статического эл
18.10.14. 05:35	Ил-86 повреждений нет	На снижении Н=3200м	Разряд статического эл. В носовую часть
09.12.14. 10:37	Ту-154 оплавление правого корпуса двигателя, разрушение ступени компрессора	На снижении на Н=900м подходил к развороту.	Разряд статического электричества
31.01.2019. 06:03.	Ту-134 нарушений нет	На взлете на Н=910м уд.=12км	Разряд статического электричества