



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Условия образования туманов в аэропорту Магадан
(Сокол)»

Исполнитель Власова Наталья Павловна ПМЗ-Б16-1-3

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Волобуева Ольга Васильевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 07 » июня 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОКРАЩЕНИЯ	
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Условия образования туманов	6
1.1 Физические характеристики образования туманов	7
1.2 Синоптические условия образования туманов	8
1.3 Классификация туманов	10
2 Туманы как опасное явление для авиации	15
3 Условия образования туманов на аэродроме Магадан (Сокол)	17
3.1 Физико-географическое описание аэродрома	17
3.2 Климатическое описание аэродрома Магадан (Сокол)	18
3.3 Физические и синоптические условия образования туманов на аэродроме	20
3.4 Годовой и суточный ход повторяемости туманов	22
3.5 Характерные синоптические процессы, обуславливающие образование туманов	34
3.6 Прогноз туманов в аэропорту Магадан (Сокол)	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
Список использованных источников	57

Сокращения

АМЦ – авиаметеорологический центр

ВС – воздушное судно;

ВПП – взлетно-посадочная полоса;

МКп – магнитный курс посадки;

ОВИ – огни высокой интенсивности;

ВПР – высота принятия решения;

ИКАО (от англ. ICAO - International Civil Aviation Organization) –
международная организация гражданской авиации

Введение

Образование туманов является основной причиной, которая приводит к значительному ограничению горизонтальной дальности видимости. Туманы над сушей и водоемами довольно частое явление, они ухудшают видимость, способствуют загрязнению воздуха.

Туманы очень сильно осложняют, а иногда и приостанавливают работу транспорта. Для авиации основная опасность туманов заключается в значительном ухудшении видимости в них. Воздействие видимости в наибольшей степени сказывается при посадке воздушного судна, когда пилоту необходимо иметь визуальный контакт с ориентирами взлетно-посадочной полосы или посадочной площадки. Возникновение туманов приводит к закрытию аэропортов по погодным условиям. Правильный учет климатических условий служит одним из важных резервов повышения экономичности, регулярности и безопасности полетов – основных показателей работы воздушного транспорта. Поэтому особенно актуальным является важность изучения тумана и в климатическом и в прогностическом плане.

Объект исследования – туманы, которые возникают на аэродроме Магадан (Сокол).

Предмет исследования – особенности условий образований туманов в аэропорту г. Магадан.

Цель работы – анализ условий возникновения, распределения туманов в аэропорту Магадан (Сокол) и их особенности.

Исходя из поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить физико-географическое и климатическое описание района аэропорта Магадан (Сокол);
2. Проанализировать физические особенности условий образования туманов на аэродроме;

3. Определить характерные синоптические процессы, обуславливающие образование туманов на аэродроме.

Для анализа условий образования туманов на аэродроме Магадан (Сокол) были взяты данные с 2016 по 2020 гг. из архива наблюдений за фактическим состоянием погоды на АМЦ Магадан, синоптические карты и данные радиозондирования в бухте Нагаево. Для решения поставленных задач был использован значительный круг литературных источников, исследование условий возникновения туманов на аэродроме проводилось методом анализа ряда наблюдений за пять лет.

1. Условия образования туманов

Туманом называется скопление конденсации и сублимации водяного пара в приземном слое воздуха, при котором образуются в воздухе мельчайшие капельки воды или ледяные кристаллы. Туманы могут образовываться до высоты нескольких сотен метров и понижать горизонтальную дальность видимости до значений менее 1 км [2].

Образование тумана происходит при наличии радиационной или низкой адвективной инверсии, когда турбулентное перемешивание не распространяется до большой высоты. Из этого следует, что туман развивается в устойчивых воздушных массах и рассеивается в неустойчивых [5].

Насыщение воздуха и конденсации водяного пара появляются под воздействием:

- охлаждения нижнего слоя воздуха путем теплообмена с поверхностью земли;
- испарения с поверхности воды, почвы или капель дождя в более холодный воздух;
- смешения воздушных масс, которые близки к насыщению.

Перечисленные процессы могут действовать совместно или отдельно. Основным процессом образования тумана является охлаждение приземного воздуха, при соприкосновении с холодной подстилающей поверхностью, а роль дополнительного фактора играет смешение.

Если у земной поверхности для конденсации водяного пара создаются благоприятные условия, то возникает туман. Условия конденсации связаны с изменениями температуры и влажности воздуха. При одинаковых синоптических и метеорологических условиях в одних районах туман может наблюдаться, а в других отсутствовать. Большинство туманов образуются в ночное время при малооблачной погоде и слабом ветре, когда особенно

интенсивное выхолаживание приземного слоя воздуха и температура в этом слое возрастает с высотой.

1.1 Физические характеристики образования туманов

Водность тумана – это масса капель воды и кристаллов льда, содержащихся в 1 м³. От водности тумана и размеров капель зависит плотность тумана, а значит и метеорологическая дальность видимости. При увеличении интенсивности тумана возрастает его водность. Максимальные показатели водности туманов при одинаковой интенсивности уменьшаются во время перехода от положительных температур к отрицательным (таблица 1.1.1) [1].

Таблица 1.1.1 Водность туманов разной интенсивности при отрицательных и положительных температурах.

Туман	Т, °С	Интенсивность тумана		
		слабый	умеренный	сильный
Адвективный	>0	0,02 – 0,09	0,04 – 0,18	0,10 – 0,76
Испарения	< 0	0,02 – 0,04	0,05 – 0,11	0,08 – 0,37

С ростом температуры возможно увеличение только водности туманов охлаждения (адвективных и радиационных). Водность туманов испарения, которые образуются под воздействием притока водяного пара, во время повышения температуры воздуха уменьшается. Это объясняется тем, что при понижении температуры воздуха происходит увеличение разности температур.

Самая большая водность радиационных туманов вблизи земной поверхности, а при увеличении высоты она постепенно уменьшается (таблица

1.1.2). При этом распределение водности радиационных туманов вполне зависит от стадии развития [1].

Таблица 1.1.2 Распределение водности туманов (г/м³) по высоте

Туман	Высота, м						
	< 100	100	150	200	300	400	500
Адвективный	0,14	0,18	0,26	0,36	0,44	0,47	0,30
Радиационный	0,32	0,25	0,21	0,21	0,17	-	-

Относительная влажность и агрегатное состояние туманов

В атмосфере наблюдаются:

- а) капельно-жидкие туманы, состоящие из капель воды;
- б) ледяные или кристаллические туманы, состоящие из кристаллов льда;
- в) смешанные туманы, состоящие из кристаллов льда и капель воды.

Смешанные и кристаллические туманы бывают только при отрицательных температурах, а капельно-жидкие – при отрицательных и при положительных температурах [1].

Скорость ветра

Для образования радиационных туманов благоприятными являются условия, при которых скорость вблизи земной поверхности незначительна, а образованию адвективных туманов содействует умеренный ветер [3].

1.2 Синоптические условия образования туманов

Образование туманов на различной территории происходит при похожих синоптических положениях, но в связи с физико-географическими особенностями отдельных районов есть и некоторые различия.

Адвективные туманы чаще наблюдаются вблизи морского побережья, преимущественно в западной части антициклона, в восточной части и теплом секторе циклона, где барический градиент имеет достаточную величину для адвекции влажного теплого воздуха при ветрах южной четверти [1].

Радиационные туманы образуются вследствие радиационного выхолаживания земной поверхности и прилегающего к ней слоя воздуха при антициклонической погоде (отсутствии облаков и слабом ветре). Такие туманы формируются в центре антициклона, на оси барического гребня, в седловине [1].

Адвективно-радиационный туман образуется преимущественно в западной и северной частях антициклонов при умеренной адвекции влажного воздуха с юга и запада [1].

Фронтальные туманы наблюдаются преимущественно в восточной и северной части циклона, где часто в ложбине лежат теплые фронты окклюзии, а также на западной периферии антициклона перед приближающимися теплыми фронтами, фронтами окклюзии по типу теплого и малоподвижными холодными фронтами. В гребнях и отрогах образование тумана особенно радиационного, часто отмечается вблизи их оси [1].

На формирование тумана существенное влияние оказывает состояние поверхности почвы, т.к. состояние почвы определяет изменения влагосодержания и температуры приземного слоя воздуха.

Необходимое для формирования адвективного тумана охлаждение воздуха редко достигается над обнаженной влажной почвой. В большинстве случаев такое охлаждение возможно над снегом и льдом, которые характеризуются большими значениями альбедо и эффективного излучения, а поэтому и более низкой температурой, чем поверхность почвы на западе и юге, откуда зимой переносится влажный теплый воздух. Кроме того, при начальной температуре выше 0°C воздух расходует большое количество тепла на таяние снега или льда.

Радиационный туман чаще наблюдается над обнаженной почвой, преимущественно при положительной температуре. Преобладающее число случаев радиационного тумана при положительной температуре над почвой связано с испарением влаги с ее поверхности в дневное время, обогащающим воздух водяным паром и облегчающим приближение его к состоянию насыщения ночью. На снежном покрове наоборот происходит непрерывная конденсация или сублимация водяного пара, после того как в приземном слое охлаждающегося воздуха достигнуто состояние насыщения по отношению ко льду.

1.3 Классификация туманов

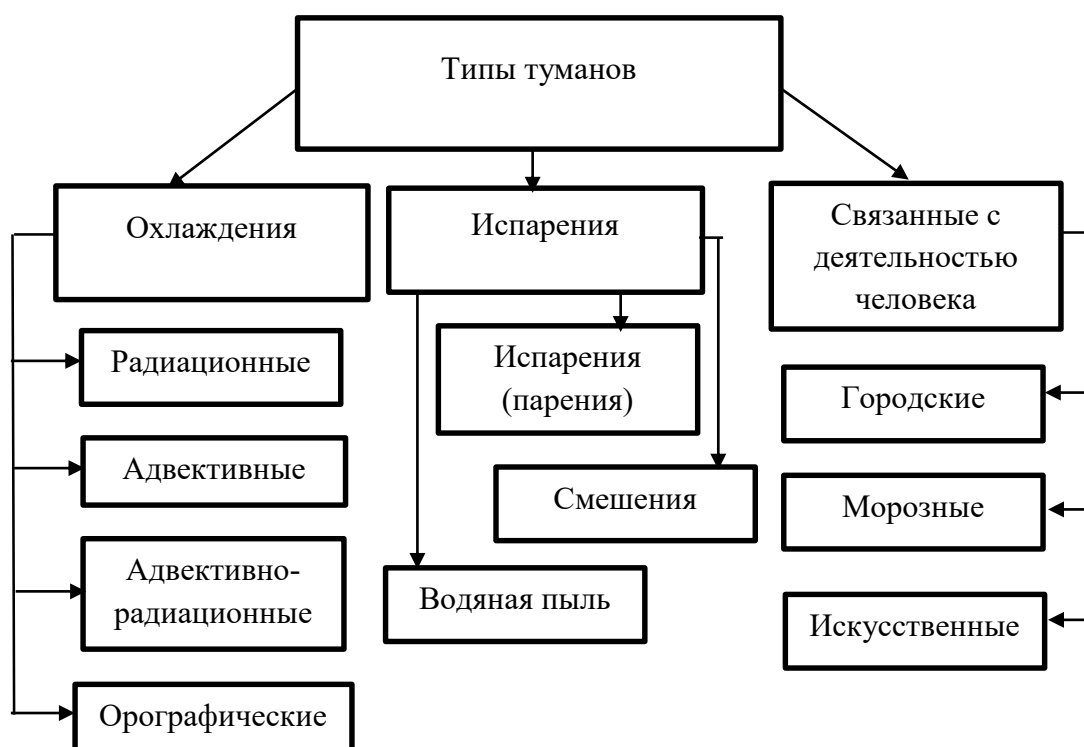
Типы туманов в зависимости от синоптических условий образования[5]:

1. *Внутримассовые туманы* – это туманы, которые возникают внутри однородных воздушных масс, в основном это туманы охлаждения, меньшая их часть относится к туманам испарения и к туманам склонов.

2. *Фронтальные туманы* – это туманы, которые наблюдаются вблизи фронтов и перемещаются вместе с движением фронта. Они могут наблюдаться перед линией фронта (предфронтальные), на линии фронта (фронтальные) и за линией фронта (зафронтальные).

В зависимости от основных физических процессов туманы делятся на три основных класса, а каждый из классов делится на несколько разновидностей (таблица 1.3.1) [12].

Таблица 1.3.1 – Типы туманов в зависимости от физического процесса [5]



Радиационные туманы образуются вследствие охлаждения поверхности земли и прилегающего к ней слоя воздуха под воздействием излучения или турбулентного перемешивания. Вследствие этого прилегающие к поверхности земли слои воздуха также охлаждаются, при этом возникает инверсия температуры и при достаточной влажности воздуха образуется приземный туман [1].

Радиационные туманы возникают при отсутствии облачности, слабом ветре, высокой относительной влажности. Радиационные туманы обычно возникают небольшими очагами в долинах небольших рек, низинах, оврагах. В связи с этим возвышенные места редко подвергаются воздействию радиационных туманов, если они не приобрели достаточную вертикальную мощность. Туманы этого типа отличаются наибольшей плотностью у поверхности земли, видимость ухудшается до нескольких десятков метров. С

высотой плотность уменьшается, вертикальная видимость становится удовлетворительной и с высоты полета сквозь туман довольно хорошо видно землю.

Рассеиваются радиационные туманы утром под воздействием солнечных лучей, прогревающих землю и прилегающие к ней слои воздуха. При этом инверсия температуры разрушается, турбулентность усиливается, вследствие чего происходит более активное перемешивание нижних слоев воздуха с более теплым и сухим воздухом вверху.

Адвективные туманы образуются при движении теплого воздуха над холодной деятельной поверхностью. Они распространяются до высоты нескольких сотен метров и охватывают большие территории [1].

Условия для образования адвективных туманов:

- а) устойчивая стратификация в начальный момент и высокая относительная влажность;
- б) большая разница температур между земной поверхностью и воздушной массой;
- в) умеренная скорость ветра. Если скорость ветра большая, то развивается сильный турбулентный обмен, который препятствует образованию тумана. Слабый ветер способствует медленному перемещению воздушной массы и, как следствие, медленному охлаждению от подстилающей поверхности;

Адвективно-радиационные туманы образуются в холодное время года, в результате ночного охлаждения воздуха, особенно при наступлении прояснений. В образовании таких туманов играют роль не только адвективные, но и радиационные факторы. К этому же типу относятся и те туманы, которые образуются сначала на некоторой высоте от поверхности земли в виде слоистой облачности, а затем снижаются до земли. Они чаще всего возникают в утренние часы после ясной ночи и обычно характеризуются большой плотностью и устойчивостью во времени [1].

Орографические (туманы склонов) образуются вследствие адиабатического охлаждения воздуха при его подъеме по склонам гор. При более сильных восходящих движениях воздуха образуется не туман, а кучевые облака.

Особо благоприятные условия для возникновения туманов на склонах гор создаются тогда, когда после обильного дождя на влажную и теплую почву медленно натекает холодный воздух. С поверхности теплой почвы происходит при этом интенсивное испарение, которое приводит к перенасыщению холодного воздуха и образованию устойчивого и плотного тумана [1].

Туманы испарений (или парений) образуются в осеннее время над реками и озерами. В холодное время года они возникают над незамерзающими заливами морей, а также над полыньями среди льдов. Процесс образования таких туманов сходен с процессом образования клубов "пара" над котлом горячей воды. Как правило, туманы испарений образуются в тех случаях, когда температура воды выше температуры воздуха на 8 – 10°C [1].

Туманы, вызванные деятельностью человека, делятся на *городские* и *морозные туманы (печные)*, и на специально созданные искусственные туманы для борьбы с заморозками.

Городские туманы возникают в больших городах вследствие выброса в воздух больших количеств отходов промышленного производства. Такие туманы являются ядрами конденсации, в этом случае конденсация, то есть образование тумана, начинается при относительной влажности около 75 %. Городские туманы могут иметь темную окраску, связанную с наличием в каплях частичек сажи, дыма и прочих примесей [1].

Морозные или ледяные туманы формируются зимой при низких температурах воздуха или в присутствии приземной инверсии (слоя, препятствующего переносу водяного пара, тепла и разных примесей. В этом слое температура повышается с высотой. Туманы обычно образуются утром

над населенными пунктами при поступлении в воздух больших количеств ядер конденсации вместе с дымом от печек [1].

2. Туманы как опасное явление для авиации

Ограниченная видимость и облачность являются серьезным препятствием для деятельности авиации, что ведет к нарушению регулярности полетов.

Туман является причиной, приводящей к ограничению не только горизонтальной дальности видимости, но и вертикальной. Видимость в тумане, часто достигает значений ниже установленного минимума аэродрома, что порой делает невозможным взлёт и посадку ВС [2].

Ледяной туман кроме ухудшения видимости приводит к тому, что неочищенные рулежки и взлетно-посадочные полосы могут быть покрыты тонким слоем льда. Пилоты могут получить ложное чувство безопасности при полете над полем аэродрома, т.к. при направлении взгляда вниз постройки и ВПП могут быть совершенно четко видны, но при снижении на подходе и попытке рассмотреть поле аэродрома под наклонным углом через туман, пилот может очень быстро потерять все визуальные ориентиры.

Для оценки видимости, при осуществлении посадки ВС большое значение имеет соотношение наклонной и горизонтальной видимости, наличие или отсутствие облаков, их форма, высота нижней границы. Видимость и высота нижней границы облаков входят в минимум погоды [2].

Под видимостью понимают зрительное восприятие объектов, обусловленное существованием яркостных и цветовых различий между предметами и фоном. Видимость характеризуется дальностью видимости и степенью видимости. Видимость ВПП – это расстояние, на котором пилот ВС, находящегося на осевой линии ВПП, из кабины видит маркировку ВПП или огни, обозначающие ее контуры и осевую линию[2].

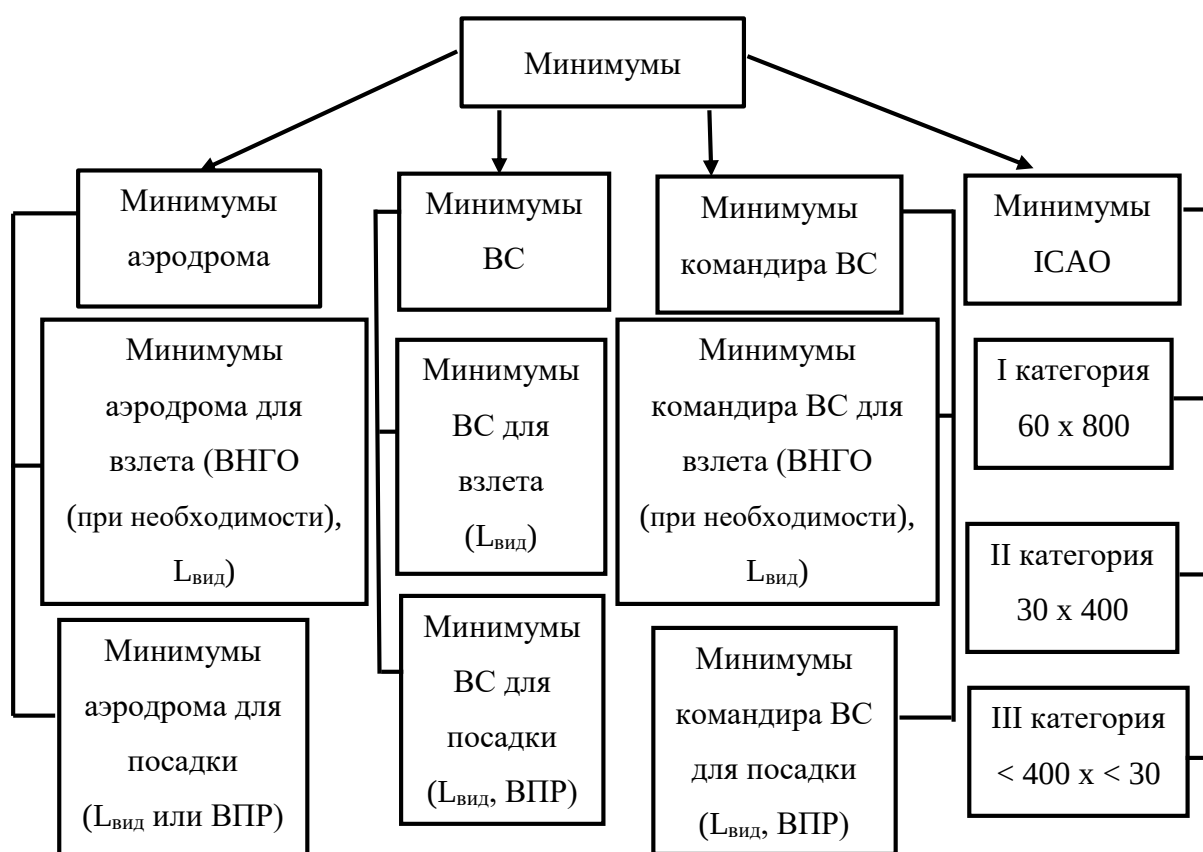
Горизонтальная видимость характеризует условия обнаружения различных объектов на высоте полета.

Вертикальная видимость – это максимальное расстояние в вертикальном направлении, с которого видны и опознаются неосвещенные объекты днем и освещенные объекты ночью.

Наклонная видимость – это расстояние, в пределах которого экипаж ВС, выполняющего заход на посадку, видит наземные объекты или огни.

Минимум погоды – предельные погодные условия, при которых разрешается выполнять полеты командиру ВС, эксплуатировать ВС и использовать аэродром для взлета и посадки. Определяется минимум погоды только высотой нижней границы облаков и видимостью [2].

Таблица 2.1 – Типы эксплуатационных минимумов



3. Условия образования туманов на аэродроме Магадан (Сокол)

3.1 Физико-географическое описание аэродрома

Международный аэропорт Магадан (Сокол) расположен на правом берегу р. Уптар, в 38 км севернее города Магадана, расположенного на северном побережье Охотского моря, его высота над уровнем моря 170 м, магнитное склонение минус 11°. В 1,5 км на северо-запад от аэропорта расположен поселок Сокол. На юго-западе р. Уптар соединяется с долиной реки Армань, которая впадает в Охотское море.

Рельеф местности горный. От побережья Охотского моря к району аэропорта рельеф местности постепенно повышается. Севернее аэропорта на расстоянии 10 км расположена Хасынская гряда, протянувшаяся с запада на восток, с максимальным превышением 1300 м.

Западнее аэропорта протянулась невысокая Арманская гряда, ориентированная с запада на восток, с максимальным превышением 600 м.

К югу от аэропорта и до побережья разбросаны отдельные сопки высотой 200 – 800 м, ближайшая из которых расположена на расстоянии 7 км.

Взлетно-посадочная полоса аэропорта ориентирована с юго-востока на северо-запад. Магнитные курсы посадки: МКп104 (ВПП10) и МКп284 (ВПП28). ВПП10 обеспечивает посадку воздушных судов по минимуму I категории ИКАО (точный заход на посадку и посадка по приборам с относительной высотой принятия решения не менее 60 м и либо при видимости не менее 800 м). ВПП10 оборудована светосигнальной системой типа Д-4 в объеме ОВИ-1 с одним световым горизонтом.

В районе аэропорта в холодный период года часто наблюдаются боковые ветры, а летом – низкая облачность, закрывающая вершины гор. С

севера в 300 – 500 м от границы ВПП расположены служебные здания и места стоянок для самолетов.

3.2 Климатическое описание аэродрома Магадан (Сокол)

Аэропорт расположен в области муссонного климата. Различная степень нагревания и охлаждения материка и океанов приводит к переменному образованию областей высокого и низкого давления.

Зимой над сушей образуется область повышенного давления, которая характеризуется малооблачной погодой и очень низкими температурами воздуха, а над океанами располагаются области пониженного давления с более теплыми воздушными массами. Такое расположение барических областей создает устойчивые холодные потоки, направленные с суши на море, образующие зимний муссон.

Летом расположение барических полей приблизительно обратное, над нагретым Азиатским материком давление падает и образуется область низкого давления, а над океанами повышается, образуя области высокого давления. Такое расположение барических полей обуславливает перемещение воздушных масс с более холодных океанов на сушу, образующее летний муссон.

На формирование климата большое влияние оказывает Охотское море. Некоторая удаленность от моря обуславливает в районе аэропорта большую суровость климата, чем на побережье.

Летом преобладающими юго-западными потоками по Арманской долине происходит вынос с моря холодного влажного морского воздуха, который приносит в район аэродрома низкую облачность и туманы.

Средняя годовая температура воздуха в районе аэропорта имеет $-4,2^{\circ}\text{C}$. Наиболее низкая средняя месячная температура наблюдается в январе, а наиболее высокая – в июле. Средняя месячная температура января составляет

-22,6°C, абсолютный минимум за этот месяц -45°C. Средняя температура июля равна +13°C, абсолютный максимум в этот месяц достигает +31°C.

Годовая сумма осадков в среднем равна 437 мм. Наибольшее их количество выпадает в теплый период года.

Средняя скорость ветра составляет 2,3 м/с. Преобладающее направление ветра в зимний период – северное, северо-восточное и восточное. Летом преобладают южное, юго-западное и западное направление.

В районе аэропорта время наступления и окончание различных сезонов года несколько отличается от времени наступления и продолжительности их на Европейской территории России. Так, сентябрь на Европейской территории России относится к летнему периоду, а районе аэропорта это уже осенний месяц. В сентябре нередки снегопады, сильные ветры, метели, в результате чего иногда на короткое время восстанавливается частично сошедший снежный покров, а временами дует сырой морской бриз приносящий туман.

Таким образом, в районе аэропорта Магадан (Сокол) в следующем порядке располагаются сезоны года:

1. Зима – с третьей декады октября по первую декаду апреля. В этот период сравнительно частое прохождение циклонов обуславливает многоснежную зиму с метелями и сильными ветрами. Туманов почти не наблюдается, поэтому в этот период года условия для эксплуатации аэропорта наиболее благоприятные.

2. Весна – со второй декады апреля по май. В этот период года температура воздуха держится около 0°.

3. Лето – с июня по август. Лето здесь типично для морского климата тундры и лесотундры.

4. Осень – с сентября по вторую декаду октября. Осень характерна своей продолжительностью и медленным понижением температуры, что объясняется отепляющим влиянием моря, отсутствием в этот период резкого температурного контраста между сушей и морем, а также увеличением

циклонической деятельности над Охотским морем. Бризы осенью постепенно ослабевают и прекращаются.

Между климатом побережья и районов, несколько удаленных от береговой линии, существуют большие различия. С удалением от берега зимой температура воздуха быстро понижается, уменьшается скорость ветра, снежный покров становится более рыхлым и залегает равномернее.

3.3 Физические и синоптические условия образования туманов на аэродроме

Район аэропорта Магадан (Сокол) занимает переходную зону, расположившуюся между прибрежным и континентальным районами. Климат исследуемой территории умеренно-континентальный, носящий морские черты.

Суживающиеся долины и возвышенности, ориентированные относительно преобладающих ветров, являются наиболее благоприятными формами рельефа. При устойчивой стратификации к образованию тумана может привести адиабатический фактор, а так как адвективные туманы наблюдаются в основном при устойчивой стратификации, то устойчивой стратификацией создаются благоприятные условия для усиления ветров в «узостях», особенно при наличии в нижних слоях тропосферы слоев температурной инверсии или изотермии, т.к. такие условия затрудняют возможность вертикальных движений воздуха.

Горный рельеф побережья Охотского моря является существенным препятствием для распространения морского тумана на сушу. При переваливании через береговые возвышенности туманы рассеиваются благодаря адиабатическому повышению температуры воздуха. Поэтому распространение туманов вглубь материка осуществляется главным образом по долинам рек, впадающих в Охотское море. Район аэропорта Магадан

расположен в долине р. Уптар, которая на юго-западе соединяется с Арманской долиной и выходит к морю. Таким образом, с юго-запада долина открыта вторжению влажного воздуха с моря. В теплое время года дневной бриз проникает в долину р. Уптар, где усиливается благодаря сужению долины. В дневные часы, когда суша сильно нагрета, вертикальный градиент температуры в нижнем слое морской воздушной массы быстро возрастает и туман даже по долине реки не может проникнуть дальше нескольких километров от побережья. В Арманскую долину днем даже выносная облачность распространяется очень редко. В результате туман и низкая слоистая облачность достигают аэродрома Магадан только после захода солнца, когда начинается радиационное охлаждение.

В район аэропорта туман переносится в основном из Армани, этому способствует преобладающий поток и рельеф местности.

В летний период над морскими районами Дальнего Востока преобладает антициклоническое поле, а над континентом обычно располагаются депрессии, воздушные потоки над дальневосточными морями имеют по преимуществу южные и юго-западные направления. Это создает благоприятные условия для систематического образования слоистых облаков и туманов над холодными районами морей и для выноса их на северное побережье.

В период с мая по август, а иногда и в сентябре, над Охотским морем часто наблюдаются области высокого давления, в июне и июле они являются преобладающими.

Область высокого давления, формирующая Охотский антициклон, чаще всего представляет собой среднее барическое образование. Антициклоническая циркуляция над охотским морем может быть обусловлена:

- 1) стабилизацией в этом районе ядер и отрогов полярных антициклонов;

- 2) формированием новых антициклонов над Охотским морем за счет арктического воздействия;
- 3) прохождением западных антициклонов и гребней через Охотское море.

Антициклоническое поле над Охотским морем исчезает после того, как разрушается высотный гребень. Если же гребень не разрушается, а постепенно подвигаясь к востоку, выходит на район Камчатки, то приземный антициклон медленно перемещается с Охотского моря на северо-западную часть Тихого океана.

Поскольку перенос воздушных масс определяется градиентом давления, то благоприятные для возникновения тумана и низкой слоистой облачности синоптические положения можно характеризовать формами барического рельефа.

3.4 Годовой и суточный ход повторяемости туманов

Годовой ход повторяемости

За исследуемый период с 2016 по 2020 г. в районе аэропорта Магадан (Сокол) наблюдалось 233 случая с туманами, в среднем это 47 случаев в год. Как видно из таблицы 3.4.1, наибольшее число туманов наблюдалось в 2016 году – 65 случаев, что составляет 28%. Наименьшее число туманов наблюдалось в 2019 году – 36 случаев, что составляет 15 %.

Таблица 3.4.1 – Количество туманов, наблюдавшихся в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 - 2020 гг.

Год	2016	2017	2018	2019	2020	Всего
Количество туманов	65	43	50	36	39	233

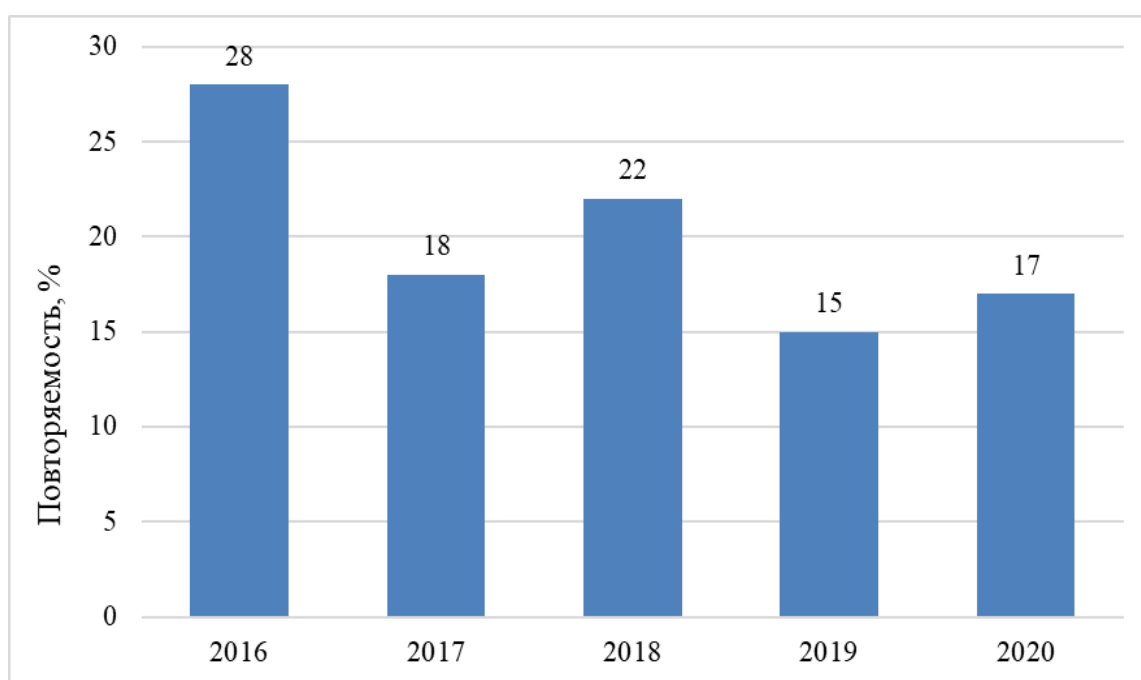


Рисунок 3.4.1 – Повторяемость туманов за период 2016 – 2020 гг.

Результаты анализа годового хода показывают (рисунок 3.4.2), что туманы в районе аэропорта имеют хорошо выраженный годовой ход. Туманы образуются преимущественно в теплый период года, с мая по сентябрь. В этот период наблюдаются небольшие барические градиенты и большая влажность воздуха, выносимого юго-западными и южными потоками с Охотского моря. В июле и августе наблюдается наибольшая повторяемость, что составляет 32% и 24%. Реже наблюдаются туманы в апреле (2%) и октябре (4%), в основном в

дни, примыкающие к маю и сентябрю. Минимум повторяемости туманов наблюдается в январе и ноябре, что составило по 1%. В феврале, марте и декабре не отмечено ни одного случая с туманом.



Рисунок 3.4.2 – Годовое распределение туманов в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

Суточный ход повторяемости

Во времени образования имеется хорошо выраженный суточный ход, из графика видно (рисунок 3.4.3), чаще всего туманы наблюдаются в период с 22 до 8 часов утра, а минимум – во второй половине дня (с 12 до 21 часа). В интервале времени с 14 до 19 часов за 5 лет отмечены единичные случаи с туманом. Рассеяние туманов наблюдается в основном между 8 и 11 часами,

через 1,5 – 2 часа после восхода солнца, при условии, что вверху нет плотной облачности. Если наблюдается плотная средняя облачность, то рассеивание тумана затягивается до 11 часов утра. Осенью туман может сохраняться до 13 часов дня, так как в переходные периоды прогрев подстилающей поверхности наступает медленнее, чем летом, поэтому осенью требуется больше времени на рассеивание тумана, чем летом.

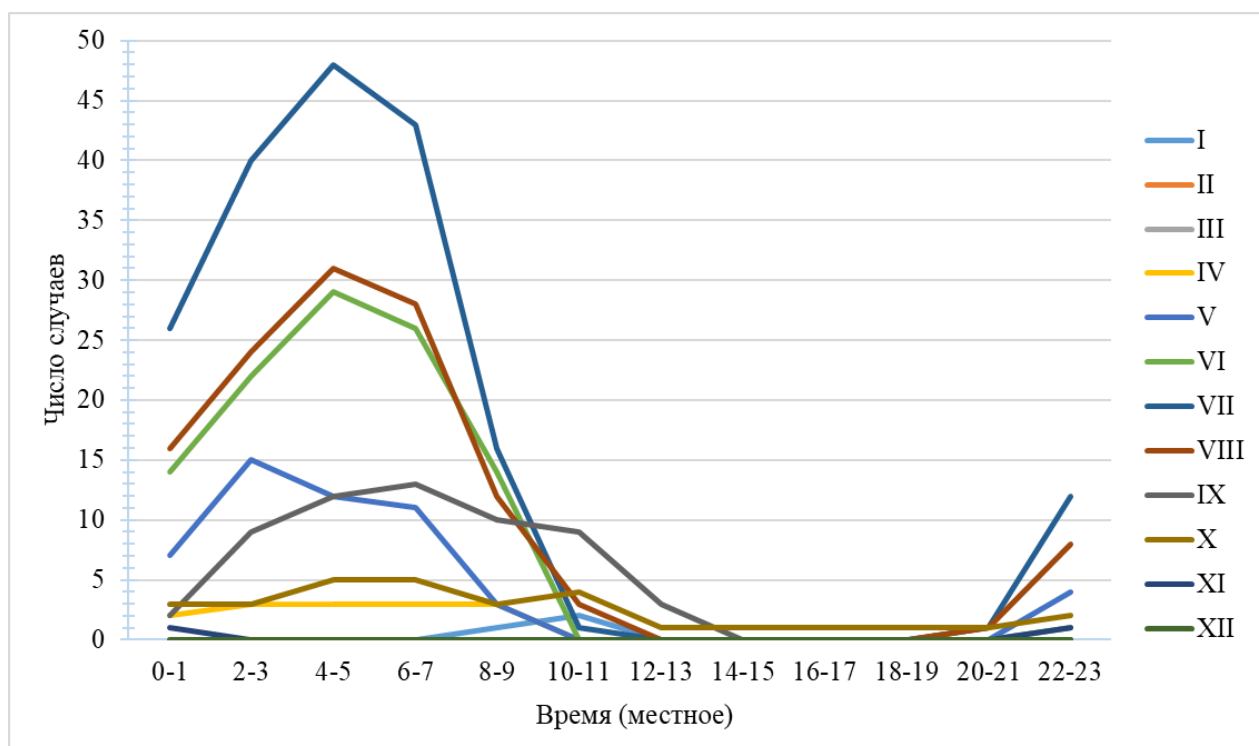


Рисунок 3.4.3 – Суточное распределение туманов в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

Продолжительность туманов

На рисунке 3.4.4 представлена продолжительность туманов на аэродроме Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.:

– менее 2 часов – 31 %;

- 2 - 3 часа – 23 %;
- 4 - 6 часов – 28 %;
- 7 - 12 – 18 %.

Таким образом, 82 % туманов имеют продолжительность до 6 часов и 18% до 12 часов.

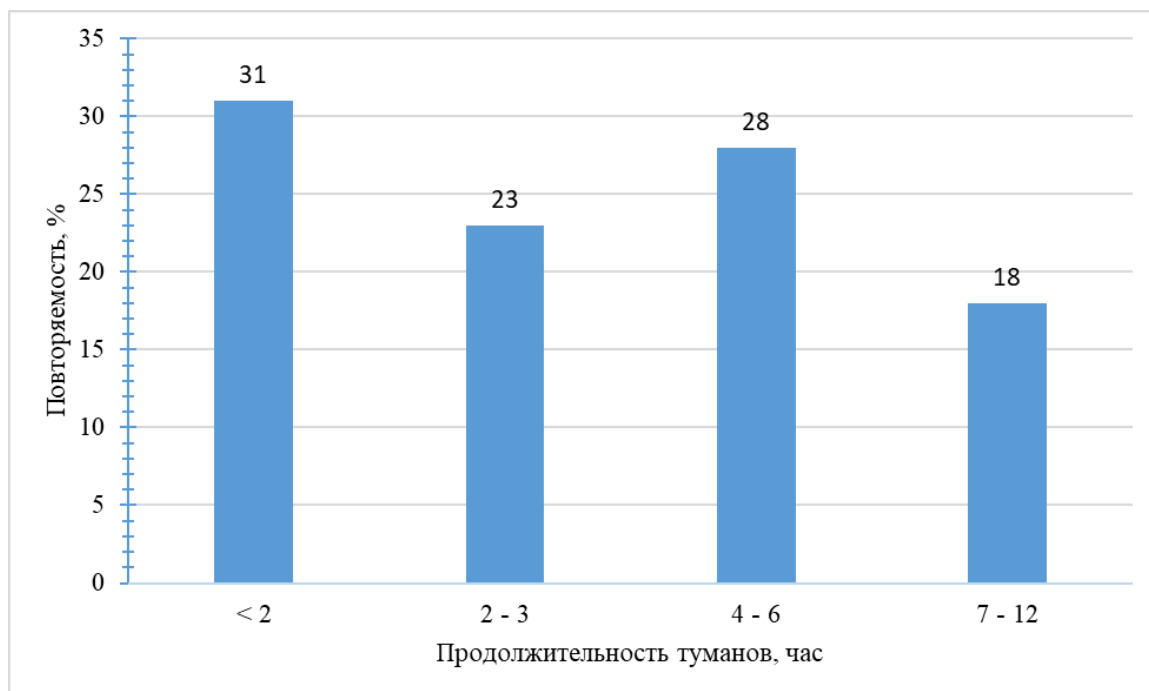


Рисунок 3.4.4 – Суточная продолжительность туманов в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

В таблице 3.4.2 приведены данные повторяемости продолжительности туманов в течении года. Продолжительность туманов увеличивается с июня по октябрь. Максимальная продолжительность отмечается с июля по октябрь, до 12 часов. Самый короткий туман, с максимальной продолжительностью 1 час, наблюдался в январе. Весной максимум наблюдаемых туманов отмечены с продолжительностью менее 2 часов (5%), максимальная непрерывная

продолжительность тумана была отмечена 8 часов. Летом преобладают туманы с продолжительностью от 4 до 6 часов (25,1%), максимальная продолжительность тумана 10 часов. Осенью преобладающими по продолжительности являются туманы от 7 до 12 часов (10,9%), максимальный по продолжительности туман (12 ч) отмечен 28 сентября 2020 г.

Таблица 3.4.2 – Повторяемость непрерывной продолжительности туманов, в аэропорту Магадан (Сокол)

Месяц	Продолжительность, %				Макс. прод-ть, ч
	< 2	2 - 3	4 - 6	7 - 12	
I	0,9	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0
IV	0,4	0	0,4	0	6
V	4,6	1,5	2,2	0,9	8
VI	5,9	3,5	4,9	2,5	9
VII	8,9	6,6	13,8	4,9	10
VIII	6,4	4,4	6,4	5,9	10
IX	0,9	0	0,9	4,0	12
X	1,5	0	0,4	4,4	10
XI	0	0,4	0	2,5	3
XII	0	0	0	0	0

Горизонтальная видимость в тумане

По данным таблицы 3.4.2 получается, что за исследуемый период наибольшее количество туманов наблюдается с горизонтальной видимостью менее 400 м, чаще всего эта градация наблюдается в июле – 14,6 %. Туманы с видимостью менее 200 м (27,3%) наблюдаются с апреля по ноябрь, с видимостью менее 800 м (27,6%) с мая по октябрь. Туманы с видимостью менее 1000 м отмечаются меньше всего, 10,8 % от общего числа.

Таблица 3.4.3 – Повторяемость (%) различных значений горизонтальной видимости в туманах

Месяц	Видимость, м				Число случаев
	< 200	< 400	< 800	< 1000	
I	0	0	0	0,9	2
II	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0
IV	0,4	1,3	0	0,4	5
V	4,3	2,1	2,1	0,4	21
VI	6	3	7,3	0,9	40
VII	6	14,6	8,6	3,4	76
VIII	3,4	8,6	8,3	3,9	56
IX	4,7	3,4	0,4	0,9	22
X	2,1	1,3	0,9	0	10
XI	0,4	0	0	0	1
XII	0	0	0	0	0
Год	27,3	34,3	27,6	10,8	233

Рисунок 3.4.5 иллюстрирует результаты расчетов таблицы 3.4.2

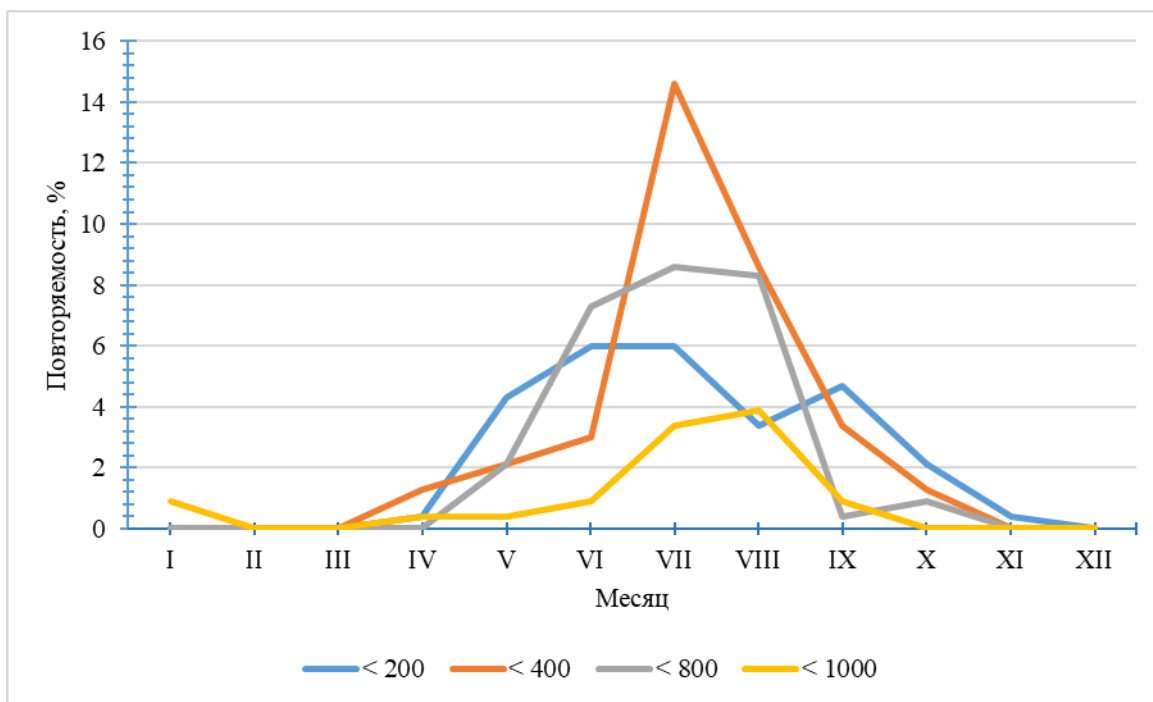


Рисунок 3.4.5 – Повторяемость различных значений видимости в туманах за период 2016 – 2020 гг.

Приведенные сведения о повторяемости туманов по месяцам, об их суточном ходе и продолжительности, видимости в туманах позволяют дать некоторые рекомендации по планированию полетов на аэродроме. Так как туман наблюдается в основном в ночные и утренние часы, на которые приходится прилеты ВС, то они очень мешают регулярности полетов. Планирование рейсов следует производить с учетом климатических особенностей данного района. Чтобы избежать ухода ВС за запасной аэродром, целесообразно планировать прилет в аэропорт Магадан (Сокол) на время, когда суточная продолжительность тумана минимальна.

Характеристика температурного режима и влажности

Перед появлением тумана в аэропорту Магадан (Сокол) идет понижение температуры воздуха. В большинстве случаев туманы образуются при температуре от 2°C до 12°C тепла (рисунок 3.4.6). В мае туманы образуются при температуре от 8°C мороза до 6°C тепла, в июне от 0°C до 12°C тепла, в июле от 4°C до 16°C тепла, в августе от 2°C до 18°C тепла. В сентябре большинство туманов образуются при температуре от 2°C до 8°C тепла (таблица 3.4.2). Температура, при которой наблюдались морозные туманы, достигала -44°C. Во время тумана температура изменяется мало или остается постоянной.

Таблица 3.4.4 – Повторяемость (%) туманов при различных значениях температуры воздуха в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

Месяц	Температура, °C																		
	-44	-40	-30	-20	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
I	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0,4	0	0,4	0,9	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0,9	0,4	0,9	2,1	0,9	2,1	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0
VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	4,7	4,3	7,3	1,3	0,4	0	0	0
VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	1,7	8,2	15	6,9	1,7	0,4	0
VIII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,9	3,4	4,7	7,3	1,7	1,3	0,4
IX	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,4	2,6	2,1	0	2,6	0,9	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,4	0,9	1,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0
XI	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Год	0,9	0	0	0,4	0	1,3	1,3	3	2,9	2,6	6,4	9,9	7,8	21,5	21,9	14,6	3,4	1,7	0,4

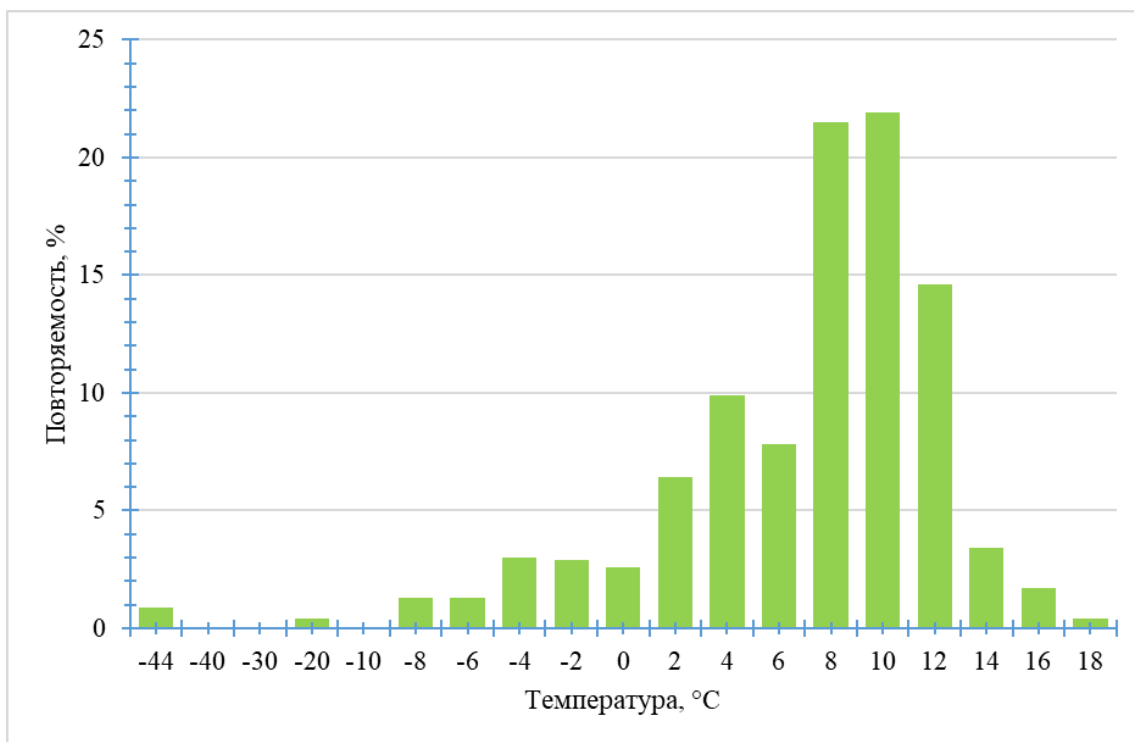


Рисунок 3.4.6 – Повторяемость туманов при различных значениях температуры

Значение точки росы за 1 час перед появлением тумана близко к значению температуры. Разность их значений в очень редких случаях превышает 3° . Перед ухудшением видимости до пределов менее 1000 м разница температуры и точки росы не превышает 1° , в редких случаях (при образовании переохлажденного или морозного тумана) разница превышает это значение (рисунок 3.4.7).

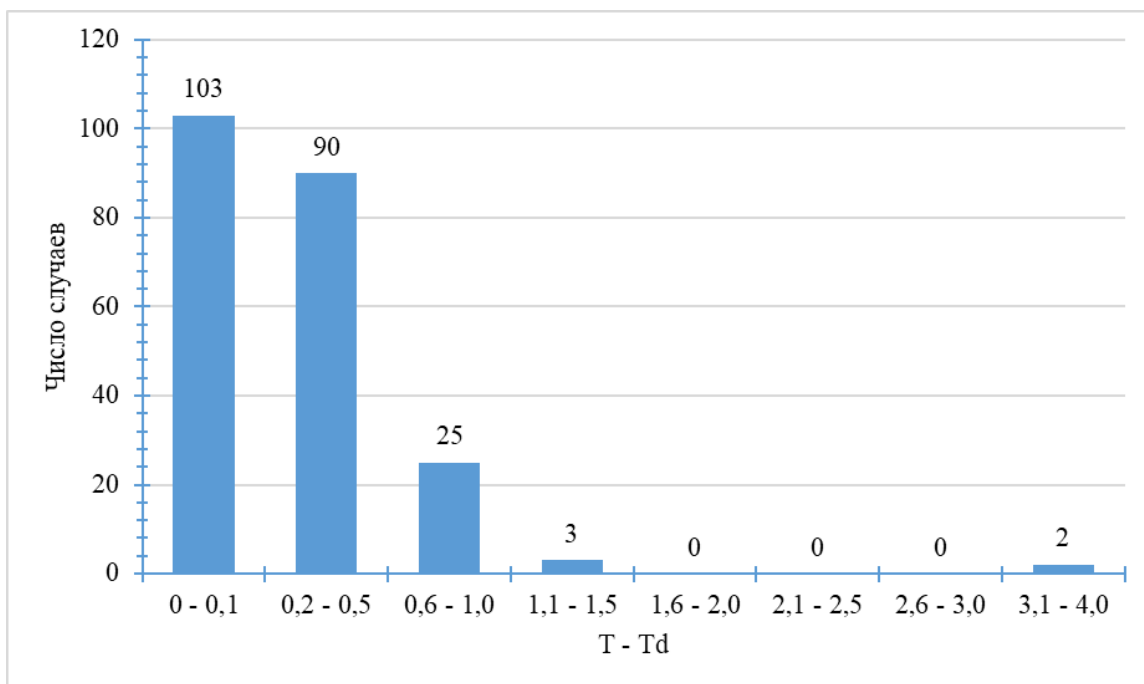


Рисунок 3.4.7 – Повторяемость различных значений $T - T_d$ у земли к моменту ухудшения видимости менее 1000 м в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

Роль ветра в образовании туманов

Скорость и направление ветра в районе аэропорта Магадан (Сокол) являются одним из главных факторов образования и переноса туманов. На рисунке 3.4.8 видно, что преобладающими направлениями являются западные и юго-западные, реже наблюдаются восточные-юго-восточные и северо-западные направления.

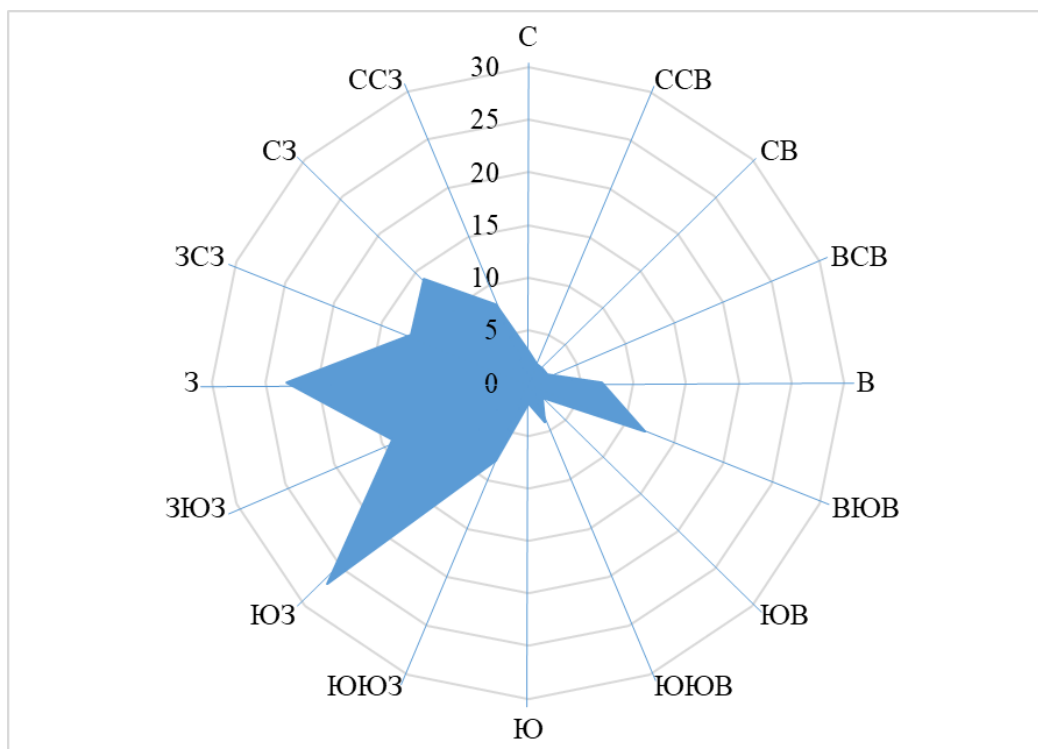


Рисунок 3.4.8 – Повторяемость направления ветра при образовании туманов в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

Расчет показал, что за пять исследуемых лет большинство туманов возникли при скорости ветра от 0 – 2 м/с, реже при скорости ветра 3 – 4 м/с (3%), при скорости ветра более 4 м/с отмечен всего один случай, что составило менее 1%. При штиле отмечен 91 случай с туманами, что составило 39%. При скорости ветра 1 м/с отмечено 85 случаев, а при скорости ветра 2 м/с 42 случая с туманами

Таблица 3.4.5 – Повторяемость туманов в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра	Штиль	1	2	3	4	> 4
Число случаев	91	85	42	8	6	1

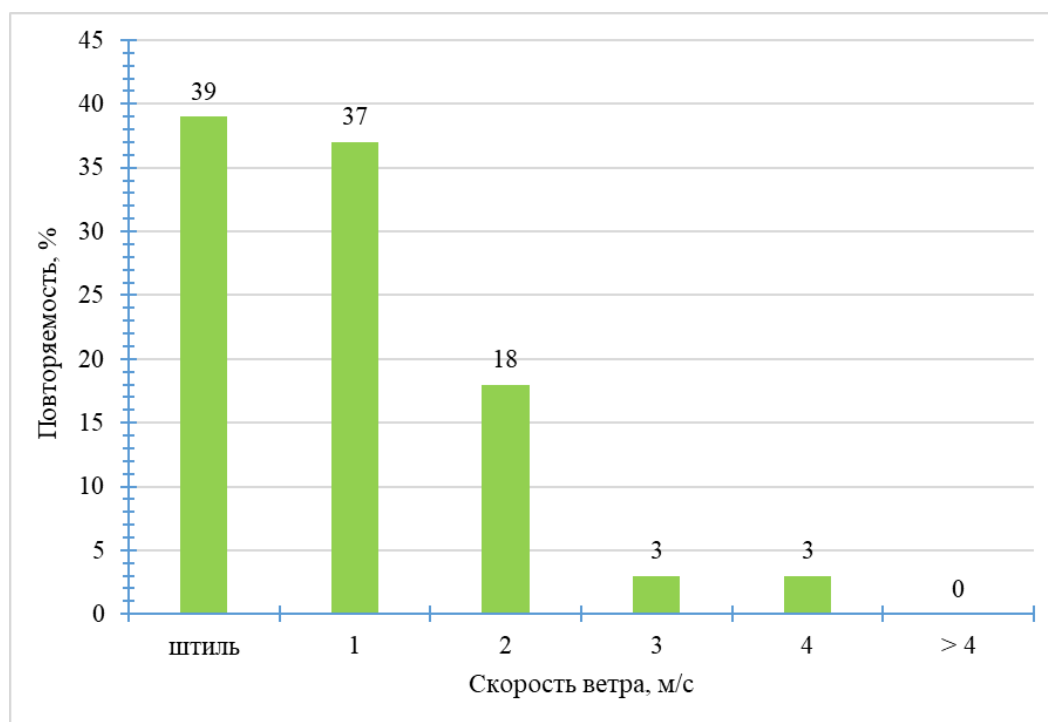


Рисунок 3.4.9 – Повторяемость туманов (%) в зависимости от скорости ветра в аэропорту Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

3.5 Характерные синоптические процессы, обуславливающие образование туманов

На диаграмме (рисунок 3.5.1) представлена повторяемость типов туманов. В теплый период года отмечаются туманы в основном адвективного и адвективно-радиационного характера, а также радиационные туманы. В холодный период года наблюдаются туманы преимущественно

радиационного происхождения. В январе наблюдались единичные случаи морозного тумана, что составило 1 %.

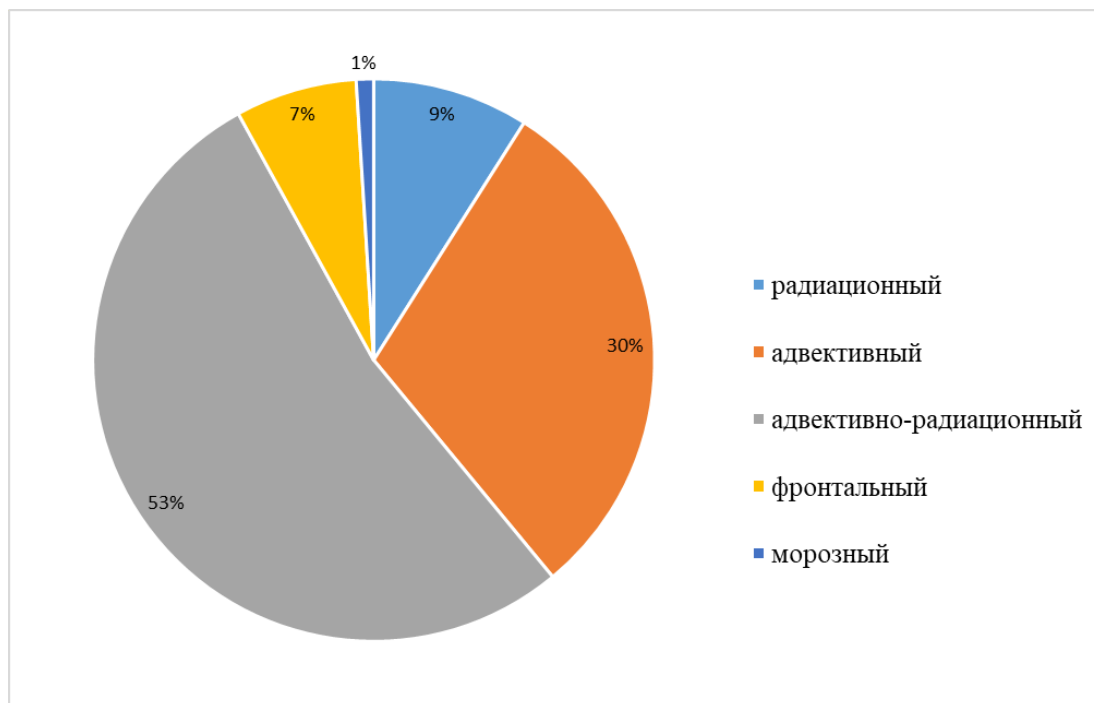


Рисунок 3.5.1 – Повторяемость типов туманов в районе аэропорта Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

Радиационные туманы возникают в тихие ясные ночи, характерные для малоградиентного поля повышенного давления, чаще всего в центральной части антициклона или гребня. В теплое полугодие особо благоприятные условия создаются в тех случаях, когда после теплого дня вечером проходит дождь, хорошо увлажняющий поверхность почвы, а затем наступает быстрое прояснение. Эти туманы связаны с инверсией. Зимой устанавливается повышенное давление, в котором наблюдается инверсия температуры воздуха.

Радиационный туман возможен при скорости ветра не более 7 м/с на высоте 100 м и не более 10 м/с на высоте от 300 до 900 м. Радиационные

туманы чаще всего возникают в низинах, где скапливается холодный воздух, в результате выхолаживания земной поверхности путем радиационного охлаждения при слабом ветре у земли (1-3 м/с) или штиле в ясную (или малооблачную) погоду. Движение влажной воздушной массы над горными районами сопровождается аномальным распределением температуры воздуха в нижнем слое тропосферы и является причиной образования локального радиационного тумана в низинах, каким является аэродром Магадан (Сокол).

Фронтальные туманы преимущественно образуются в холодном воздухе, при выпадении слабого дождя или мороси перед медленно движущимся теплым фронтом или фронтом окклюзии по типу теплого вследствие испарения более теплых капель дождя или мороси. Фронтальная инверсия в этих случаях может сливаться с приземной инверсией выхолаженного воздуха впереди. В зоне малоподвижных фронтов туман образуется при опускании низких облаков. Туман в зоне фронта может образоваться и при радиационном охлаждении почвы и нижнего слоя воздуха ночью.

Адвективные и адвективно-радиационные туманы появляются над северным побережьем Охотского моря и в районе аэропорта Магадан (Сокол) при установившемся потоке с моря, который создается различными синоптическими ситуациями. Также в образовании туманов на Охотском побережье значительную роль играет радиационный фактор. Даже у самого берега (бухта Нагаево) туман обычно наблюдается после захода солнца и рассеивается днем, причем, при потоке с моря, например, в южной части ложбины или на северной периферии антициклона, туман возможен в любое время дня. В этих случаях в ночные часы не наблюдается перехода ветра на береговой бриз. В случаях малоградиентного поля давления, когда юго-западный поток не распространяется далеко в море, а является только морским бризом, сменяющимся только на береговой, туман появляется только после

захода солнца. Для его образования требуется дополнительное охлаждение воздуха, пример данной синоптической ситуации на рисунке 3.5.2.

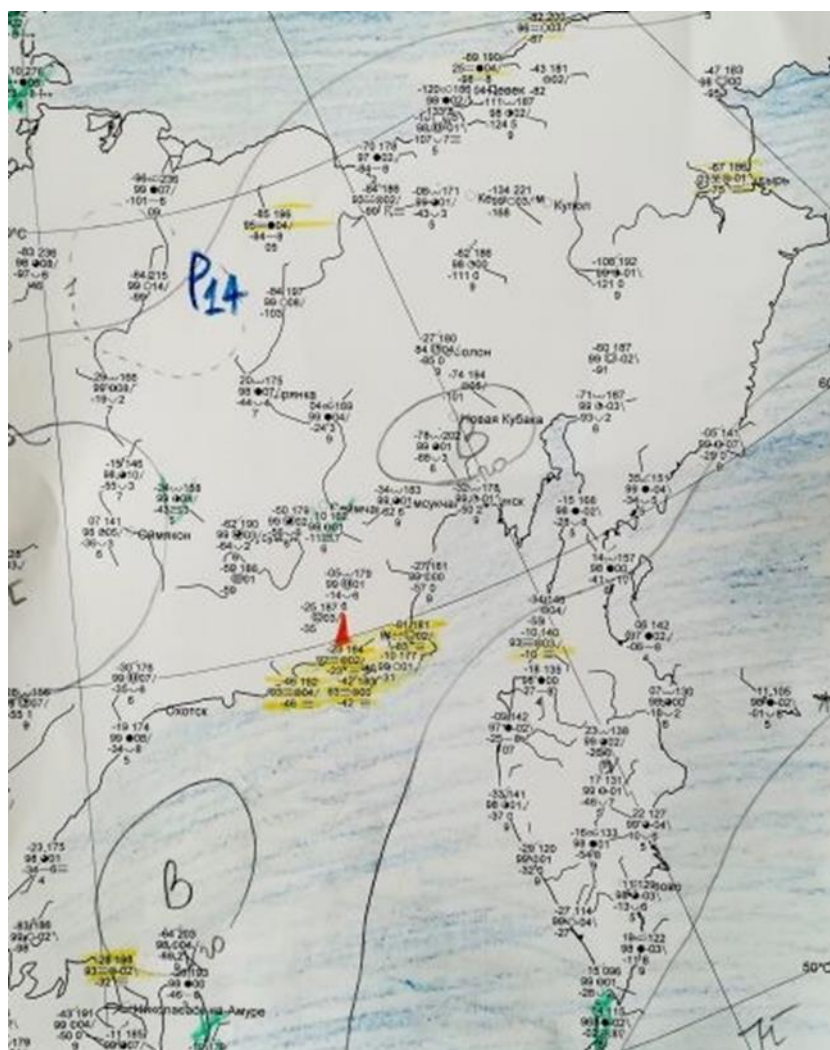


Рисунок 3.5.2 – Синоптическая ситуация 10.05.2021 г.

При адвективном тумане характерна инверсия в нижнем километровом слое. В большинстве случаев это адвективные инверсии, возникающие вследствие понижения температуры нижнего слоя воздуха, перемещающегося над более холодной водной поверхностью. В большинстве случаев радиозондирования наблюдалась приземная инверсия и приподнятая

инверсия. Приземная инверсия распространяется как до высоты 100 – 200 м, так и до высоты 500 – 800 м. Вертикальный градиент температуры под приподнятой инверсией или под задерживающим слоем в большинстве случаев равен или больше влажноадиабатического.

Морозный туман. В зимний период образование туманов в континентальных районах происходит при низких значениях температуры. В Магаданской области морозные туманы, как правило, наблюдаются при температуре ниже -30°C в условиях антициклонической погоды и при наличии мощных приземных инверсий температуры. Скорость ветра у поверхности земли находится в пределах от 0 до 2 м/с. Выхлопные газы авиационных двигателей и печные газы котельных и электростанций имеют более высокую температуру по сравнению с окружающим воздухом. Поэтому при сильных морозах они могут подниматься на высоту нескольких десятков метров даже в условиях затишья и мощной приземной инверсии температуры. В результате смешивания теплых, богатых влагой выхлопных и печных газов с холодным воздухом, достигается состояние насыщения водяным паром и происходит образование мельчайших водяных капель. При температуре -30°C и ниже капли быстро замерзают и превращаются в ледяные кристаллы, образуя морозный туман. Этот вид тумана возникает в населенных пунктах при развитии антициклона или отрога, в котором создаются условия для застоя и сильного выхолаживания воздуха над снежным покровом.

На диаграмме (рисунок 3.5.3) представлена повторяемость синоптических ситуаций. В большинстве случаев отмечено, когда район аэропорта Магадан (Сокол) находится в малоградиентном барическом поле (область повышенного давления, барический гребень, область пониженного давления). Реже образуются туманы, связанные с седловиной и барической ложбиной.

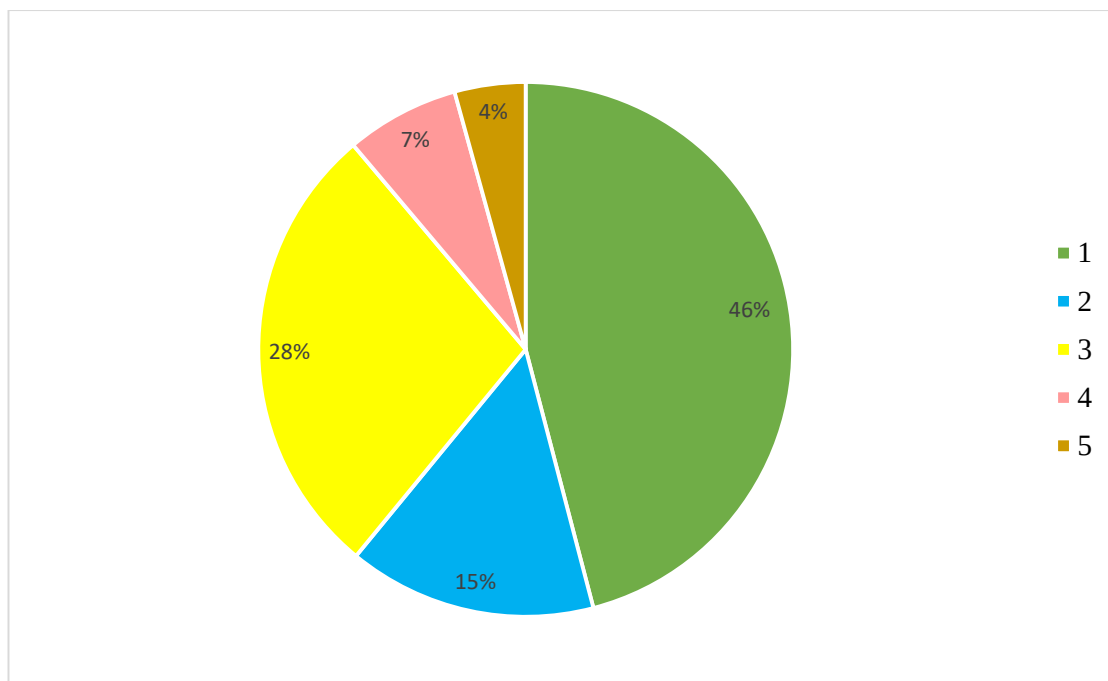


Рисунок 3.5.3 – Повторяемость синоптических ситуаций при образовании туманов в районе аэропорта Магадан (Сокол) за период 2016 – 2020 гг.

- 1 – малоградиентное поле повышенного давления,
2 – малоградиентное поле пониженного давления,
3 – барический гребень, 4 – барическая ложбина, 5 – седловина.

Из существующих разновидностей тумана *наибольшую опасность представляет адвективный туман*, так как этот тип тумана может наблюдаться до нескольких суток и существенно влиять на безопасность полетов.

Процессы летнего антициклогенеза в районе Охотского моря в значительной степени определяют ход синоптических процессов и общий характер погодных условий на всем Дальнем Востоке.

Вопросу о роли Охотского антициклона в образовании летних дальневосточных туманов были посвящены работы Матиняна Г.Б., Календова А.А., Мошениченко М.Е., Ильинского О.К.

Область высокого давления, формирующая Охотский антициклон, чаще всего представляет собой среднее барическое образование. Постоянное наличие высотного гребня над побережьем Азии в теплый период года есть преимущественно результатом прогрева воздушных масс над теплым континентом. Непосредственной причиной формирования области высокого давления над Охотским морем в весенне-летний период, является благоприятная для процессов антициклогенеза структур термобарического поля тропосферы.

Антициклогенез над Охотским морем осуществляется главным образом при двух процессах:

1. при малоподвижном высотном гребне на западе;
2. при выходе высотного антициклона с востока на Магаданскую область.

Анализ синоптических условий образования адвективных туманов потребовал их некоторой схематизации. На основании анализа было выделено 6 типов синоптических процессов.

В основу типизации синоптических процессов, приводящих к возникновению в районе аэропорта Магадан (Сокол) адвективного тумана положено наличие или отсутствие области высокого давления над Охотским морем и областей низкого давления в районе Колымы, бассейна Амура и Приморья; наличие обширного малоподвижного антициклона, расположенного над Беринговым морем и прилегающей частью Тихого океана и циклона южнее Камчатки; положение высотных ложбин и гребней, особенно положение летнего восточно-азиатского высотного гребня над континентальными районами Дальнего Востока по отношению к термическому гребню.

Первый тип синоптических процессов.

Рассматриваемый район находится в малоградиентном барическом поле трех видов (рисунок 3.5.4):

- 1) малоградиентное барическое поле повышенного давления;
- 2) седловина;
- 3) малоградиентное барическое поле пониженного давления.

Первый тип синоптических процессов имеет большую повторяемость в течение теплого периода, особенно в июне, июле, августе.

Больше, чем в третьей части случаев адвективные туманы и низкая слоистая облачность в районе аэропорта образуются в малоградиентной области повышенного давления, при этом район аэропорта находится на западной или северо-западной периферии этой области.

На приземных синоптических картах при процессе типа 1а район аэропорта и северного побережья Охотского моря находится между ядрами антициклонов.

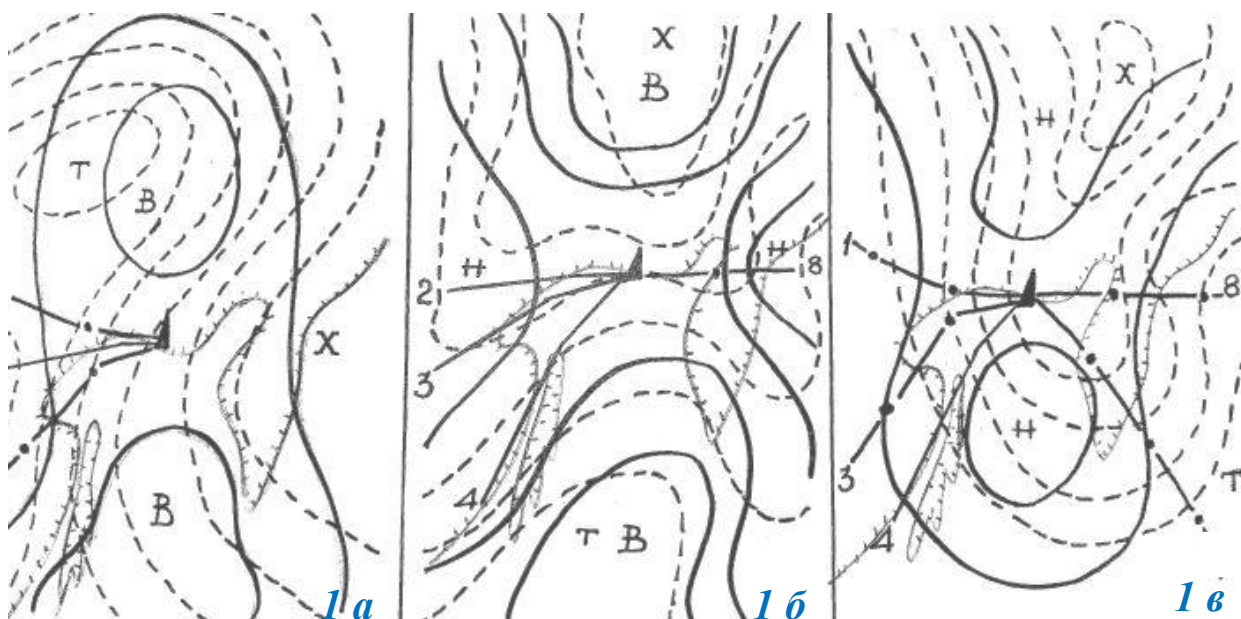


Рисунок 3.5.4 – Первый тип синоптических процессов

При процессах типа 1б район аэропорта и северного побережья Охотского моря находится в седловине, образованной двумя областями повышенного давления на севере – севернее 66° с.ш. и на юге – южнее $50-55^{\circ}$

с.ш. На западе в районе Якутска или бассейна Амура и на востоке за Камчаткой, располагаются области пониженного давления.

При процессах типа 1в малоградиентное поле создается областями пониженного давления, расположенными над районами Колымы с Чукоткой и над районом Охотского моря. На северо-востоке, над районами Чукотки может располагаться гребень Тихоокеанского антициклона. Гребень представляет собой развитое малоподвижное барическое образование. С юго-востока осуществляется адвекция тепла, а с северо-запада в тылу высотного гребня наблюдается мощная адвекция холода.

При синоптических процессах первого типа создается ситуация, при которой в районе Магадана в приземном слое наблюдается устойчивый поток воздуха с моря, сопровождающийся появлением тумана и низкой слоистой облачности при юго-западном, западном и юго-юго-западном ветре, в зависимости от положения оси приземного гребня в Охотском море. В редких случаях вынос тумана и низкой слоистой облачности осуществляется при восточном и востоко-северо-восточном ветре, при условии, что центр циклона находится восточнее 150° в.д.

Второй тип синоптических процессов.

Второй тип синоптических процессов, как и первый, характеризуется наличием над районом Магадана высотного антициклона, который медленно перемещается с юго-востока и востока и распространяется на Охотское море приземного гребня обширного и малоподвижного антициклона, расположенного над прилегающей частью Тихого океана.

Формирование высотного гребня у восточного побережья материка обуславливает тенденцию к росту давления над дальневосточными морями и северо-западной частью Тихого океана. Это сопровождается замедлением движения барических образований по мере их подхода с запада к побережью, а также усилением антициклонов и заполнением циклонов после их выхода с континента в море (рисунок 3.5.5).

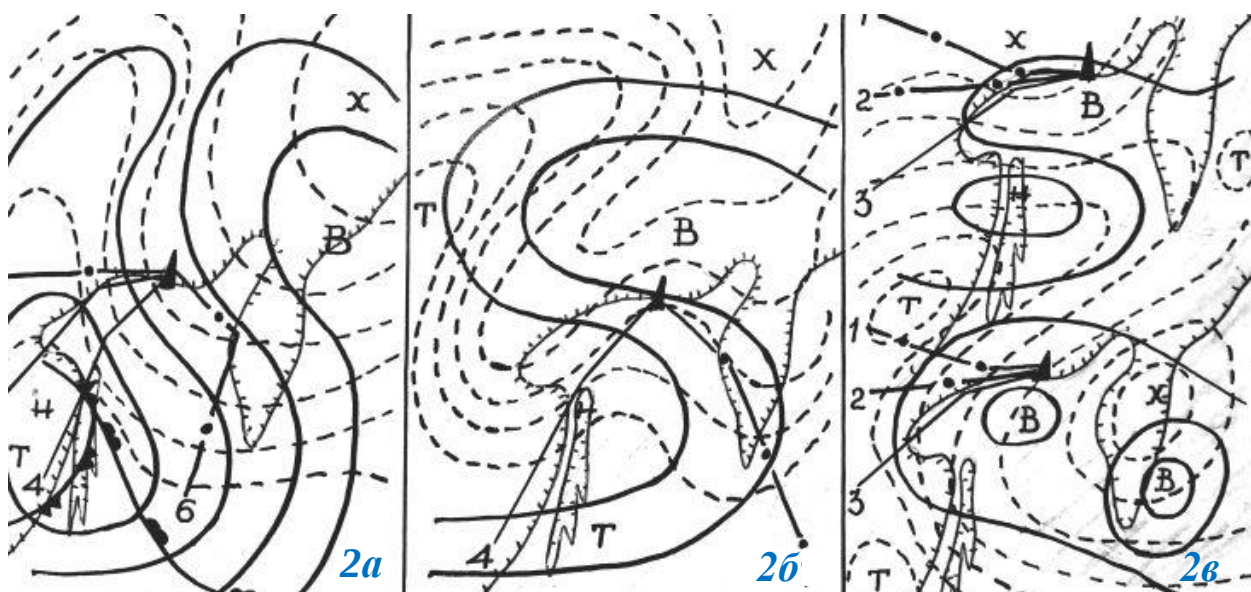


Рисунок 3.5.5 – Второй тип синоптических процессов

При синоптических процессах второго типа создается ситуация, при которой в районе Магадана наблюдается также устойчивый поток воздуха с моря, сопровождающийся появлением тумана и низкой слоистой облачности при юго-восточных ветрах у земли и при южных и юго-восточных ветрах по высотам.

При процессах типа 2а по приземным синоптическим картам над районом Тихого океана располагается гребень Тихоокеанского субтропического антициклона с осью, направленной с юго-востока на Камчатку и северо-восточное побережье Охотского моря. По восточной периферии малоподвижного высотного гребня в нижней тропосфере на северо-восточную часть Охотского моря и районы Тихого океана, прилегающие к Камчатке, ядро высокого давления непрерывно пополняется с севера массами арктического воздуха.

При процессах 2б приземный гребень сдвинут к востоку, за Камчатку. Потоки у земли и в приземном слое более восточные, чем при процессах 2а.

Ось высотного гребня направлена с юго-востока через север Камчатского края, Северо-Эвенск и далее на северо-запад. Приземный гребень располагается в том же районе, где и высотный. Оси высотного и приземного гребней почти совпадают.

Термический гребень расположен западнее высотного барического гребня. Приземный гребень вытянут вдоль побережья с востока на запад. В тылу гребня восточными потоками осуществляется вынос тумана и низкой слоистой облачности.

При процессах типа 2в создается юго-западный устойчивый поток с моря. Приземный гребень вытянут над Охотским морем, но на северное побережье Охотского моря оказывает влияние передняя часть гребня с самостоятельным ядром над морем, в отличие от типа 2б, где влияние оказывает тыловая часть гребня.

Высотный гребень сдвинут на восток по отношению к термическому гребню, который остается в пределах теплого континента.

Третий тип синоптических процессов.

Процессы третьего типа связаны с увеличением повторяемости зональных процессов при переходе от зимы к весне и лету, характеризующихся быстрым смещением в восточном направлении высотных ложбин и гребней небольшой длины и амплитуды. При этих процессах периоды циклонической погоды часто сменяются непродолжительными периодами антициклонических вторжений.

В течении весны происходит постепенное ослабление дальневосточной высотной ложбины. Процессы формирования устойчивых высотных гребней над Сибирью становятся редкими. Адвекция холода с континента на восточное побережье ослабевает. Постепенно исчезают условия для существования устойчивых областей высокого давления над континентом, а также для интенсивной циклонической деятельности над дальневосточными

морями. Условия для развития циклонической деятельности над континентальными районами становятся благоприятными.

При процессах третьего типа вынос тумана и низкой слоистой облачности в район аэропорта Магадан (Сокол) осуществляется юго-западными потоками, устанавливающимися в приземном слое.



Рисунок 3.5.6 – Третий тип синоптических процессов

При синоптических процессах типа 3а (рисунок 3.5.6) над районом Охотского моря хорошо развит приземный гребень, ось которого направлена на Магадан, а западнее Охотска расположена многоцентровая депрессия, с которой связаны фронты. Слаборазвитый высотный гребень смещен на запад по отношению к приземному. Термический гребень находится в пределах уже прогретого континента, западнее барического высотного гребня. В передней части высотного гребня отмечается адвекция холодного арктического воздуха.

При процессах типа 3б (рисунок 3.5.6) отмечается вытянувшийся, хорошо развитый высотный гребень над Охотским морем. Передняя часть

ложбины оказывает влияние на северное побережье Охотского моря, устанавливаются устойчивые юго-западные потоки.

При синоптических процессах 3в (рисунок 3.5.6) на район аэропорта и прилегающую территорию оказывает влияние передняя часть ложбины, с которой связан холодный фронт. Высотный гребень расположен далеко на юге, второй гребень занимает территорию к востоку от Камчатки. Устойчивые юго-западные потоки создаются передней частью ложбины и западной периферией гребня высокого давления, в результате район северного побережья Охотского моря находится под влиянием устойчивых потоков с моря, которые способствуют выносу тумана.

Четвертый тип синоптических процессов.

При процессах данного типа ядра высокого давления на Охотское море распространяются с севера, одновременно при приближении к Охотскому морю высотного антициклона с запада наблюдается перемещение высотного антициклона с востока на Магаданскую область.

При синоптических процессах 4а (рисунок 3.5.7) приземный гребень распространяется на Магаданскую область с Берингова моря. Высотный антициклон приближается к Охотскому морю с юго-запада. Восточнее Камчатки у земли расположен высотный циклон. С северо-запада на Охотское море осуществляется адвекция холода. Восточнее Камчатки располагается вторая область холода.

При синоптических процессах данного типа при западных потоках наблюдаются адвективно-радиационные туманы, продолжительность которых не очень большая.

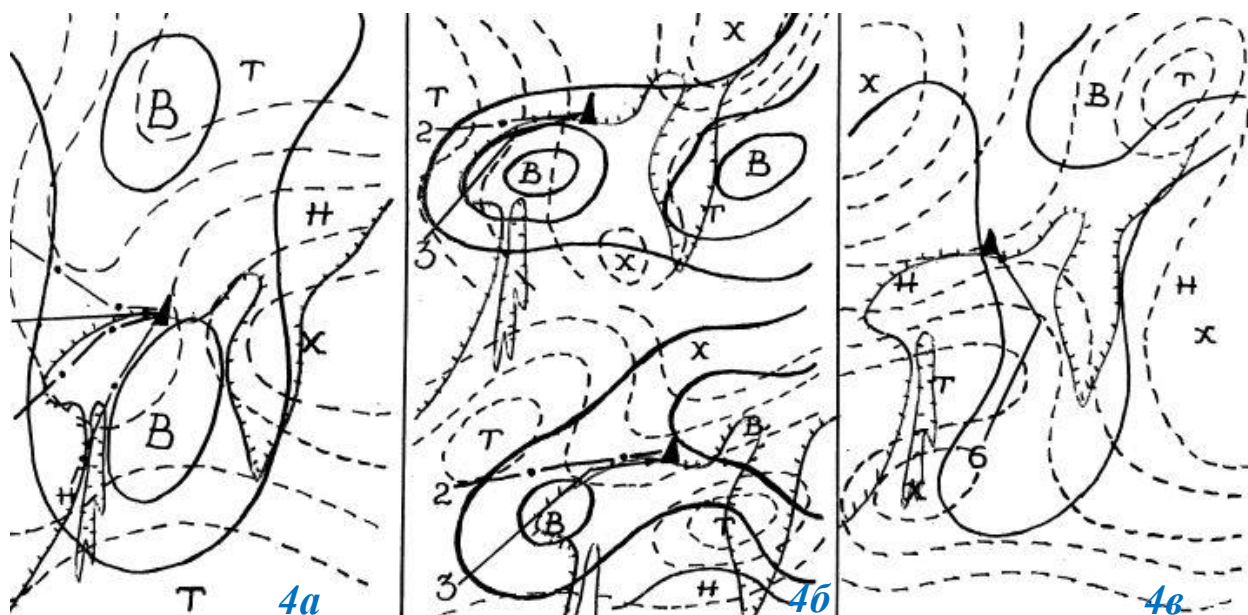


Рисунок 3.5.7 – Четвертый тип синоптических процессов

При синоптических процессах 4б приземный гребень занимает более восточное положение, чем в предыдущем случае. Причем один центр антициклона расположен в Охотском море, преимущественно в его южной части, другой центр восточнее Камчатки. Над Охотским морем устанавливаются юго-западные и западные потоки. Хорошо развитый высотный гребень вытянут с запада на восток в широтном направлении с Приморья на Камчатку. Термический гребень сдвинут чуть южнее высотного гребня. Гребень тепла расположен над районами Якутии и Приамурья. С северо-востока осуществляется адвекция холода.

При процессах типа 4в очень хорошо развит приземный гребень. Район Колымы занимает сезонная депрессия. В районе Японии высотный гребень развит плохо, а направленный с берегов Аляски напротив – развит хорошо. Хорошо развитый термический гребень направлен с континентальных районов Приморья на северо-восточную часть Охотского моря. Устанавливается устойчивый поток с моря юго-юго-западного и южного

направления. Туман в районе аэропорта больше отмечается в ночные и утренние часы, а низкая слоистая облачность может выноситься в любое время суток.

Пятый тип синоптических процессов.

Данный тип синоптических процессов характеризуется наличием высокого циклона над Охотским морем. Восточнее Камчатки располагается гребень высотного антициклона. (рисунок 3.5.8)

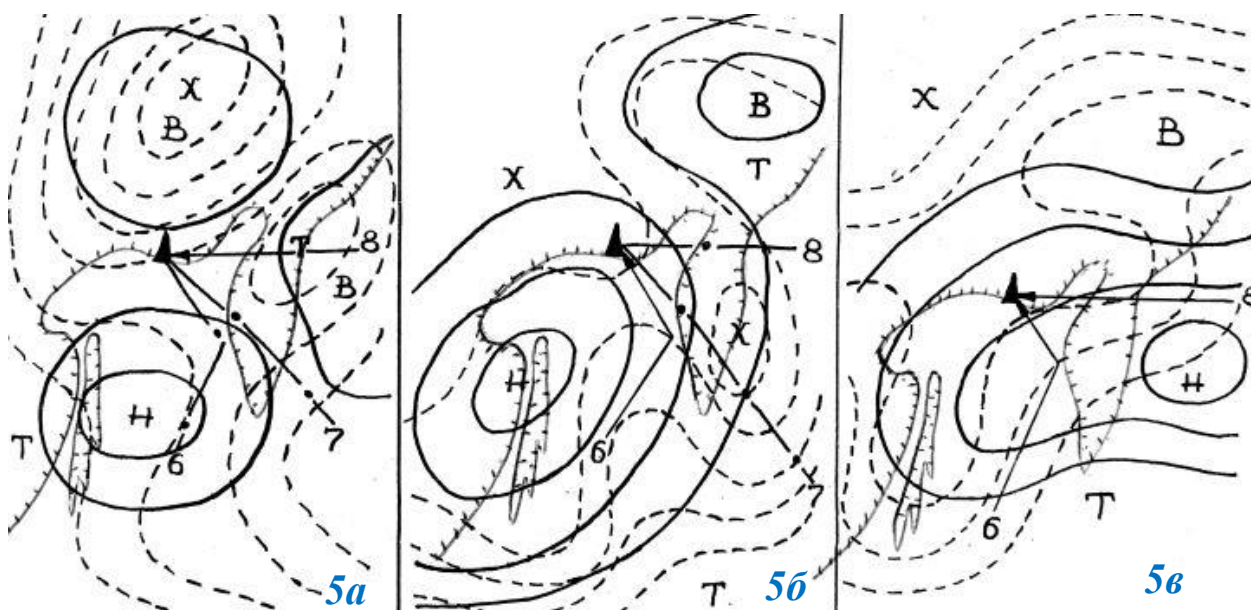


Рисунок 3.5.8 – Пятый тип синоптических процессов

При процессе типа 5а над районами Колымы находится самостоятельная область повышенного давления, которая оказывает влияние на южные районы Магаданской области и северное побережье Охотского моря. Устанавливаются восточные и юго-восточные потоки. Термический гребень направлен с районов Приморья, Сахалина на северо-восток Камчатки. На районы Колымы осуществляется мощная адвекция холода.

При синоптическом положении типа 5б над Охотским морем находится мощный циклон, нередко под его влиянием находится весь юг Магаданской

области. Циклон малоподвижен, устанавливаются восточные и юго-восточные потоки, с востока его блокирует гребень тихоокеанского антициклона. Термический гребень или совпадает с высотным гребнем или сдвинут чуть на запад. Мощная адвекция холода осуществляется в передней части высотного гребня в районе Камчатки.

Еще большим развитием циклона характеризуются синоптические процессы по типу 5в, приземный гребень Тихоокеанского антициклона сдвинут далеко за 180° в.д., термический гребень занимает северо-восточную часть Тихого океана и район Чукотки. На Охотское море в тыловой части высотной ложбины осуществляется адвекция холода. Устойчивые потоки с моря при данном типе синоптических процессов создаются циклонической циркуляцией и имеют восточные и северо-восточные направления. Вынос тумана на северное побережье охотского моря осуществляется из залива Шелихова.

Шестой тип синоптических процессов

Синоптические процессы шестого типа характеризуется расположением над районами Колымы и Чукотки хорошо развитого циклона, определяющего погоду всего северного побережья Охотского моря (рисунок 3.5.9). Южную часть Охотского моря, район Курильских островов и прилегающую часть Тихого океана к югу от Камчатки занимает обширный антициклон. Термический гребень хорошо развит и почти совпадает с высотным. Устанавливаются потоки западного и юго-западного направления.

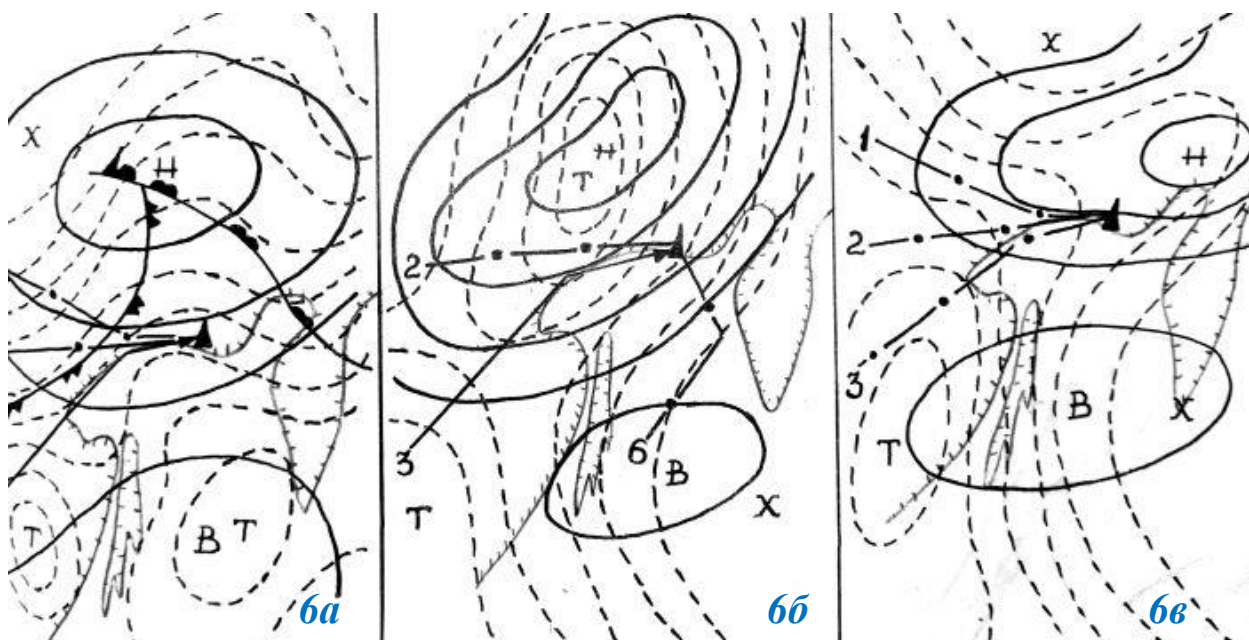


Рисунок 3.5.9 – Шестой тип синоптических процессов

При процессе типа 6а в теплом секторе циклона создаются устойчивые юго-западные потоки, которые осуществляют вынос тумана и низкой слоистой облачности на северное побережье Охотского моря.

При процессе типа 6б на район Магадана оказывает влияние юго-восточная часть циклона, расположенного над Колымой, создаются устойчивые потоки юго-западного и западо-юго-западного направления. Районы Колымы и приморья занимает термический гребень, к востоку от Камчатки осуществляется адвекция холода. При данном процессе туманы могут продолжаться более 12 часов.

При синоптическом процессе 6в центр циклона расположен Северо-Восточнее Магадана, на район аэропорта и прилегающую территорию оказывает влияние юго-западная часть циклона. Создаются устойчивые потоки у земли западного направления, которые постепенно переходят на северо-западные. Южнее Камчатки расположен приземный гребень. В тылу циклона осуществляется адвекция холода на северную часть Охотского моря.

Туманы продолжительностью до 12 часов чаще всего бывают адвективно-радиационными.

3.6 Прогноз туманов в аэропорту Магадан (Сокол)

В аэропорту Магадан (Сокол) авиационные прогнозы по аэродрому составляются на 6 – 9 часов, а для обеспечения полетов на дальние рейсы составляются 12-ти часовые прогнозы каждые 3 часа, т.е. с перекрытием времени действия прогноза. Поэтому необходимо оценивать синоптические условия и к концу действия прогноза. Методика прогноза тумана строится на оценке развития синоптического процесса и на статистических связях.

В первую очередь при прогнозировании тумана важно установить, может ли при данной синоптической ситуации осуществиться вынос влажного морского воздуха. Практически это может наблюдаться:

- а) в области циклона, антициклона, в полосе между циклоном и антициклоном при соответствующей ориентировке изобар;
- б) в малоградиентном поле давления в результате действия дневного бриза, в особенности при совпадении его направления, хотя бы со слабым системным потоком с моря.

Также для прогноза тумана в аэропорту Магадан (Сокол) можно использовать следующие местные признаки:

- появление в Арманской долине обрывков низких облаков в виде разорвано-слоистых. Наличие их говорит о большом влагосодержании воздуха и низком уровне конденсации. Появляясь в послеполуденные часы, эти признаки говорят о появлении тумана в аэропорту Магадан после захода солнца;
- если начался интенсивный юго-западный поток с моря;

— если сплошная облачность высотой 300 м и ниже не рассеивается днем, а в приземном слое наблюдается инверсия или изотермия, то можно ожидать перехода низкой облачности в туман в ночные часы;

При адвективном тумане почти во всех случаях в нижнем километровом слое наблюдается приземная или приподнятая инверсия. Из-за местных физико-географических особенностей изменение потоков на северные, северо-западные или восточный не приводит к образованию адвективного тумана.

Прогноз адвективного тумана составляется в двух случаях:

а) когда к моменту составления прогноза на прибрежных станциях тумана и облачности еще нет, но наблюдается адвекция влажного воздуха из этих районов;

б) когда к моменту составления прогноза туман и низкие слоистые облака уже наблюдаются на северном побережье Охотского моря и получены данные о штормовом явлении со станций Армань, Нагаево, Ола.

Необходимо иметь ввиду, что туман или низкие слоистые облака, появившиеся на ст. Армань, не достигают района аэропорта при следующих особенностях в распределении ветра:

1) в Армани наблюдается юго-западный ветер, а в районе аэропорта ветер с северной или восточной составляющей;

2) в районе Армани и аэропорта наблюдается слабый юго-западный ветер, а на высоте юго-западный ветер отсутствует или отмечается слабый юго-западный ветер в слое 100 – 200 м, а выше переходит на северо-западный и северный до больших высот, что говорит об адвекции холода в данном районе;

При решении вопроса о том, будет ли образовываться туман или низкие слоистые облака, надо иметь ввиду следующее:

1) В дневные часы адвективный туман никогда не достигает района аэропорта Магадан (Сокол), даже при самых благоприятных условиях.

2) Адвективный туман в районе аэропорта может не появиться в том случае, если имеет место уменьшение влажности с высотой и отсутствуют задерживающие слои. За 10 – 12 часов до появления адвективного тумана наблюдается приземная инверсия, переходящая в приподнятую или изотермию.

3) Туман из Армани не достигает района аэропорта, когда почва сильно прогрета, притекающий воздух становится неустойчивым, в данном случае могут образоваться низкие слоистые облака.

4) Скорость ветра к моменту появления адвективного тумана должна быть не больше 0 – 3 м/с. При ветре более 3 м/с образуются низкие слоистые облака.

5) Если скорость ветра на высоте 300 м и больше 6 – 7 м/с, а с высотой идет дальнейшее увеличение скорости ветра, в ближайшие 2 – 3 часа туман в районе аэропорта образовываться не будет. В этом случае появится дымка или низкие слоистые облака.

По методу Н.В. Петренко можно рассчитать температуру туманообразования T_t и ожидаемую минимальную температуру воздуха $T_{\min}$. Если по исходному синоптическому положению в вечерний срок прогнозируемого изменения ночью ожидается безоблачная или малооблачная погода и слабый ветер (или штиль) у поверхности земли, то при $T_t > T_{\min}$ следует ожидать туман.

Рассеяние адвективных туманов чаще всего происходит через 2 – 4 часа после восхода солнца, если над ним отсутствует облачность среднего яруса. При наличии облачности среднего яруса рассеяние может задержаться, при чем сначала туман может переходить в низкую слоистую облачность.

В аэропорту Магадан (Сокол) адвективный или адвективно-радиационный туман рассеивается, как только температура воздуха становится выше температуры туманообразования на 1 – 2°C, при сильном

тумане на $2 - 4^{\circ}\text{C}$, а также, когда значение точки росы становится больше значения температуры туманообразования.

В мае и начале июня, когда местами еще сохраняется снежный покров, рассеяние тумана задерживается. Туман рассеивается через 4 – 6 часов после восхода солнца (если нет облачности среднего яруса). Тоже можно сказать и про сентябрь, когда почва достаточно выхолаживается, а приток солнечной радиации невелик.

Заключение

Основной целью данной работы являлся анализ условий возникновения туманов и их особенностей в аэропорту Магадан (Сокол).

Международный аэропорт Магадан (Сокол) расположен на правом берегу р. Уптар, в 38 км севернее города Магадана, расположенного на северном побережье Охотского моря, его высота над уровнем моря 170 м, магнитное склонение минус 11°. В 1,5 км на северо-запад от аэропорта расположен поселок Сокол. На юго-западе р. Уптар соединяется с долиной реки Армань, которая впадает в Охотское море.

За исследуемый период с 2016 по 2020 г. в районе аэропорта Магадан (Сокол) наблюдалось 233 случая с туманами.

Туманы образуются преимущественно в теплый период года, с мая по сентябрь. Максимум наблюдается в летние месяцы, минимум повторяемости туманов приходится на ноябрь и январь.

Максимум повторяемости в суточном ходе туманы наблюдаются в период с 22 до 8 часов утра, в интервале времени с 14 до 19 часов за 5 лет отмечены единичные случаи с туманом. Чаще всего наблюдаются туманы продолжительностью менее 2 часов, суммарная продолжительность туманов до 6 часов составила 82 % от общего числа.

Наибольшее количество туманов наблюдается с горизонтальной видимостью менее 400 м.

Перед появлением тумана в аэропорту Магадан (Сокол) наблюдается понижение температуры воздуха. В большинстве случаев туманы образуются при температуре от 2°C до 12°C тепла. Во время тумана температура меняется мало или остается постоянной. Перед ухудшением видимости до пределов менее 1000 м разница температуры и точки росы не превышает 1°, в редких

случаях (при образовании переохлажденного или морозного тумана) разница превышает это значение.

Преобладающими направлениями при образовании туманов являются западные и юго-западные, реже наблюдаются восточные-юго-восточные и северо-западные направления. За пять исследуемых лет большинство туманов возникли при скорости ветра от 0 – 2 м/с.

В теплый период года отмечаются туманы в основном адвективного и адвективно-радиационного характера, а также фронтальные туманы. В холодный период года наблюдаются туманы преимущественно радиационного происхождения. В январе наблюдались единичные случаи морозного тумана.

В большинстве случаев отмечено, что благоприятными синоптическими условиями для образования туманов являются ситуации, когда район аэропорта Магадан (Сокол) находится в малоградиентном барическом поле (область повышенного давления, барический гребень, область пониженного давления). Реже образуются туманы, связанные седловиной и барической ложбиной.

Наибольшее влияние на взлет и посадку ВС туманы оказывают влияние в теплый период года с мая по сентябрь. Так как туман наблюдается в основном в ночные и утренние часы, на которые приходятся прилеты ВС, то они очень мешают регулярности полетов. Планирование рейсов следует производить с учетом климатических особенностей данного района. Чтобы избежать ухода ВС за запасной аэродром, целесообразно планировать прилет в аэропорт Магадан (Сокол) на время, когда суточная продолжительность тумана минимальна.

Список использованных источников

1. Матвеев А.Т. Курс общей метеорологии. Физика Атмосферы – Л.: Гидрометеиздат, 1984 г. – 738 с.
2. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. Учебник – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009 – 339 с.
3. Хромов С.П. Основы синоптической метеорологии – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1948 – 696 с.
4. Пчелко И.Г. Авиационная метеорология – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1963 – 345 с.
5. Зверев А.С. Синоптическая метеорология – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1977 – 711 с.
6. Бабилов М.А. Авиационная метеорология – Москва.: издательство Досарм, 1951 – 212 с.
7. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1991 – 604 с.
8. Воробьев В.И. Основные понятия синоптической метеорологии. Учебное пособие. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2003 – 48 с.
9. Сафонова Т.А. Авиационная метеорология. Учебное пособие. – Ульяновск.: УВАУ ГА, 2005 – 215 с.
10. Берлянд М.Е., Воронцов П.А., Красиков П.Н., Никандров В.Я., Петренко Н.В. Туманы. – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1961 – 396 с.
11. Метеорология. Гуральник И.И., Дубинский Г.П., Ларин В.В., Мамиконова С.В. – Ленинград.: Гидрометеиздат, 1982 – 345с.
12. Практикум по синоптической метеорологии. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2006 – 304 с.