



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

Кафедра МКОА

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалаврская работа

На тему: «Основные опасные метеорологические явления для полетов
воздушных судов в аэропорту Усть-Куйга»

Исполнитель Овчаренко Людмила Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Лебедев Андрей Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

« 14 » июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение	3
1 Физико-географическое описание аэродрома Усть-Куйга	6
1.1 Географические особенности района аэродрома Усть-Куйга	6
1.3 Особенности растительного покрова района аэродрома Усть-Куйга.....	12
1.4 Синоптические особенности района аэродрома Усть-Куйга.....	13
1.5 Климатические особенности района аэродрома Усть-Куйга.....	15
2 Опасные явления погоды и минимумы погоды	17
2.1 Основные понятия и определения	17
2.2 Явления погоды, ухудшающие видимость в аэропорту Усть-Куйга	20
2.3 Низкая облачность в районе аэропорта Усть-Куйга	26
3 Методика и результаты расчета климатических характеристик повторяемости основных опасных метеорологических явлений в аэропорту Усть-Куйга.....	30
3.1 Методика определения повторяемости условий погоды, различной степени сложности в аэропорту Усть-Куйга.....	31
3.2 Годовой, суточный ход и повторяемость опасных явлений погоды.....	31
3.3 Повторяемость условий погоды различной степени сложности в зависимости от скорости и направления ветра.....	37
3.4 Повторяемость сложных метеорологических условий при различных барических образованиях в аэропорту Усть-Куйга.....	40
3.5 Оценивание многолетнего режима опасных метеорологических условий аэропорта Усть-Куйга	42
Заключение.....	50
Список использованной литературы	51
Приложения.....	53

Введение

Пилотирование воздушных судов в сложных метеорологических условиях в настоящее время стали обычным явлением в гражданской авиации. Одной из самых существенных проблем в метеорологическом обеспечении полетов является своевременность оповещения и предупреждения об опасных для полетов метеорологических явлениях, в том числе, имеющих местный кратковременный характер. Особую актуальность данная проблема приобретает на классифицированных аэродромах, с которых взлеты и посадки осуществляются в условиях, предусмотренных минимумами погоды соответствующих категорий.

В то же время, некоторые метеорологические явления и условия могут представлять опасность для авиации, поскольку их влияние на этапы полета и воздействие на воздушные суда могут угрожать как безопасности полетов, так и сохранности авиационной техники в аэропортах. Основным документом по изучению местных климатических особенностей аэродромов, в котором обобщены сведения об опасных явлениях погоды является климатическое описание аэродрома [1]. Информация из климатического описания включают в инструкцию по производству полетов на аэродроме.

С течением времени вследствие естественной изменчивости климата, а также хозяйственной деятельности человека (вырубка лесов, строительство дорог, промышленных предприятий, жилых домов, изменения водных объектов и т.д.) местные особенности в районе аэродрома также претерпевают изменения. В соответствии с [1], климатическое описание обновляется как минимум один раз в 5 лет, а также, если в районе аэродрома произошли изменения, которые могут повлиять на однородность ряда наблюдений, а также при введении в эксплуатацию другого типа измерительного прибора.

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению основных опасных метеорологических явлений для полетов воздушных судов в аэропорту Усть-Куйга.

Целью данной работы является систематизация и актуализация местных климатических особенностей аэропорта Усть-Куйга для наиболее полного учета их при организации и проведении полетов воздушных судов (ВС).

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие задачи:

- выполнить анализ физико-географических и синоптико-климатических особенностей района аэропорта Усть-Куйга;
- проанализировать особенности возникновения и развития опасных явлений погоды в районе аэропорта Усть-Куйга;
- рассчитать климатические характеристики повторяемости опасных явлений погоды для аэропорта Усть-Куйга.

Первая глава посвящена изучению и систематизации физико-географических и синоптико-климатических особенностей района аэропорта Усть-Куйга.

Во второй главе рассматриваются опасные явления погоды, особенности возникновения и развития опасных явлений погоды в районе аэропорта Усть-Куйга.

В третьей главе диплома рассчитаны климатические характеристики повторяемости опасных для авиации явлений погоды для аэропорта Усть-Куйга.

Для каждой характеристики была определена повторяемость всех четырех минимумов погоды по месяцам, годам и за каждый срок наблюдения. В качестве исходного материала для расчетов использовались архивы ежечасных метеорологических наблюдений за 2016-2020 гг. Пропусков в ряде наблюдений не было. Расчеты производились в соответствии с руководящим документом РД 52.21.692–2007 – «Требования к составлению климатического описания аэродрома» [1].

1 Физико-географическое описание аэродрома Усть-Куйга

1.1 Географические особенности района аэродрома Усть-Куйга

Аэродром Усть-Куйга находится на территории Усть-Янского улуса (района) республики Саха (Якутия), которая расположена в северо-восточной части Евразии и, в свою очередь, входит в состав Дальневосточного федерального округа (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Карта Якутии

Усть-Янский улус расположен на севере Республики Саха полностью за Северным полярным кругом. Площадь его занимает 120,3 тыс. км².

Рельеф улуса – горно-равнинный, в котором горные системы соседствуют с низменностями. Большую часть района занимает Яно-Индигирская низменность, которая находится в основном на севере и постепенно переходит в побережье Янского залива моря Лаптевых. К району также относится небольшой архипелаг – Шелонские острова, расположенный неподалёку от побережья.

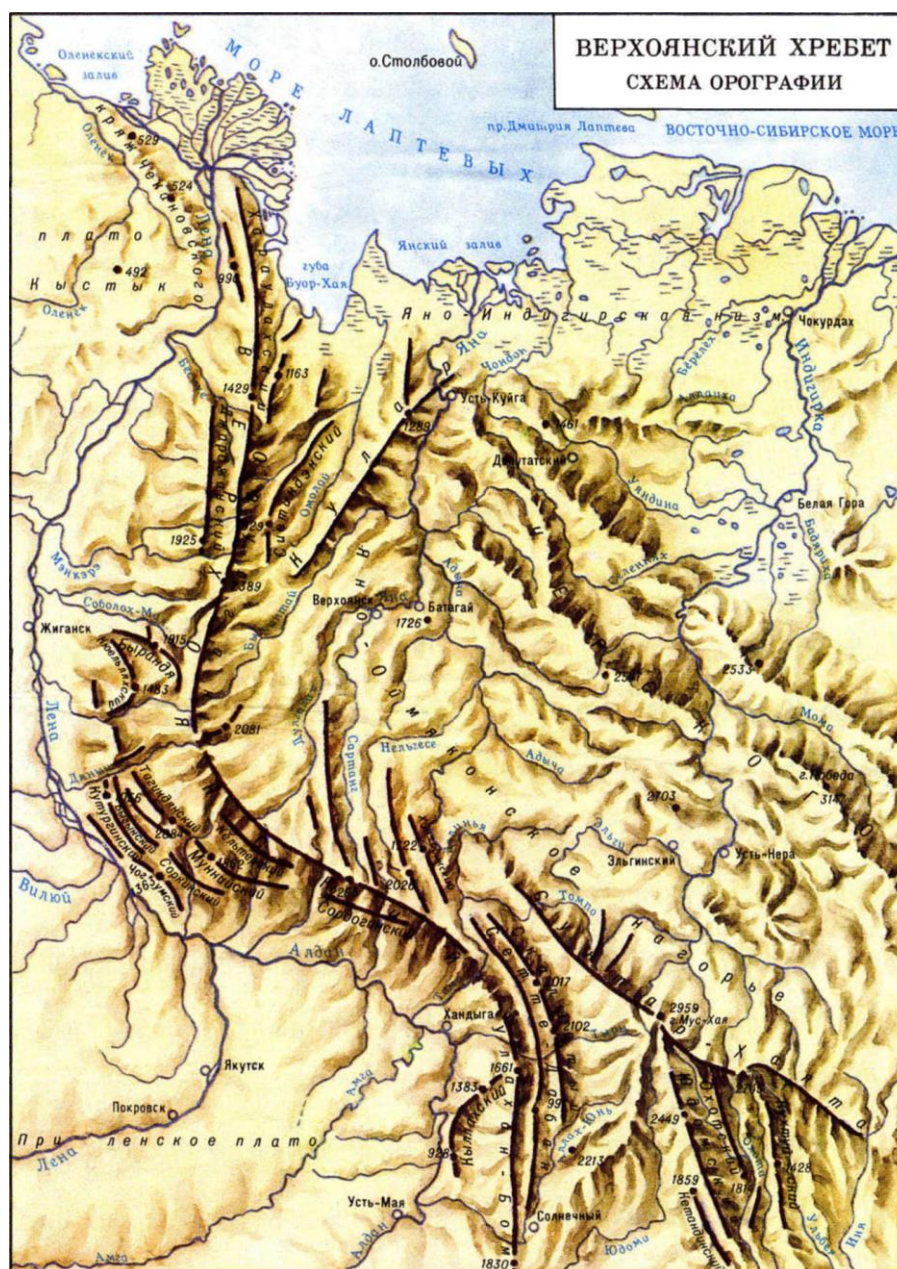


Рисунок 1.2 – Верхоянский хребет и хребет Черского

С юга в Усть-Янский улус спускаются отроги крупных горных хребтов: на западе – Верхоянского, на востоке – Черского (рис. 1.2). Верхоянский и хребет Черского представляют собой ряды горных цепей, разделённых долинами, с высотами. Южная часть района – низкогорья, куда заходят отроги хребта Черского.

Аэродром Усть-Куйга расположен в 3 км северо-восточнее населенного пункта Усть-Куйга в правобережной части долины р. Яна на вытянутом с запада на восток плоском холме северо-восточного отрога хребта Кулар. Как следует из орографической схемы Верхоянского хребта и хребта Черского, представленной на рис. 1.2:

- на западе на удалении 140 км от аэропорта Усть-Куйга находится Верхоянский хребет, в состав которого входит хребет Орулган (наивысшая точка 2283 м), с преобладающими высотами 1500-2000 м;

- на севере на удалении 30 км от аэропорта находится хребет Кулар (наивысшая точка 1299 м) с преобладающими высотами 500-1000 м;

- на востоке на удалении 50 км от аэропорта находится хребет Черского, в состав которого входит Иргичинский хребет (наивысшая точка 1297 м) с преобладающими высотами 800-1200 м, кроме того, на удалении 20 км находится Куйгинский кряж (наивысшая точка 925 м) с преобладающими высотами 400-800 м;

- на юге на удалении 50 км от аэропорта находится склон горы Семейка (наивысшая точка 1077 м) который постепенно понижается в западном направлении.

Анализ и личный опыт метеорологического обеспечения показывает, что не прикрытым горными хребтами является южное и северное направления. Наличие же невысоких горных хребтов (хребта Кулар на севере и склона горы Семейка на юге) способствует, наоборот, задержке и накоплению водяного пара и низкой облачности на наветренных склонах.

1.2 Гидрологические особенности района аэродрома Усть-Куйга

Как упоминалось выше, на севере Усть-Янский улус омывается водами Янского залива моря Лаптевых. Море Лаптевых находится на удалении 100 км к северу от аэродрома.

В климатическом отношении море Лаптевых является одним из самых суровых арктических морей. В южной части моря Лаптевых полярная ночь продолжается около трех месяцев, отрицательные температуры наблюдаются в течении девяти месяцев. Средняя температура воздуха в январе составляет -31 – -34°C (минимальная до -50°C), в июле в Янском заливе – $+5$ – $+7^{\circ}\text{C}$ (максимальная до $+10^{\circ}\text{C}$). При этом температура воздуха на побережье летом может достигать $+22$ – $+24^{\circ}\text{C}$.

Льдообразование над южной акваторией моря Лаптевых начинается в октябре. Море Лаптевых большую часть года покрыто льдом. В холодные годы льды могут занимать летом большую часть акватории моря Лаптевых, в очень тёплые годы море освобождается ото льдов полностью.

Зимой юго-восточная часть моря Лаптевых покрыты неподвижным припайным льдом. Под действием восточных ветров вдоль границы припая может сохраняться заприпайная полынья, которая получила название Великой Сибирской полыньи. Летом припай разрушается, а льды на юго-востоке моря образуют устойчивые ледяные массивы.

В связи с тем, что море Лаптевых большую часть года покрыто льдом, оно в этот период по своим физическим свойствам мало отличается от покрытой снегом и льдом поверхности суши. Однако, при наличии Великой Сибирской полыньи зимой создаются благоприятные условия для образования низкой слоистой облачности над открытой водной поверхностью, а наличие большого контраста температур на границе «открытая водная поверхность – суша» летом благоприятно для образования термических атмосферных фронтов.

По территории Усть-Янского улуса протекают реки Яна, Омолой, Чондон и др. Основная река – Яна. В долинах и низовьях рек раскинулся край бесчисленных озер, крупнейшие из которых: Бустах и Оротко.

Река Яна образуется при слиянии рек Дулгалах и Сартанг, стекающих со склонов Верхоянского хребта. Первоначально река течёт в широкой долине. После впадения в нее р. Адыча русло расширяется до 10 км и более, и разделяется на протоки. При пересечении хребта Кулар (рис. 1.3) долина реки сужается и имеет пороги.

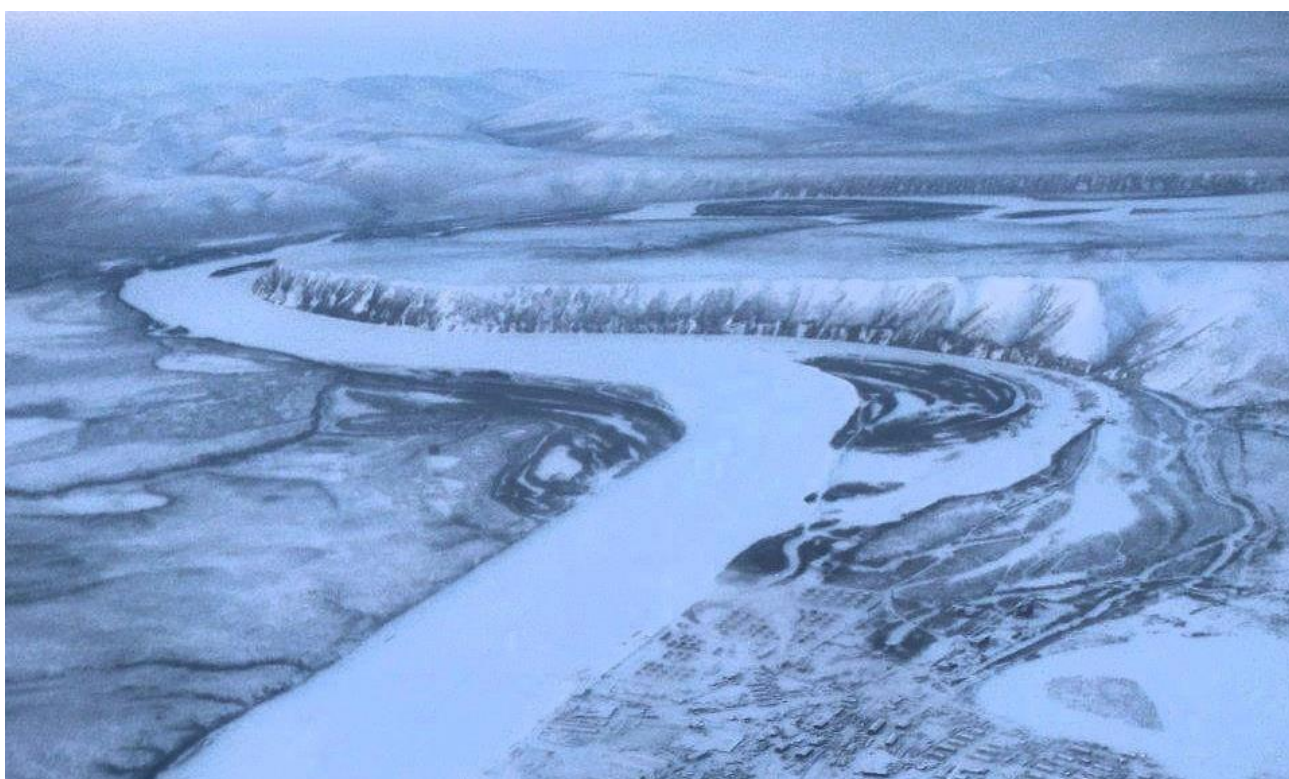


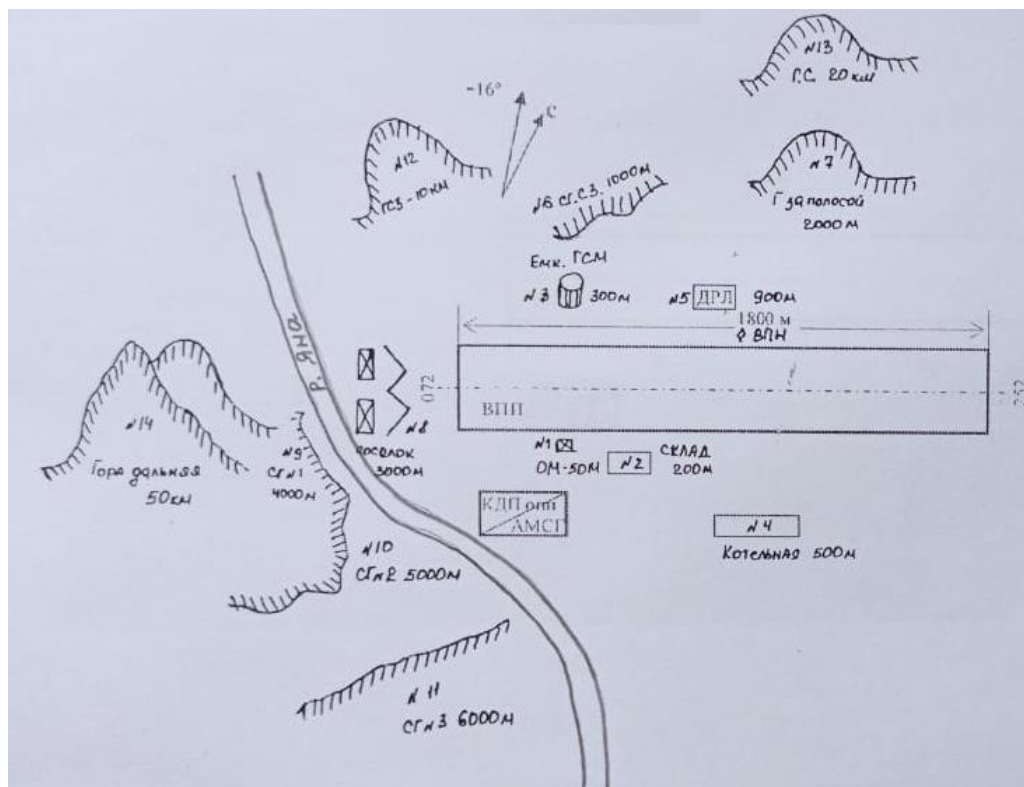
Рисунок 1.3 – Фото р. Яны перед пересечением хребта Кулар

Ниже р. Яна протекает по Яно-Индигирской низменности в очень извилистом русле. В Усть-Янском улусе она распадается на множество рукавов и протоков, образуя обширную заболоченную дельту.

Как было отмечено выше, аэродром Усть-Куйга расположен в правобережной части долины р. Яна. Командно-диспетчерский пункт (КДП)

аэродрома Усть-Куйга находится на расстоянии порядка 3500 м от берега реки (рис. 1.4).

а)



б)



Рисунок 1.4 – Положение р. Яна относительно аэродрома:

а) план-схема; б) вид с КДП на ВПП с курсом 072° и р. Яна

Замерзает река Яна в районе аэродрома Усть-Куйга в середине октября, вскрывается – в начале июня.

Таким образом, следует ожидать возможность возникновения туманов испарения во время отсутствия льда над рекой, особенно, в период, когда температура воздуха ниже температуры поверхности воды.

1.3 Особенности растительного покрова района аэродрома Усть-Куйга

Большую часть территории Усть-Янского улуса занимает Яно-Индигирская низменность. На ее просторах господствует арктическая тундра. Вглубь материка она переходит в лесотундру. Типичные виды растительности приведены на рис. 1.5.

а)



б)



Рисунок 1.5 – Растительность, характерная для района аэродрома:

а) мох, лишайник; б) лиственный лес, ягодник

1.4 Синоптические особенности района аэродрома Усть-Куйга

Циркуляция атмосферы над территорией Усть-Янского улуса, как и всей Якутии, имеет ярко выраженный сезонный характер, что проявляется в изменении характера циклонической деятельности и свойств воздушных масс.

Летом практически вся территория Азиатского материка находится под влиянием обширной азиатской депрессии, которая образуется за счет сильного прогрева континента. Циклоны возникают в бассейнах рек Оби и Енисея и перемещаются в восточном и северо-восточном направлениях [2]. Летом арктический фронт над Якутией проходит вблизи широты 65° с.ш., а умеренный фронт – около 50° с.ш. Над морями Арктического бассейна и прилегающими прибрежными районами наблюдается прохождение подвижных антициклонов. Таким образом, территория Усть-Янского улуса и район аэропорта Усть-Куйга в основном находится под действием циклонической деятельности. Вторжение арктических холодных масс воздуха вызывает похолодание и заморозки, а тропического воздуха – очень жаркую и солнечную погоду.

Осенью происходит существенная перестройка как приземного, так и высотного барических полей, установление на высотах устойчивых северо-западных потоков. С сентября полярный континентальный воздух (воздух умеренных широт) образуется над территорией Якутии в области отрога азиатского антициклона, благодаря чему Усть-Янский район остается в холодной воздушной массе.

Зимой воздух над Азией выхолаживается и образуется антициклональная зона повышенного давления с замкнутой циркуляцией. Район полетов, в основном, находится под влиянием отрога Азиатского антициклона. При ясной или малооблачной погоде и слабом ветре происходит резкое выхолаживание приземного слоя воздуха. В районе отрога высокого давления формируется воздух, для которого характерны очень низкие температуры у поверхности

земли, устойчивость, мощные приземные инверсии, малая влажность и высокая прозрачность воздуха.

Высотный циклон, как правило, расположен над Верхоянским районом Якутии или между Центральным и Верхоянским районами. При установлении мощного очага холода (на уровне поверхности 850 гПа температура -30 – -32°C) у земли отмечается устойчивая температура ниже -50°C . В ясную или малооблачную погоду, при слабом ветре, мощном слое инверсии создаются благоприятные условия для образования радиационного тумана.

Также для данного района зимой характерно прохождение циклонов с запада.

Если на высотах передняя часть высотного гребня, при котором ветер северного направления, то фронт находится в параллельных потоках, практически не смещаясь. Связанные с фронтом низкая облачность, снег остаются за Верхоянским хребтом, а в обслуживаемом районе может отмечаться несколько дней падения давления, ветер юго-восточного направления, ясная погода.

Если же на высотах ось высотного гребня с ветром западного направления или высотная ложбина с юго-западным переносом, то происходит смещение циклона или фронта с запада на восток. Прохождение западных циклонов выражается чаще всего в росте температуры воздуха и незначительным количеством осадков, однако может сопровождаться сильными ветрами и долговременными метелями.

Особое место в синоптических процессах и в погоде данного района занимает восточный процесс, связанный с активностью Охотского циклона. Адвекция теплых воздушных масс способствует образованию облачности и выпадению осадков. Потепление при восточном процессе бывает быстрым при восточном ветре на высотах. Если же очаг холода очень мощный, то барическая ложбина Охотского циклона сначала достигает хребта Черского, Чокурдаха, а затем при северо-восточном ветре на высотах достигает Усть-Янского района.

С приходом весны резко увеличивается западно-восточный перенос, циклоны движутся с запада на восток. Вынос тепла с востока наблюдается все реже. С юга приходят циклоны, приносящие сильные осадки с Западно-Сибирской низменности. Азиатский антициклон интенсивно разрушается.

1.5 Климатические особенности района аэродрома Усть-Куйга

Климат района аэропорта суров и резко континентален. Территория находится в области вечной мерзлоты, поэтому среднегодовая температура почвы держится на всех глубинах ниже 0°C. Оттаивание грунта происходит на глубину 20-40 см.

По формуле Горчинского был произведен расчет степени континентальности климата K [3]:

$$K = \frac{1.7 A}{\sin \varphi} - 20.4 \quad (1.1)$$

где A – амплитуда годового хода температуры воздуха, φ – географическая широта.

Полученное значение степени континентальности климата составило 99. Континентальность для морского и переходного климата колеблется от 0 до 33, для континентального – от 34 до 66, для резко континентального – от 61 до 100.

Среднемноголетняя температура воздуха на станции Куйга равна –12,5°C. Самый холодный месяц – январь, среднемесячная температура –38,4°C. Самый теплый месяц – июль, среднемесячная температура равна +12,1°C.

Заморозки, по средним многолетним данным, наступают со 2 сентября и заканчиваются примерно 29 мая. Длительность безморозного периода за год – 95 дней.

С апреля по июнь относительная влажность довольно низкая и составляет 70 %. Минимум относительной влажности (58 %) наблюдается в июне.

Максимум (83 %) – в сентябре. Среднее годовое значение парциального давления водяного пара составляет 3,7 гПа.

Среднегодовое атмосферное давление составляет 1004,0 гПа, что на 9,2 гПа ниже значения давления на уровне моря по стандартной атмосфере. Максимальное давление было отмечено в январе – 1046,9 гПа, минимальное – в апреле – 974,4 гПа.

Среднегодовая скорость ветра 2,4 м/сек. Усиление скорости ветра приходится на теплое время года, максимум – в мае составляет 3.4 м/сек. Наибольшую повторяемость в среднем за год имеют ветры со скоростью 1-4 м/с – 57,6%, ветры со скоростью 5-9 м/с составляют 21,5%, ветры со скоростью 10-14 м/с имеют повторяемость 4,5%, ветры со скоростью 15-19 м/с имеют самую низкую повторяемость – 0,8%. Повторяемость штилей от общего количества составляет 15,6%.

Максимальное количество пасмурных дней приходится на теплый период года: от 2 до 4 дней в месяц. В зимний период пасмурных дней практически не бывает. Максимальное количество ясных дней наблюдается в холодную половину года от 3 до 6 дней в месяц.

Годовая сумма осадков незначительна и составляет 214,8 мм, около 39% приходится на лето, 34% – на период с сентября по ноябрь. Минимальное количество осадков наблюдается в период с февраля по апрель.

Постоянный снежный покров формируется 2 октября, и сходит в среднем 3 мая. Следовательно, в году, в среднем, 203 дня со снежным покровом. Средняя высота составляет 35 см.

Низкая облачность наблюдается, главным образом, при облаках слоистых форм. Максимальное количество дней с нижней границей облаков (НГО) ниже минимума аэродрома Усть-Куйга для полетов по правилам визуального полета (600 м) наблюдается с мая по ноябрь. Высота НГО 200 м и ниже наблюдается минимальное количество, с максимумом с сентября по ноябрь.

2 Опасные явления погоды и минимумы погоды

2.1 Основные понятия и определения

Одной из основных задач метеообеспечения полетов – своевременное оповещение и предупреждение об опасных метеорологических явлениях для полетов воздушных судов.

В основном руководящем документе Российской Федерации по метеорологическому обеспечению авиации – Федеральных авиационных правилах «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» [4] используется термин «опасные явления погоды» (ОЯП), который в самом документе не определен; а ссылка на документ, определяющий данный термин также отсутствует.

В руководящем документе Российской Федерации по организации полетов гражданской авиации – Федеральных авиационных правилах «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации» [5] используется термин «опасные метеорологические явления». Термин определяется путем перечисления.

В соответствии с п. 14.2 [5]: «К опасным для полетов метеорологическим явлениям относятся: гроза, град, сильная болтанка, сильное обледенение, смерч, сильная пыльная буря.

Кроме того, на аэродроме вылета и посадки (во время взлета и посадки) приведенный выше список дополняется следующими опасными метеорологическими явлениями: сильный сдвиг ветра, гололед, ураган, сильный ливневый дождь при видимости менее 600 м при взлете и менее 1000 м при посадке.»

В соответствие с вышеупомянутом документом по составлению климатического описания аэродрома [1], опасные для авиации метеорологические явления погоды – особые явления погоды, которые

достигают или превышают установленные критерии интенсивности для безопасного производства полетов, указанные в инструкции по метеорологическому обеспечению полетов на аэродроме, которые могут создать угрозу безопасности полетов и/или нанести материальный ущерб авиационной технике.

Таким образом, анализ руководящих документов показал, что перечень ОЯП для каждого конкретного аэродрома является индивидуальным и определяется в инструкции по метеорологическому обеспечению полетов на аэродроме.

В соответствие с Инструкцией по метеорологическому обеспечению полетов на аэродроме Усть-Куйга [6] к опасным для авиации метеорологическим явлениям и условиям относятся:

- метеорологические явления погоды, приводящие к ухудшению видимости ниже установленного предельного значения, в том числе туман, дымка, мгла, дым, песчаная или пыльная буря, дождь, морось, снег, метель;
- облачность (вертикальная видимость), высота которой менее предельного значения, установленного для данного аэродрома, если ее количество 4 балла или более;
- ветер, скорость которого превышает предельные значения с учетом направления, а также скорость ветра 15 мс и более (даже отдельные порывы);
- гроза, град;
- ледяной дождь, гололед (независимо от интенсивности);
- закрытие облаками вершин гор, сопок, перевалов и искусственных препятствий (мачт, труб, и т.п.);
- шквал, смерч;
- умеренное или сильное обледенение;
- сильная болтанка в воздухе в районе аэродрома;
- сильный сдвиг ветра.

Кроме того, для характеристики сложности метеорологических условий, при которых выполняются полеты, в [1] определен термин «сложные

метеорологические условия» – метеорологические условия, при которых значения видимости составляют 2000 м и менее, и/или высота нижней границы облаков 200 м и ниже при общем количестве облаков более двух октантов.

Основными факторами, определяющие уровень сложности метеорологических условий (СМУ), являются низкая облачность и ограниченная дальность видимости, определяющие возможность взлета и посадки самолетов на аэродромах. Поэтому изучение происхождения и повторяемости сложных метеорологических условий привлекает особое внимание.

В качестве СМУ выбраны минимумы погоды, используемые в авиационной практике на аэродроме Усть-Куйга:

1. Высота облачности ниже 50 м и/или видимость менее 0.5 км, этот комплекс в дальнейшем именуется как К 50×0.5.

2. Высота облачности ниже 100 м и/или видимость менее 1 км – К 100×1.

3. Высота облачности ниже 200 м и/или видимость менее 2 км – К 200×2.

4. Высота облачности ниже 300 м и/или видимость менее 4 км – К 300×4.

Для обеспечения безопасности полетов введены понятия минимумов погоды. Минимум – это общий термин для обозначения предельных условий, в соответствии которых разрешены полеты. Установлены следующие типы минимумов [3]:

- эксплуатационные минимумы аэродрома (вертодрома);
- минимумы воздушного судна;
- минимумы командира воздушного судна;
- минимумы вида авиационных работ.

Минимум аэродрома для взлета – это минимально допустимые значения видимости на взлетно-посадочной полосе (ВПП) и (или) высоты нижней границы облаков (ВНГО), при которых разрешается выполнять взлет на воздушном судне данного типа.

Минимум аэродрома для посадки – минимально допустимые значения видимости на ВПП и высоты принятия решения (ВНГО), при которых разрешается выполнять посадку на воздушном судне данного типа.

Рассмотрим опасные для авиации явления погоды, характерные для аэропорта Усть-Куйга: явления погоды, ухудшающие видимость (туман, общую метель, пыльную бурю) и низкую облачность.

2.2 Явления погоды, ухудшающие видимость в аэропорту Усть-Куйга

Видимость является одной из метеорологических величин, определяющих минимум погоды. Ухудшение видимости может происходить из-за тумана, дымки, осадков, метели, пыльной бури, мглы.

Туман – скопление очень мелких капель воды в воздухе, образующихся в результате охлаждения влажного воздуха; вызывает помутнение белесоватого цвета, уменьшающее прозрачность атмосферы у земной поверхности до величины, соответствующей метеорологической дальности видимости менее 1000 м [7]. Туман, состоящий из кристалликов льда, называется ледяным туман. Туман, содержащий капли воды и ледяные частицы, называется смешанным туманом.

Если видимость ухудшается от 1 км до 10 км, то это явление называется дымкой. Мгла – сплошное помутнение воздуха, вызванное наличием в нем взвешенных частичек пыли, промышленного дыма, гари от пожаров и т. п.

В отличие от тумана и дымки ухудшение видимости во мгле наблюдается при относительной влажности, как правило, значительно меньше 100 процентов.

Уменьшение видимости зависит от структуры тумана (количество капель в единице объема и размера капель), наличия и характера атмосферных примесей, способа формирования тумана и его продолжительности.

По синоптическому положению, при котором возникают туманы, они подразделяются на фронтальные и внутримассовые.

По происхождению туманы делятся на туманы охлаждения (радиационные, адвективные и орографические) и туманы испарения (над водоемами в холодное время года и фронтальные). В отдельную группу выделяют туманы смешения [8]. Следует помнить, что приведенная классификация туманов является условна, так как, как правило, различные физические процессы, вызывающие образование туманов, действуют одновременно.

В районе аэропорта Усть-Куйга в основном наблюдаются радиационные туманы, которые образуются из-за радиационного выхолаживания подстилающей поверхности и охлаждения вследствие этого приземного слоя воздуха. В холодное время года радиационный туман бывает более опасным, т.к. выхолаживание может распространиться на большую высоту с вертикальной мощностью до 1,5-2 км и удерживаться несколько суток. Особенно плотными они бывают в приземном слое, где происходит наибольшее охлаждение воздуха.

На рис. 2.1 представлены данные комплексного температурно-ветрового зондирования атмосферы на ближайшей к аэропорту Усть-Куйга аэрологической ст. Верхоянск 22 января 2022 г 00 СГВ. Вертикальная протяженность приземной радиационной инверсии составляет около 1000 м. Дефицит точки росы у земли составляет 5-7°C, который с высотой уменьшается.

Благоприятными условиями для образования радиационного тумана являются:

- безоблачная или малооблачная погода;
- слабая скорость ветра (до 3 м/с);
- не высокий дефицит точки росы в момент захода солнца ($(T - T_d) < 6^{\circ}\text{C}$);
- увлажненность подстилающей поверхности выпавшими осадками;

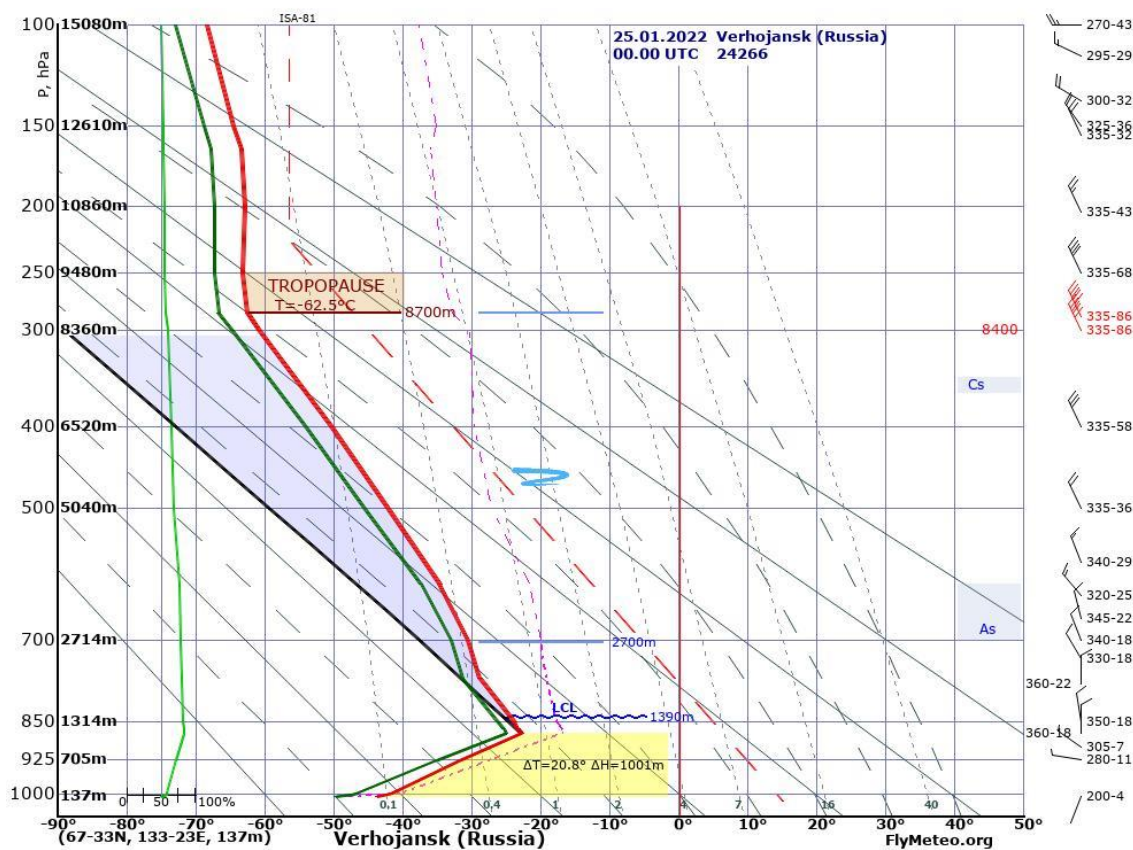


Рисунок 2.1 – Аэрологическая диаграмма ст. Верхоянск 25.01.22 г. 00 СГВ

– наличие в приземном слое задерживающего слоя в виде инверсии или изотермии.

В условиях Сибирского антициклона в Усть-Куйге наблюдаются по крайней мере три вышеперечисленных условия (первое, второе и пятое). Однако содержание влаги вблизи подстилающей поверхности мало, и для возникновения тумана необходимо искусственное добавление влаги [9]. Дополнительными источниками влаги являются: выхлопные газы всех видов (на аэродроме – при прогреве авиационных двигателей, при взлете и посадке летательных аппаратов), сгорание топлива на промышленных предприятиях, котельных, электростанциях, домов частного сектора. При смешении теплого влажного воздуха с менее влажным воздухом достигается состояние насыщения. При температуре ниже -30°C происходит сублимация водяного пара в кристаллы, образуя частный случай радиационного тумана – морозный туман.

Зимой в аэропорту Усть-Куйга наблюдаются чаще всего морозные туманы, которые возникают, как правило, на 1-2 часа раньше начала летной смены.

Адвективные туманы возникают при движении теплой и влажной воздушной массы над холодной подстилающей поверхности. Охлаждение путем турбулентного обмена распространяется на несколько сотен метров, где обычно наблюдаются слои инверсии и образуется туман. Для аэропорта Усть-Куйга данный вид тумана не характерен из-за местных орографических особенностей района. Так как аэродром расположен в окружении горных хребтов, то при переваливании влажной воздушной массы через горные хребты они подвержены фоновым процессам.

Фоновые процессы заключаются в следующем. При вынужденном подъеме по наветренному склону хребта воздух будет охлаждаться до достижения состояния насыщения (уровня конденсации) сухоадиабатически, а выше – влажноадиабатически. Из образовавшегося на наветренном склоне облака могут выпадать осадки, чтобы понизилось влагосодержание воздуха (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Фёновый процесс

Последующее опускание воздуха по подветренному склону происходит сухоадиабатически. В результате к основанию подветренного склона хребта воздух придет более теплым и сухим. Этот теплый и сухой воздух на подветренном склоне хребта называют фёном, а адиабатическое нагревание

воздуха с одновременным уменьшением его влажности при нисходящем движении после переваливания через горы – фёновым процессом.

Таким образом, при переваливании через горный хребет теплый и влажный воздух становится более теплым, но менее сухим. При этом состояние насыщения, необходимое для образования тумана не достигается. Поэтому адвективные туманы в аэропорту Усть-Куйга не наблюдаются.

Фронтальные туманы связаны с атмосферными фронтами, разделяющими теплые и холодные воздушные массы. Фронтальные туманы в аэропорту Усть-Куйга не образуются по той же причине почему не образуются адвективные туманы.

Туманы испарения возникают над теплой водной поверхностью в охлажденном воздухе. Для образования таких туманов необходим контраст температур между воздухом и водной поверхностью более 10°C. В районе аэропорта Усть-Куйга протекает река Яна, имеются озера и болота. Условия для образования туманов испарения наблюдаются в осенний период при заточах холодного воздуха в тыловых частях циклонов.

Из-за тесной связи между выпадением осадков и низкой облачности ухудшение видимости из-за осадков рассмотрим в п. 2.3 вместе с низкой облачностью.

Одним из наиболее опасных явлений для авиации является метель. Метель представляет собой перенос снега над земной поверхностью ветром достаточной силы.

Различают три разновидности метели: общую метель; низовую метель и поземок. Наибольшее влияние на полеты оказывает общая метель, условия возникновения которой в аэропорту Усть-Куйга рассмотрим ниже. Для образования низовой метели и поземка необходимо ветер достаточной силы и наличие на снежном покрове сухих снежинок. В малооблачную погоду даже при низких температурах на поверхности снежного покрова образуется наст, который объединяет верхний слой снежинок со снежным покровом.

Общие метели обычно связаны с зонами фронтальных осадков главным образом в системе углубляющихся циклонов. Главная роль принадлежит при этом теплым фронтам или фронтам окклюзии, реже – холодным фронтам. Метели отмечаются также в неустойчивых воздушных массах во время ливневых снегопадах с сильным ветром. В этих случаях возникают сильные, но кратковременные общие метели (заряды), перемежающиеся с периодами хорошей видимости, иногда с поземками.

Наиболее благоприятные условия для развития метелей создаются в районах, где циклон приближается к продолжающему еще усиливаться антициклону или отрогу. Такие условия часто наблюдаются зимой при приближении к отрогу Сибирского антициклона циклона с запада (рис. 2.3). Вследствие сближения барических областей разного знака наблюдается увеличение барических градиентов, следовательно, и усиление ветра, иногда до штормового. В этих районах при наличии снегопадов развивается интенсивная общая метель.

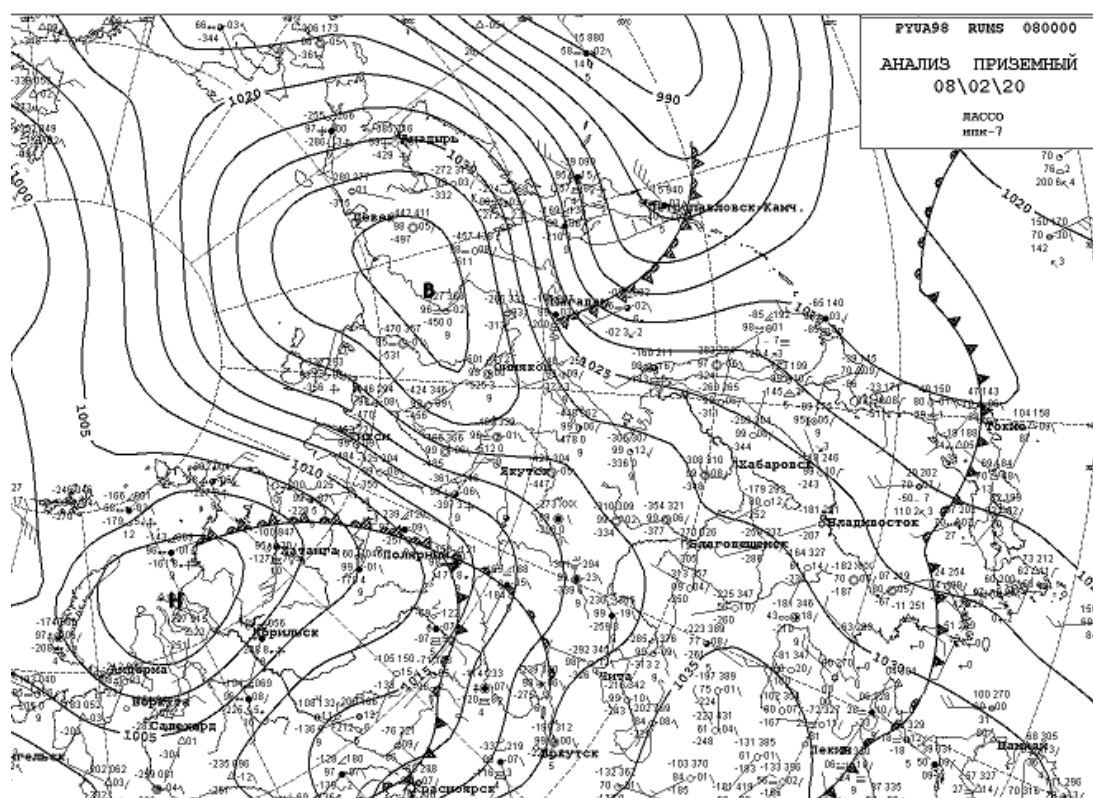


Рисунок 2.3 – Фрагмент карты «Анализ приземный» 08.02.20 г. 00 СГВ

Кроме того, метели могут возникать при оттеснении малоподвижного циклона усиливающимся и расширяющимся по площади антициклоном.

Продолжительность и интенсивность общих метелей зависит от стадии развития циклона и от того, какой фронт проходит по данному району. Обычно на периферии циклонов фронты выражены менее резко, продолжительность и интенсивность их в данных областях значительно меньше.

Зимой и в переходные периоды прохождение по Усть-Янскому району циклонов и ложбин сопровождается усилением восточного ветра и в равнинной тундровой зоне, вследствие чего ближе к побережью появляются метели.

Когда наблюдается восточный процесс и с востока приходит вынос теплого воздуха, в передней части ложбины ориентированной с юго-востока на северо-запад могут наблюдаться метели. В Усть-Куйге усиливается юго-восточный ветер до 10-15 м/с, ухудшается видимость. Продолжительность такой метели со значительным ухудшением составляет 2-4 часа. После прохождения фронта ветер меняет направление на юго-западный и ослабевает.

2.3 Низкая облачность в районе аэропорта Усть-Куйга

Низкая облачность оказывает существенное влияние на деятельность авиации, особенно на взлет, посадку самолетов и на полеты на малых высотах. Учитывая, что с низкой облачностью часто связано ухудшение видимости в слое атмосферы от нижней границы облаков до земли, рассмотрим условия образования низких облаков и выпадения осадков совместно.

Вследствие охлаждения воздуха от подстилающей поверхности и турбулентного обмена образуются внутримассовые низкие облака слоистых форм. Образование низкой облачности зависит от местных физико-географических особенностей. Низкие облака чаще всего наблюдаются над теми районами, где чаще возникают туманы: над долинами, поймами рек,

болотистой местностью. Нижняя граница низких облаков, особенно слоистых, имеет сложную структуру, что связано со спецификой ее формирования. Теоретически можно предположить, что облака возникают на той высоте, где температура воздуха понижается до точки росы, т.е. на уровне конденсации. Практически нижняя граница не совпадает с уровнем конденсации, а находится несколько выше его, потому что для образования отчетливо видимой границы облака, должно быть сконденсировано некоторое количество водяного пара, для чего требуется охлаждение воздуха несколько ниже точки росы. Следовательно нижняя граница не является ровной и резко очерченной поверхностью. Слой атмосферы от уровня конденсации до видимой части облака представляет собой слой дымки, а слой от начала нижней границы до наиболее плотной его части можно назвать переходным слоем.

Толщина подоблачного слоя слоистых облаков может достигать 200 метров, составляет в среднем 100-150 метров. Толщина подоблачного переходного слоя слоисто-кучевых не превышает 50 метров, а колебание их нижней границы составляет 20-50 метров. Таким образом, нижняя граница облаков является слоем переменной оптической плотности с постепенным ухудшением видимости от легкого помутнения до полной потери видимости.

Вид низких облаков в зоне атмосферных фронтов зависит от характера этих фронтов. Перед теплым фронтом наблюдается система «высоко-слоистых, слоисто-дождевых облаков», которые дополняются разорвано-дождевыми, а позади теплого фронта – низкие слоистые облака, образовавшиеся в теплой воздушной массе. Впереди медленно перемещающегося холодного фронта нередко наблюдаются разорвано-дождевые облака, которые возникают под основанием кучево-дождевых облаков при выпадении из них осадков.

В п. 2.2 было рассмотрено влияние на воздушные массы феновых процессов, аналогичное действие оказывают горные препятствия и на фронтальную облачность. При переваливании через горные хребты облачность ниже уровня горных хребтов задерживается, а выше данного уровня продолжает свое движение (рис.2.4).

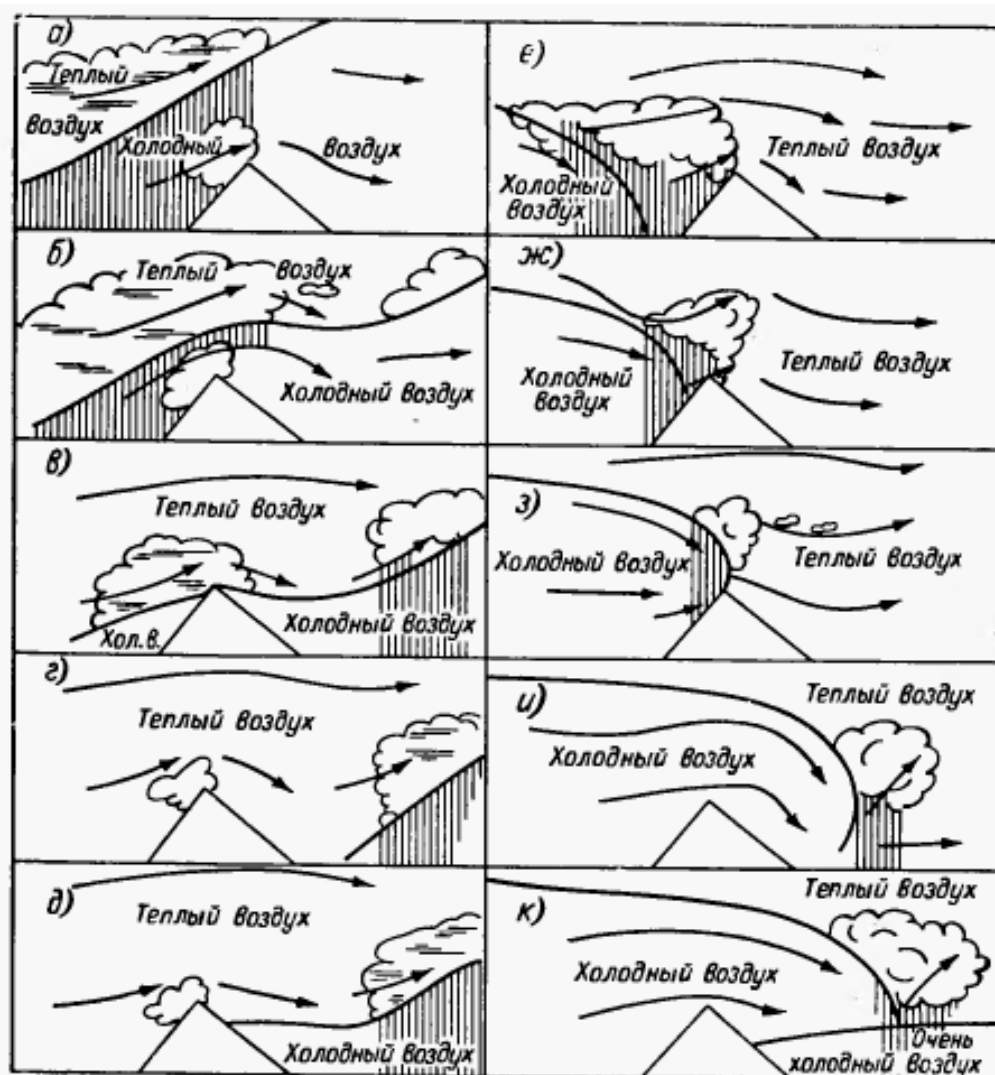


Рисунок 2.4 – Переваливание теплого (а-д) и холодного (е-к) фронтов через горный хребет [10]

Через некоторое расстояние от горного хребта структура облачности и осадков атмосферных фронтов восстанавливается, но за горным хребтом атмосферный фронт размывается (осадки могут прекращаться).

Чаще всего циклоны с атмосферными фронтами выходят в район аэропорта Усть-Куйга с запада (рис. 2.5). На западе от аэропорта Усть-Куйга на удалении 140 км находится Верхоянский хребет с преобладающими высотами 1500-2000 м, который является достаточно существенным препятствием для атмосферных фронтов и они при переваливании через хребет размываются.

Кроме того, для весеннего периода характерны «восточные процессы», при которых циклоны выходят в район аэродрома с востока.

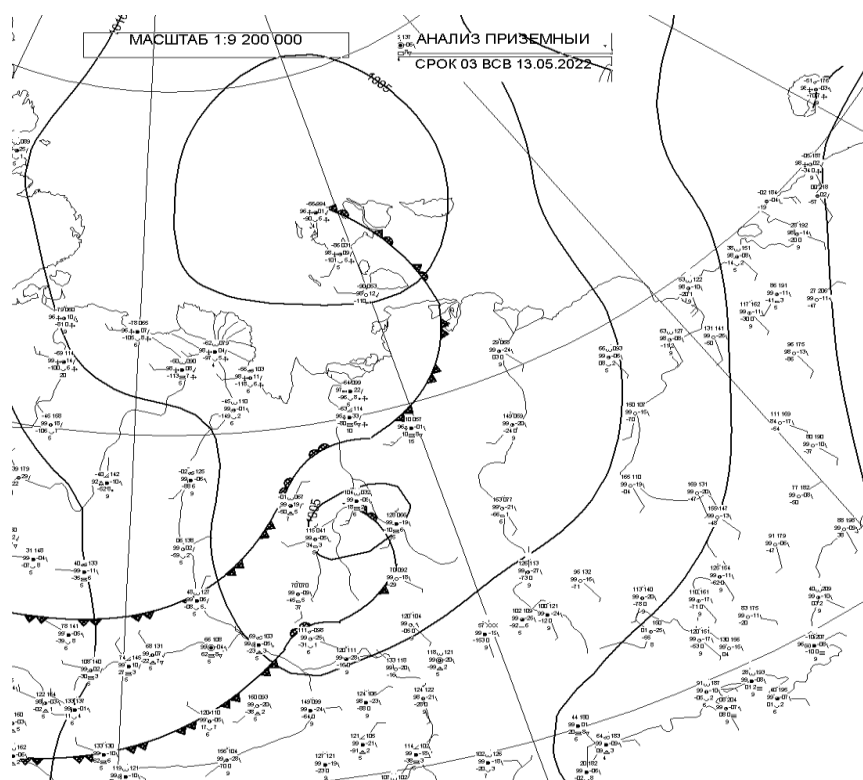


Рисунок 2.4 – Типичная синоптическая ситуация прохождения атмосферного фронта с запада (фрагмент карты «Анализ приземный» 13.05.22г. 03 СГВ)

На востоке на удалении 50 км находится хребет Черского с преобладающими высотами 800-1200 м. Однако, траектории циклонов проходят по северному побережью Сибири несколько севернее хребта Черского, поэтому хребет Черского не защищает район аэродрома от фронтальной облачности.

Иногда циклоны выходят в район аэродрома с севера-запада или юга (юго-запада). Расположенные на севере на удалении 30 км от аэропорта хребет Кулар с преобладающими высотами 500-1000 м и на юге на удалении 50 км склон горы Семейка не являются сколько-нибудь существенными преградами для фронтальной облачности. Наоборот низкая облачность с юга или севера упирается в хребет Кулар и склон горы Семейка соответственно на наветренной стороне и задерживается ими, усложняя в районе аэродрома условия полетов.

Сложнейшие погодные условия на аэродроме Усть-Куйга создаются из-за плохой видимости в туманах, такие явления, как пыльная буря, гололед за исследуемый период не наблюдалось.

3 Методика и результаты расчета климатических характеристик повторяемости основных опасных метеорологических явлений в аэропорту Усть-Куйга

Атмосферные явления в основном влияют на ухудшение видимости, но некоторые из них, такие как грозы и гололед, значительно влияют на выполнение полетов. Проанализируем следующие опасные для авиации явления погоды: явления, влияющие на видимость (туман, общая метель, пыльная буря), грозы, гололед и град.

Уровень сложности погоды, т.е. комбинация градации высоты нижней границы облаков ниже 300 м и горизонтальной видимости менее 4 км определялась в комплексе, т.е. в сочетании одного и другого, или одного из них. Такое исследование дает возможность определить нелетные метеоусловия и вычислить время, в течение которого полеты воздушных судов были приостановлены.

Аэропорт Усть-Куйга имеет несколько погодных минимумов, которые определяют взлет и посадку самолетов. Эти минимальные условия зависят от нескольких причин: радиооборудования аэродромов и воздушных судов, от условий подхода к аэродрому, по степени подготовки экипажа и т.д.

Были рассмотрены следующие комплексы условий погоды различной степени сложности (в дальнейшем, для краткости – комплексов погоды):

1. Высота облачности ниже 50 м и/или видимость менее 0.5 км, данный комплекс в дальнейшем именуется как К 50×0.5.
2. Высота облачности ниже 100 м и/или видимость менее 1 км – К 100×1.
3. Высота облачности ниже 200 м и/или видимость менее 2 км – К 200×2.
4. Высота облачности ниже 300 м и/или видимость менее 4 км – К 300×4.

3.1 Методика определения повторяемости условий погоды, различной степени сложности в аэропорту Усть-Куйга

В этом разделе будут рассчитаны некоторые характеристики повторяемости условий погоды, различной степени сложности:

- повторяемость значений горизонтальной дальности видимости и/или высоты нижней границы облаков ниже установленных критериев (или комплексов погоды) в определенный промежуток времени (среднемесячная, среднесезонная, суточный ход);

- непрерывная продолжительность комплексов погоды;

- повторяемость комплексов погоды при значениях направления и скорости ветра в пределах установленных критериев.

Метод расчета повторяемости комплексов погоды определен в руководящем документе [1]. В соответствии с п. 5.10 [1]: «Повторяемость представляет собой частоту попадания метеорологических величин или явлений в ту или иную градацию. Повторяемость вычисляется в процентах от общего числа случаев за определенный период (срок, сутки, месяц, год) с точностью до 0,1 %. Значения, меньшие 0,05 %, принимаются равными 0.»

Для расчета использовались данные ежечасных метеорологических наблюдений в аэропорту Усть-Куйга. Используемые данные соответствуют требованиям к точности метеорологических измерений и проверены на надежность методами первичного критического контроля [11].

3.2 Годовой, суточный ход и повторяемость опасных явлений погоды

На рис. 3.1 (исходные данные – см. Прил. 1) показан годовой ход повторяемости всех четырех комплексов погоды.

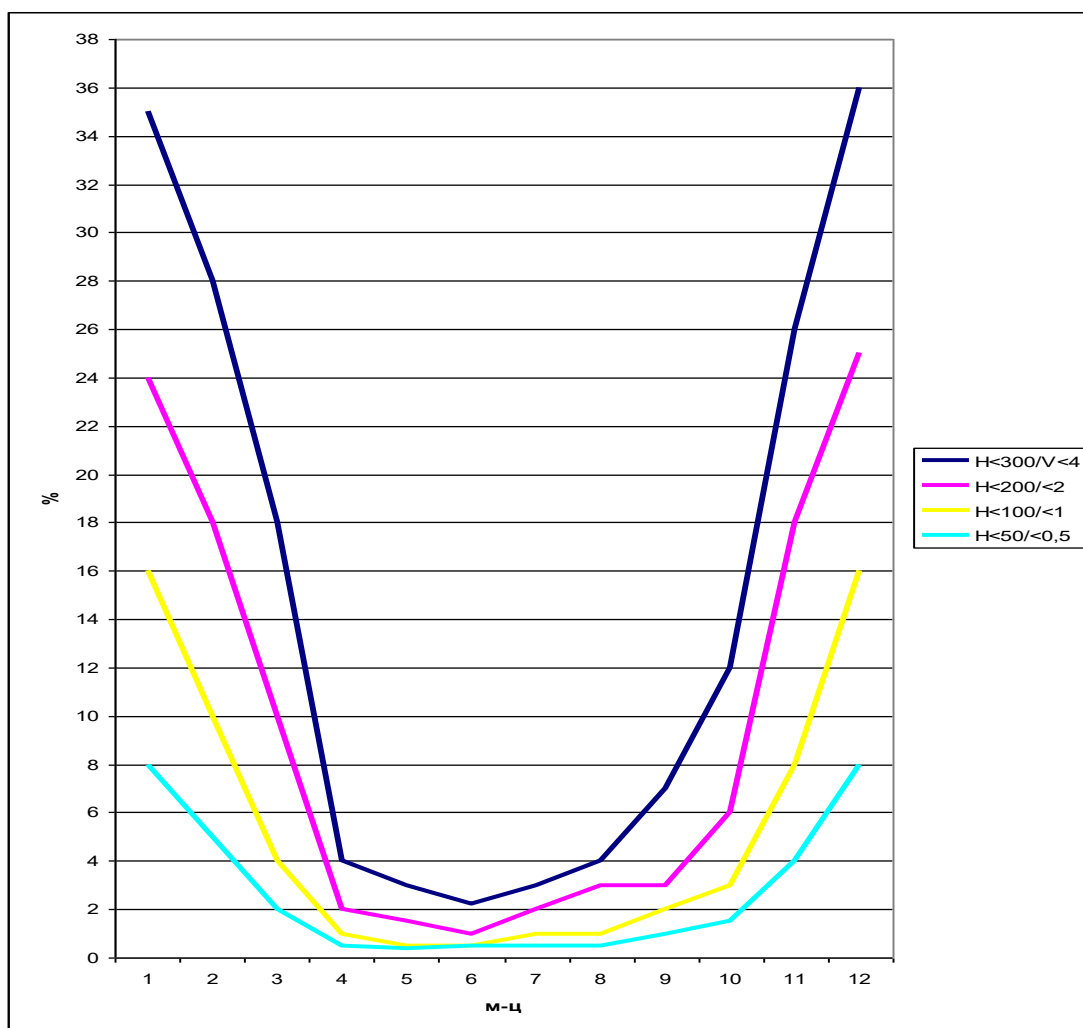


Рисунок 3.1 – Годовой ход повторяемости комплексов погоды, (%)

Следует заметить, что график годового хода сложных метеорологических условий аналогичен графику годового хода повторяемости горизонтальной видимости, т.к. СМУ в аэропорту Усть-Куйга в основном связаны с ухудшением видимости из-за тумана или дымки.

Комплекс К 200×2 наблюдается в большинстве случаев в холодный период года с максимальной повторяемостью в декабре (25 %). Минимумы приходятся на переходные периоды: май и июнь (около 1 %), сентябрь (3 %), октябрь (6 %).

Наиболее сложные комплексы (К 50×0.5 и К 100×1) наблюдаются зимой с максимумом в январе (16 %). В другие сезоны бывают в единичных случаях: осенью (менее 2,5 %), летом (менее 0,5 %).

На рис. 3.2-3.3 (исходные данные см. Прил. 2, табл. 2.1-2.3) показан суточный ход повторяемости комплексов погоды в зависимости от времени года.

В зимнее время СМУ наблюдаются преимущественно в утренние и дневные часы с максимальной повторяемостью в период с 8 до 16 ч местного времени, что можно объяснить образованием морозных туманов.

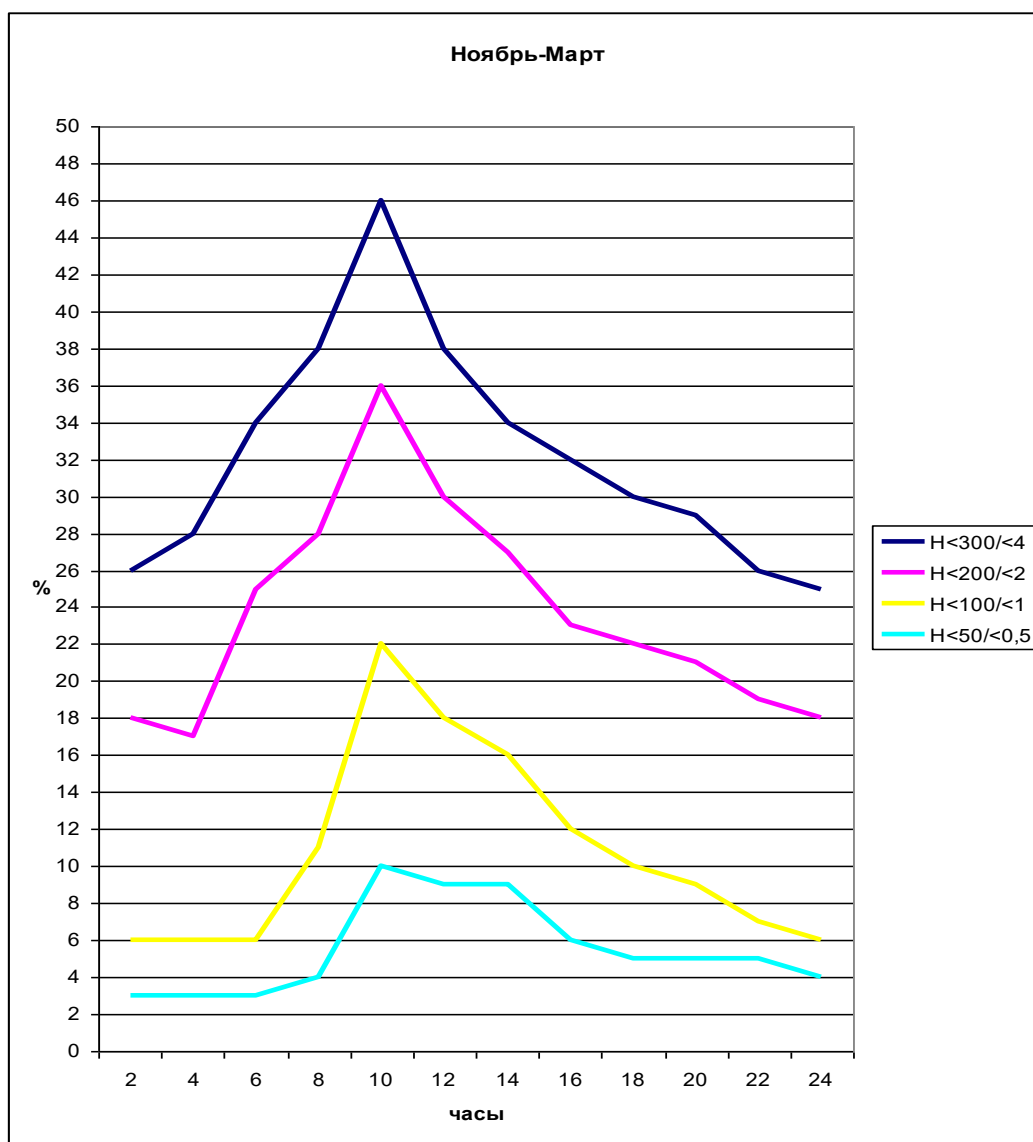
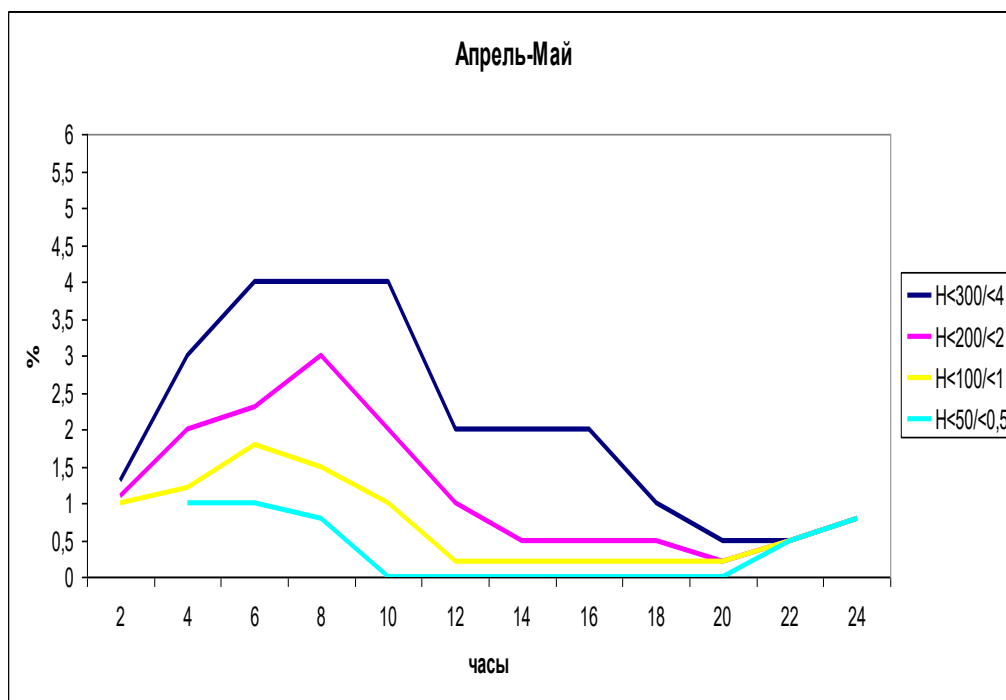


Рисунок 3.2 – Суточный ход повторяемости комплексов погоды различной степени сложности в холодное время года, (%)

а)



б)

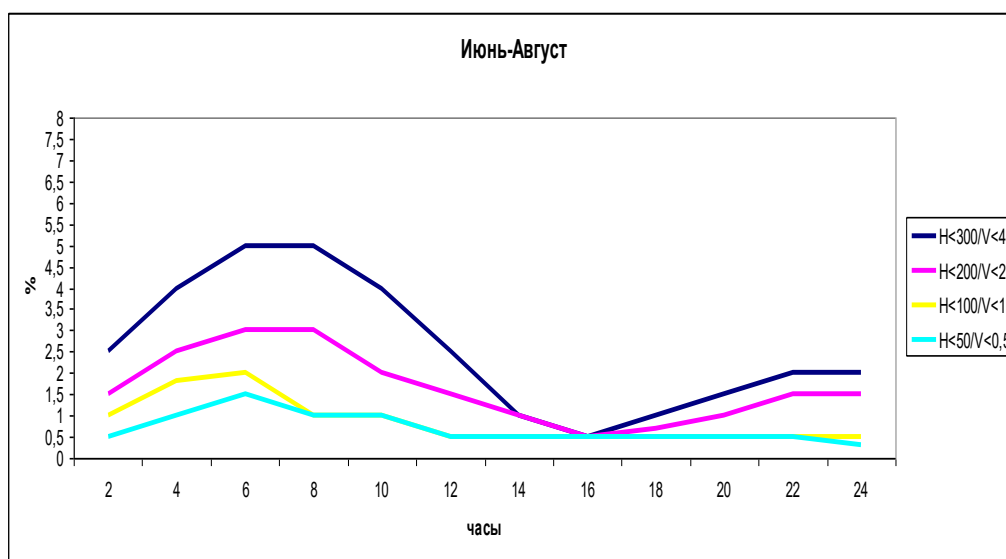
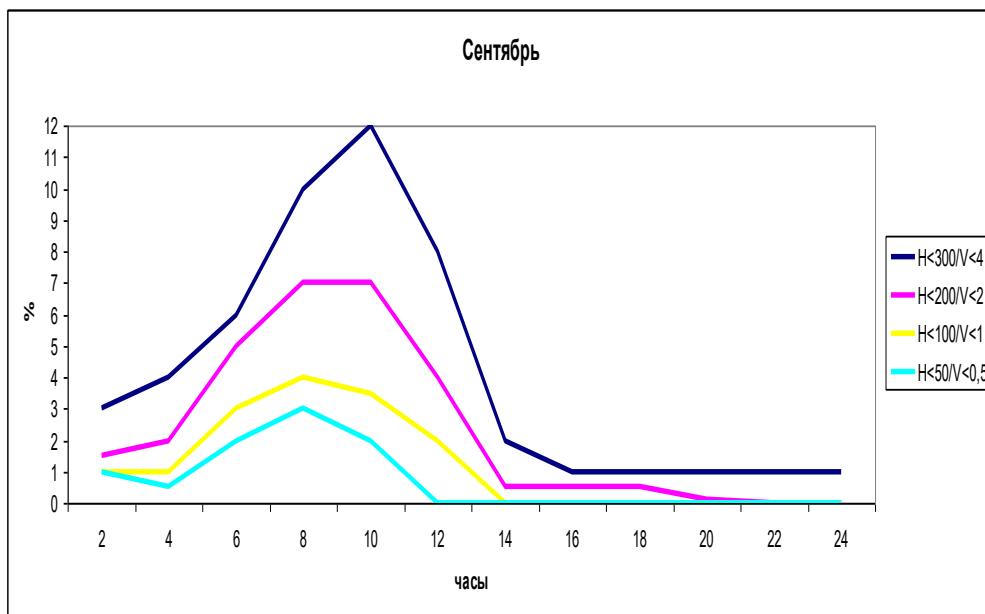


Рисунок 3.3 – Суточный ход повторяемости комплексов погоды различной степени сложности, (%): а – весной; б – летом

В весенне-летний период СМУ наблюдаются преимущественно в ночные и утренние часы с максимальной повторяемостью в период с 2 до 8 ч местного времени, что можно объяснить суточным ходом метеорологических величин.

а)



б)

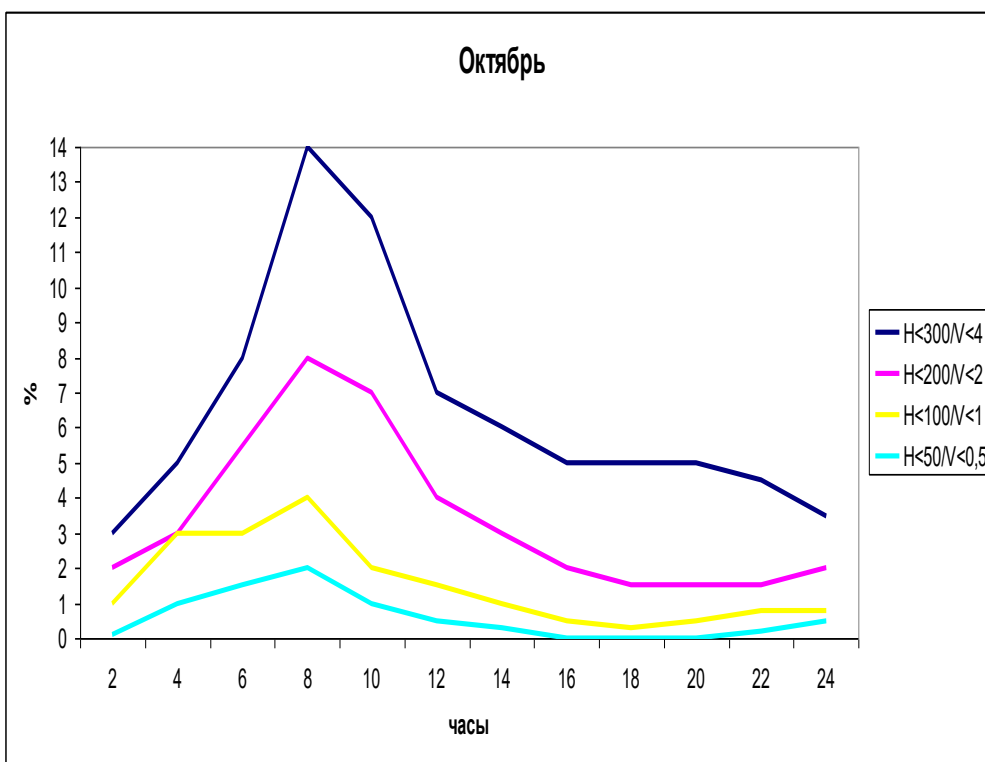


Рисунок 3.4 – Суточный ход повторяемости комплексов погоды, (%):

а – в сентябре; б – в октябре

Суточный ход повторяемости комплексов погоды для сентября и октября показаны отдельно на рис. 3.4 (исходные данные см. Прил. 2, табл. 2.4-2.5).

Сложные метеорологические условия в этот период наблюдаются в утренние и дневные часы с максимальной повторяемостью с 4 до 10 ч местного времени. По сути, данные месяцы являются переходными между летним и зимним периодами.

Огромное значение для авиации имеет устойчивость комплексов погоды, которая определяется величиной их средней непрерывной продолжительности. В табл. 3.1 приведены данные средней непрерывной продолжительности комплексов погоды и количество периодов.

Таблица 3.1 – Количество периодов комплексов погоды и их средняя непрерывная продолжительность (в часах)

Часы Комплекс	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
К 300×4	18/ 4,7	7/ 3,1	1/1	1/ 3,3	2/5	1/ 1,3	-/-	2/3	3/ 2,3	2/2,3	2/ 3,9	15/ 3,7
К 200×2	25/ 6,2	6/ 4,3	2/2	9/ 2,6	2/6	1/2	1/2	3/ 2,4	5/ 2,6	3/3	7/3	27/ 4,8
К 100×1	19/ 17,7	14/ 6,7	6/ 2,3	4/ 3,3	3/4	2/ 1,8	3/ 3,8	4/ 3,8	7/ 3,2	8/ 3,2	10/ 7,5	28/ 10,9
К 50×0.5	17/ 27	12/ 11,3	10/ 2,4	7/ 3,4	2/ 3,4	3/ 2,6	3/ 5,4	6/ 4,1	9/ 3,7	12/ 3,6	6/ 8,1	20/ 18,6

Устойчивость сложных погодных условий зимой очень высока, особенно в таких месяцах, как январь и декабрь. Непрерывная продолжительность периодов с комплексами погоды К 200×2 в январе составляет до 70 часов.

Летом наблюдается минимальная устойчивость сложных метеорологических условий. Непрерывная продолжительность комплекса погоды К 200×2 составляет не более 4 часов.

3.3 Повторяемость условий погоды различной степени сложности в зависимости от скорости и направления ветра

Повторяемость комплексов погоды К 100×1 и К 200×2 в зависимости от скорости ветра показана в табл. 3.2 и 3.3 соответственно.

Таблица 3.2 – Повторяемость (%) комплекса погоды К 100×1 в зависимости от скорости ветра (м/с)

М-ц Ветер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штиль	70	62	38	46	-	50	37	10	29	29	56	63
1-2	28	30	38	12	-	-	32	35	49	39	30	31
3-5	2	7	24	25	100	33	31	52	24	29	14	6
6-11	-	1	-	13	-	-	-	3	7	3	-	-
>12	-	-	-	4	-	17	-	-	-	-	-	-

Таблица 3.3 – Повторяемость (%) условий погоды К 200×2 в зависимости от скорости ветра

М-ц Ветер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штиль	51	43	44	28	-	36	24	7	16	28	37	51
1-2	40	40	31	14	-	-	27	28	41	30	33	37
3-5	9	16	24	26	100	37	49	61	37	26	29	12
6-11	-	1	1	28	-	18	-	1	5	10	1	-
>12	-	-	-	4	-	9	-	3	1	6	-	-

Из анализа табл. 3.2-3.3 следует, комплексы погоды К 100×1 и К 200×2 в течение года наблюдаются чаще при слабом ветре (до 2-х м/с). В холодное время года (с октября по март) – в 68-98 процентах случаев, что можно объяснить образованием радиационных (в т.ч. морозных) туманов.

В теплое время года (с апреля по сентябрь) повышается повторяемость комплексов погоды К 100×1 и К 200×2 при скоростях ветра более 2 м/сек. Так, в мае, все случаи К 100×1 и К 200×2 наблюдались при скорости ветра 3-5 м/с. Самый сложный комплекс погоды К 100×1 может наблюдаться при скорости ветра 6-11 м/с (максимум повторяемости в апреле – 13 %), и при скорости ветра более 12 м/сек (максимум повторяемости в июне – 17 %). В весенне-летний период ухудшение погодных условий обусловлено циклонической деятельностью – прохождением циклонов и атмосферных фронтов, которые являются причиной усиления ветра в Усть-Куйге.

Повторяемость комплексов погоды К 100×1 и К 200×2 в зависимости от направления ветра показана в табл. 3.4 и 3.5 соответственно.

Таблица 3.4 Повторяемость (%) К 100×1 в зависимости от направления ветра

М-ц Румб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С	11	14	24	21	67	-	-	23	20	22	19	14
СВ	2	2	5	8	17	-	21	-	7	10	1	2
В	-	1	-	-	-	-	11	6	10	-	-	-
ЮВ	1	2	5	-	-	33	11	-	2	7	6	1
Ю	5	12	19	-	-	-	16	19	5	7	10	8
ЮЗ	8	6	5	4	-	17	-	23	12	20	4	8
З	1	1	5	12	-	-	5	13	2	2	1	1
СЗ	3	3	-	8	16	-	-	6	2	2	3	4

Таблица 3.5 Повторяемость (%) комплекса погоды К 200×2 в зависимости от направления ветра

М-ц Румб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С	31	33	31	28	75	9	16	23	19	23	35	25
СВ	2	2	3	14	12	-	18	3	7	9	4	2
В	-	-	-	2	-	9	16	19	12	3	1	0
ЮВ	1	1	2	-	-	18	8	14	3	4	2	1
Ю	5	9	11	2	-	9	12	12	4	8	3	8
ЮЗ	7	8	5	6	-	9	2	13	7	10	6	8
З	1	0	2	8	-	-	2	6	5	8	2	1
СЗ	3	3	3	12	13	9	4	3	27	7	9	5

Анализ показывает, что СМУ К 100×1 могут наблюдаться при ветрах любого направления, но в переходные периоды чаще при ветрах северной четверти. Комплекс погоды К 200×2 в 32-48 % случаев наблюдаются при ветрах северных направлений, а весной – в подавляющем большинстве случаев. Летом комплексы погоды К 100×1 и К 200×2 наблюдаются при ветрах южных направлений. Данные закономерности можно объяснить особенностями циклонической деятельности в эти сезоны года.

В табл. 3.6 приведена повторяемость комплекса погоды К 200×2 при больших скоростях ветра в зависимости от его направления. Анализ показывает, что при больших скоростях ветра, любого направления, погодные условия К 200×2 наблюдаются крайне редко. За анализируемый период было зарегистрировано всего 17 случаев и в основном все приходится на апрель и октябрь, что объясняется обострением циклонической деятельности в переходные сезоны года.

Таблица 3.6 – Повторяемость комплекса погоды К 200×2 при больших скоростях ветра в зависимости от направления (число случаев)

М-ц Ветер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
С, 8-11	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
В, 8-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
ЮВ, >15	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
ЮЗ, 8-11	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	2
З, 8-11	-	-	-	2	-	-	-	1	-	2	-	-	5
СЗ, 8-11	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	-	-	4
СЗ, 12-15	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Несколько чаще комплекс погоды К 200×2 наблюдается при западном и северо-западном ветре и скорости 8-11 м/сек. При скорости ветра 12-15 м/сек ухудшение погоды наблюдалось дважды при северо-западном ветре в апреле-месяце. При скорости ветра 15 м/сек и более комплекс погоды К 200×2 зафиксирован один раз при юго-восточном ветре в июне-месяце.

3.4 Повторяемость сложных метеорологических условий при различных барических образованиях в аэропорту Усть-Куйга

Как было показано выше, особенности годового хода опасных явлений погоды могут быть обусловлены атмосферной циркуляцией, в том числе, циклонической деятельностью. Аэропорт Усть-Куйга в равной степени подвержен влиянию циклонов и антициклонов значительную часть года.

В январе преобладает антициклоническая погода. В теплое время года количество циклонических ситуаций становится в 2-2,5 раза больше, чем антициклонических. Комплекс погоды К 200×2 имеет максимальную повторяемость с ноября по февраль, а минимум – летом.

В теплое время года СМУ возникают чаще всего при циклонической деятельности, с максимальной повторяемостью в мае – 75 %; а зимой преимущественно при антициклонической с повторяемостью 42-63%.

Далеко не всегда прохождение циклонов через район аэродрома Усть-Куйга приводят к ухудшению погодных условий ниже минимума, особенно в летний период. В декабре и январе вероятность возникновения комплекса погоды К 200×2 повышается при прохождении циклонов (7 % и 19 % соответственно). Обусловлено это тем, что территория Якутии в эти месяцы оказывается под влиянием ложбин с Охотского моря, при этом появляются дымки и снегопады, снижающие видимость менее 2 км [12].

В таблице 3.7 представлена повторяемость комплекса погоды К 200×2 в зависимости от прохождения барических образований и атмосферных фронтов. В строке «другие» указана повторяемость К 200×2 при малоградиентном барическом поле и при поле с прямолинейными изобарами.

Таблица 3.7 – Повторяемость (%) комплекса погоды К 200х2 при различных синоптических ситуациях

Синоптич. ситуации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Антицикл.	50	46	44	12	-	-	-	6	3	24	62	45
Циклоны	7	7	7	-	-	-	2	1	13	4	6	3
Тепл. фронт	2	5	16	60	-	18	18	7	30	44	3	5
Хол, фронт	1	1	5	22	100	46	47	41	26	19	1	1
Фронт оккл.	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-
Другие	40	41	28	6	-	36	33	24	28	9	28	46

При формировании СМУ К 200×2, кроме периода ноябрь-февраль, решающую роль играют атмосферные фронты. Весной в 82-100 % случаев они обуславливают СМУ. Плохая погода в летние месяцы и в мае в основном связана с прохождением холодных фронтов, а в переходные периоды и зимой – с прохождением теплых фронтов.

Комплекс погоды К 200×2 часто формируется в размытом барическом поле и в поле с прямолинейными изобарами с максимальной повторяемостью в декабре – 46 %, и минимальной повторяемостью в апреле – 6 %.

В барических депрессиях сложные метеорологические условия К 200×2 наблюдаются крайне редко, максимум наблюдается в сентябре – 13 %, полное их отсутствие наблюдается с апреля по июль.

Чаще всего наблюдается развитие плохой погоды, связанное с антициклонами, зимой. При антициклональном типе погоды наблюдаются СМУ преимущественно в центрах антициклонов или в отрогах высокого давления, и отмечаются они туманами и дымкой.

При циклоническом типе погоды сложные погодные условия, в основном преобладают в тыловой части циклонов, и обуславливают уменьшение горизонтальной дальности видимости при снегопадах.

3.5 Оценивание многолетнего режима опасных метеорологических условий аэропорта Усть-Куйга

В этом подразделе будут проанализированы опасные для аэропорта Усть-Куйга атмосферные явления такие, как туманы и грозы. Гололед, как опасное явление не рассматривается, так как по многолетним данным он наблюдается крайне редко (примерно один раз в 10 лет).

В таблице 3.8 представлены повторяемость туманов в течение года, по месяцам и времени суток.

Таблица 3.8 – Повторяемость туманов в различное время суток по месяцам
(число случаев, %)

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год	%
Часы														
00-02	11	3	0	1	0	0	0	0	1	1	2	6	25	6
03-05	15	5	0	1	1	0	1	1	2	3	1	8	38	9
06-08	14	9	2	1	1	0	1	2	6	4	2	10	53	13
09-11	31	17	2	0	0	1	0	0	2	2	7	25	86	20
12-14	33	9	0	0	0	0	0	0	0	0	3	28	73	17
15-17	34	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	24	65	16
18-20	26	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	18	50	12
21-23	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	26	7
Всего	177	55	4	3	2	1	2	3	11	10	21	129	418	100
%	42	13	1	1	0	0	0	1	3	3	5	31	100	

На основе анализа таблицы 3.8 можно сделать вывод, что туман в аэропорту Усть-Куйга в основном наблюдается в зимний период с ноября по март с максимальной повторяемостью в январе (42 %). С апреля по октябрь туманы редки (повторяемость составляет 1-3 %), а с мая по июль их практически не бывает.

В течении суток максимальная повторяемость наблюдается с 09:00 до 20:00 ч местного времени в декабре и январе – 60 и 74% соответственно. Иногда туман может не рассеиваться в течение суток и более. Наименьшая повторяемость наблюдается ночью (с 21 ч вечера и до 6 ч утра – 12 - 18 % соответственно).

В феврале, марте и ноябре туманы преобладают в первой половине дня (с 06:00 до 14:00 ч с повторяемостью 60 и 80%). Остаток года почти все случаи туманов наблюдаются во второй половине ночи и утром.

При прохождении гроз аэродром закрыт. Поэтому практический интерес представляют данные о повторяемости гроз по месяцам и времени суток (табл. 3.9). Грозы в аэропорту Усть-Куйга бывают крайне редко (в среднем, 5 дней в году), преимущественно в июне (0,4%) и июле (0,1%).

Таблица 3.9 – Годовой ход повторяемости гроз (число случаев, %)

Месяцы	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Год
Число случаев	0	4	1	0	0	0	5
%	0	0,4	0,1	0	0	0	0

Таблица 3.10 дает представление о повторяемости гроз по времени суток. Грозы наблюдаются в период с 17:00 до полуночи. Самая большая повторяемость - 2 % приходится на вторую половину дня с 18 до 20 часов.

Таблица 3.10 - Суточный ход повторяемости гроз (%)

Часы м-цы	24-02	03-05	06-08	09-11	12-14	15-17	18-20	21-23
Июнь	1	0	0	0	0	0	2	1
Июль	0	0	0	0	0	1	0	0
Всего	1	0	0	0	0	1	2	1

Грозы в районе аэропорта чаще образуются на холодных и вторичных холодных фронтах.

3.6 Непрерывная продолжительность сложных метеорологических условий в аэропорту Усть-Куйга

В табл. 3.11 показано количество случаев с различными атмосферными явлениями и их непрерывная средняя продолжительность. Непрерывная продолжительность рассчитана для таких атмосферных явлений как туман, снег, обложные и ливневые дожди, ливневые осадки и грозы.

Таблица 3.11 – Количество случаев с основными атмосферными явлениями и их средняя непрерывная продолжительность

Атмосф. явления	Хар-ки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Туман	Кол-во случаев	25	7	1	1	1	0,3	0,3	2	4	3	6	27
	Средн. прод-ть	6,2	6,7	2,2	4,0	3,0	2,0	3,0	1,3	3,1	2,9	4,0	4,8
Снег	Кол-во случаев	22	18	15	8	3	0,3	–	–	3	7	6	9
	Средн. прод-ть	8,3	12	6,6	4,7	3,3	4	–	–	8,6	6,4	8,8	9,4
Дождь	Кол-во случаев	–	–	–	2	6	7	10	8	13	1	–	–
	Средн. прод-ть	–	–	–	3,2	5,0	3,2	5,9	3,4	3,5	3,2	–	–
Ливн. осадки и грозы	Кол-во случаев	–	–	0,3	3	4	9	7	8	4	1	–	–
	Средн. прод-ть	–	–	2	2	1,8	1,4	2	1,5	1,4	2,3	–	–

В феврале средняя непрерывная продолжительность тумана составляет 6,7 часов.

В связи с тем, что в аэропорту Усть-Куйга туманы преобладают зимой, то анализ повторяемости туманов в зависимости от направления и скорости ветра проводился только для холодного времени года (с ноября по март).

В таблице 3.12 приведена повторяемость туманов для различных скоростей ветра, а в таблице 3.13 – для различных направлений ветра.

Таблица 3.12 – Повторяемость (%) туманов при различных скоростях ветра

Мес. м/сек	Январь	Февраль	Март	Ноябрь	Декабрь
Штиль	82	86	90	65	81
1-2 м/сек	16	14	10	35	16
3-5 м/сек	2	0	0	0	3

Как правило, туманы наблюдаются при слабом ветре (до 2 м/с, повторяемость 97-100%), только в некоторых случаях наблюдались туманы при скорости ветра 3-5 м/с, но повторяемость их очень мала (не превышает 2%).

Таблица 3.13 – Повторяемость (%) туманов при различных направлениях ветра

Мес. Напр.	Январь	Февраль	Март	Ноябрь	Декабрь
С	1	0	0	0	3
СВ	1	0	0	0	0
В		0	0	0	0
ЮВ	1	0	10	35	3
Ю	2	10	0	0	3
ЮЗ	12	0	0	0	3
З	1	0	0	0	0
СЗ	0	0	0	0	7

Как следует из анализа, туман наблюдается в 65-90 % случаях при отсутствии ветра и при южном направлении ветра.

В таблице 3.14 представлена повторяемость тумана при разных температурах воздуха.

Таблица 3.14 – Повторяемость (%) туманов при различных градациях температуры воздуха

Темпе- ратура Месяц	-56...-59	-52...-55	-48...-51	-44...-47	-40...-43	-36...-39	-32...-35	-28...-31	-24...-27	-20...-23	-16...-19	-12...-15	-08...-11	-04...-07	-02...-03	0...-01	01...04	05...08	09...12	13...16	17...14	21...18
1	63	50	37	30	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	52	47	32	15	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	17	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	2	2	1	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	5	1	6	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
									4													
11	0	14	27	26	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	67	51	45	34	20	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В течение года наибольшая повторяемость туманов приходится на низкие температуры. Зимой отчетливо видна связь между снижением температуры воздуха и увеличением повторяемости туманов. Так, в январе и декабре половина всех случаев с туманами наблюдается при температуре -52 ...-55°C, в 63-67 % случаев – при температуре -55...-59°C. Иногда туманы могут образоваться при более высоких температурах, например, в декабре туманы бывают уже при температуре -32...-35 °C, но повторяемость их невелика (2 %). В остальное время года туманы наблюдаются в широком диапазоне

температур, чаще наблюдаются при температуре от +5 до –7 °С (4-6 %). В октябре при температуре –24 С°...–27 С° частота составляет 14 %.

Рассмотрено 2467 случаев почасовых наблюдений с ноября по март за 2016 - 2020 гг. при температуре –37 °С и ниже (без учета направления и скорости ветра).

Таблица 3.15 – Повторяемость (%) тумана и дымки при температуре ниже –37°С (без учета направления ветра).

Явление	Туман менее 1000 м	Дымка 1000 - 2000 м	Дымка более 2000 м	Всего
Число случаев	727	540	1200	2467
Повторяемость	30	22	48	100

В таблице 3.16 представлена повторяемость тумана в зависимости от направления ветра.

Таблица 3.16 – Повторяемость (%) тумана и дымки в зависимости от направления ветра

Явление Ветер	Туман менее 1000 м	Дымка 1000-2000 м	Дымка более 2000 м	Всего
Южный и штиль				
Число случаев	526	207	238	971
Повторяемость	54	22	24	100
Северный				
Число случаев	201	333	962	1496
Повторяемость	14	22	64	100

Условно выделено было две четверти: южная (140-260°) и северная (270-050°). Штиль был приписан ветрам южной четверти, так как условия образования тумана при штиле и ветре южной четверти одинаковы.

Из таблицы 3.16 следует, что повторяемость тумана при южных ветрах и штилевых условиях в четыре раза выше, чем при северных ветрах. Повторяемость дымки с видимостью 1000-2000 м при южном и северном ветре одинакова – 22 %.

Увеличение повторяемости туманов при южных ветрах обусловлено влиянием населенного пункта, расположенного в 3-х км юго-восточнее аэродрома и который является источником примесей (ядер конденсации) в атмосферу.

Заключение

Анализ физико-географических и синоптико-климатических условий показал, что географическое расположение аэропорта Усть-Куйга на севере Азиатского континента обуславливает влияние антициклонической деятельности зимой, и циклонической деятельности – в переходные сезоны года и летом. Не смотря на это, сложные метеорологические условия наблюдаются преимущественно в зимний период (с ноября по март) из-за образования в мощном подинверсионном слое морозных туманов и циклонической деятельности.

Основными опасными явлениями погоды в районе аэропорта Усть-Куйга являются явления погоды, ухудшающие видимость и значения высоты нижней границы облаков ниже минимума, а также грозы в летнее время года. Образование вышеперечисленных опасных явлений может быть обусловлено как циклонической деятельностью, так и внутримассовыми процессами.

Расположение горных хребтов обуславливает защиту аэропорта от подхода низкой слоистой облачности с запада и востока из-за фенового эффекта, и, наоборот, накопление и застой облачности при адвекции с севера и юга. Близкое расположение реки Яны и близость моря Лаптевых обуславливает возможность образования туманов испарения в осенний период и их вынос в район аэропорта.

Рассчитаны климатические характеристики повторяемости опасных явлений погоды для аэропорта Усть-Куйга на основе архива ежечасных метеорологических наблюдений за период 2016-2020 гг. Построены графики годового и суточного хода повторяемости комплексов условий погоды различной степени сложности и опасных явлений погоды. Определялась продолжительность опасных явлений погоды и условий погоды различной степени сложности.

Список использованной литературы

1. Требования к составлению климатического описания аэродрома [Текст]: РД 52.21.692–2007. – Введ. 2007–11–01. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2007. – 38 с.
2. Дроздов О.А. Климатология [Текст]: уч-к / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева, А.Н. Раевский, Л.К. Смекалова, Е.П. Школьный – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
3. Астапенко П.Д. Вопросы о погоде Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 91 с.
4. Федеральные авиационные правила «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» [Текст]: утв. М-вом транспорта Рос. Федерации 03.03.14: ввод в действие с 27.04.15. – «Российская газета», № 247, 29.10.2014.
5. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» [Текст]: утв. М-вом транспорта Рос. Федерации 31.07.09 : ввод. в действие с 15.09.09.
6. Инструкция по метеорологическому обеспечению полетов на аэродроме Усть-Куйга. [Текст]: Усть-Куйга, 2021. – 24 с.
7. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, Ч. I. Метеорологические наблюдения на станциях [Текст]: Утв. Госкомосгидрометом 05.06.1984. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 301 с.
8. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 1 [Текст]: Утв. Госкомосгидрометом 11.03.1986. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 704 с.
9. Швер, Ц.А., Изюменко С.А. Климат Якутска. [Текст]: Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 246 с.
10. Зверев, А.С. Синоптическая метеорология [Текст]: уч-к – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 712 с.
11. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, Ч. II. Обработка материалов метеорологических наблюдений [Текст]: РД

52.04.614-2000. – Утв. Росгидрометом 24.06.2000: ввод. в действие с 01.09.01. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 120 с.

12. Климатическая характеристика аэропорта Усть-Куйга. 2020. – 20 с.

13. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 364 с.

14. Лобанова В.Я., Соколова М.В. Характеристика низкой облачности в зоне атмосферных фронтов // Труды НИИАК. – 1958. – Вып. 5. – С. 42–50.

15. Зак Е.Г., Марфенко О.В. Структура нижней кромки облачного покрова // Труды ЦАО. – 1952. – Вып. 7. – С. 3–15.

16. Баранов А.М., Солонин С. В. Авиационная метеорология. – СПб.: Гидрометеиздат, 1987. – 383 с.

17. Бочарников Ф.О. Солонин А.С., Гусев Н.В., Никишков П.Я. Метеорологические измерения на аэродромах. – СПб.: Гидрометиздат, 2008. – 428 с.

18. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 528 с.

24. Шишкина Л.Д. Некоторые характеристики низкой слоистообразной облачности при различных синоптических ситуациях // Труды ЦАО. – 1967. – Вып. 79. – С. 79 – 88.

Приложения

Приложение 1

Годовой ход повторяемости (%) комплексов погоды

М-цы Комплекс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К 300×4	35	28	18	4	3	2,2	3	4	7	12	26	36
К 200×2	24	18	10	2	1,5	1	2	3	3	6	18	25
К 100×1	16	10	4	1	0,5	0,5	1	1	2	3	4	16
К 50×0.5	8	5	2	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	1	1,5	4	8

Приложение 2.

Таблица 2.1 – Суточный ход повторяемости (%) комплексов погоды в холодное время года (ноябрь - март)

Часы Комплекс	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
К 300×4	26	28	34	38	46	38	34	32	30	29	26	25
К 200×2	18	17	25	28	36	30	27	23	22	21	19	18
К 100×1	6	6	6	11	22	18	16	12	10	9	7	6
К 50×0.5	3	3	3	4	10	9	9	6	5	5	5	4

Таблица 2.2 – Суточный ход повторяемости (%) комплексов погоды весной (апрель – май)

Часы Комплекс	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
К 300×4	1,3	3	4	4	4	2	2	2	1	0,5	0,5	0,8
К 200×2	1,1	2	2,3	3	2	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,8
К 100×1	1	1,2	1,8	1,5	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8
К 50×0.5	0,6	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0,5	0,8

Таблица 2.3 – Суточный ход повторяемости (%) комплексов погоды летом (июнь – август)

Часы Комплекс	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
К 300×4	2,5	4	5	5	4	2,5	1	0,5	1	1,5	2	2
К 200×2	1,5	2,5	3	3	2	1,5	1	0,5	0,7	1	1,5	1,5
К 100×1	1	1,8	2	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
К 50×0.5	0,5	1	1,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3

Таблица 2.4 – Суточный ход повторяемости (%) комплексов погоды в сентябре

Часы Комплекс	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
К 300×4	3	4	6	10	12	8	2	1	1	1	1	1
К 200×2	1,5	2	5	7	7	4	0,5	0,5	0,5	0,1	0	0
К 100×1	1	1	3	4	3,5	2	0	0	0	0	0	0
К 50×0.5	1	0,5	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.5 – Суточный ход повторяемости (%) комплексов погоды в октябре

Часы Комплекс	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
К 300×4	3	5	8	14	12	7	6	5	5	5	4,5	3,5
К 200×2	2	3	5,5	8	7	4	3	2	1,5	1,5	1,5	2
К 100×1	1	3	3	4	2	1,5	1	0,5	0,3	0,5	0,8	0,8
К 50×0.5	0,1	1	1,5	2	1	0,5	0,3	0	0	0	0,2	0,5