



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **«Метеорологические условия образования туманов в порту
Тикси»**

Исполнитель **Федорова Валентина Аркадьевна группа ПМЗ-Б16-1-3**

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **Кандидат физико-математических наук**

(ученая степень, ученое звание)

Головина Елена Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

И.о. заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич

(фамилия, имя, отчество)

« 14 _ » июня 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Сокращения	4
Введение	5
1 Условия образования туманов	8
1.1 Физические условия образования туманов и их классификация	10
1.2 Основные физические характеристики туманов	11
1.3 Синоптические и метеорологические условия образования туманов	13
1.3.1 Адвективный туман	14
1.3.2 Адвективно-радиационный туман	15
1.3.3 Радиационный туман	16
1.3.4 Морозные туманы населенных пунктов и аэродромов	17
1.3.5 Туман испарения и фронтальный туман	18
1.4 Расчетные методы прогноза тумана	20
1.4.1 Прогноз адвективного тумана	21
1.4.2 Прогноз радиационного тумана	23
1.4.3 Прогноз тумана испарения и фронтальных туманов	24
1.4.4 Прогноз тумана при сильных морозах	25
2 Физико-географические и климатические особенности аэродрома Тикси	26
2.1 Физико-географическое описание аэродрома Тикси	27
2.2 Общая климатическая характеристика	28

3	Анализ условий образования туманов в районе аэропорта Тикси	28
	Характеристика исходных данных и методика обработки информации	
3.2	Годовой ход повторяемости туманов	31
3.3	Суточный ход повторяемости туманов	34
3.4	Зависимость повторяемости туманов от направления ветра у земли	40
3.5	Продолжительность туманов	43
3.6	Повторяемость туманов различной видимости	48
3.7	Типичные синоптические ситуации при возникновении туманов в районе аэродрома Тикси	51
	Заключение	57
	Список использованных источников	58
	Приложение А – Схема размещения метеоборудования на аэродроме Тикси	59
	Приложение Б – Схема ориентиров видимости	60

СОКРАЩЕНИЯ

АМСГ	-	авиационная метеорологическая станция гражданская;
ИКАО	-	Международная организация гражданской авиации;
ПВП	-	правила визуальных полетов;
ВПП	-	взлетно-посадочная полоса;
УВД	-	Управление воздушным движением;
ВС	-	воздушное судно;
КТА	-	контрольная точка аэродрома;
ИВПП	-	искусственная взлетно-посадочная полоса;
ВПП	-	взлетно-посадочная полоса;
МВД	-	метеорологическая дальность видимости;
МКп	-	магнитный курс посадки

ВВЕДЕНИЕ

Погода оказывает огромное влияние на многие сферы. Полеты не возможны без учета метеорологических погодных условий. Авиация занимает первое место по востребованности метеоинформации.

Благодаря постоянному обновлению оснащения гражданской авиации полеты стали выполняться даже в сложных метеоусловиях. Одним из самых сложных и ответственных этапов является взлет и посадка воздушного судна.

Одним из главных факторов осложняющих работу авиации – это отсутствие дальности видимости на взлетной посадочной полосе. Ухудшение видимости по туману ниже минимума аэродрома чаще всего приводят к закрытию аэропорта по погодным условиям, возврату судов или отправки их на запасной аэродром. Поэтому в авиации при составлении прогноза по аэродрому, уделяют особое внимание такому опасному явлению как туман: его особенности, развитию, формированию, интенсивности и продолжительности.

Климатические характеристики используются для оперативного планирования полётов. Правильное использование климатических данных условий является одним из важных резервов повышения экономности, регулярности и безопасности полётов.

Цель работы: анализ условий образования туманов на аэродроме Тикси. Получение климатических характеристик туманов за период с 2014-2018 гг.

Задачи: определить сезоны года и часы суток с благоприятными и неблагоприятными условиями погоды для работы аэропорта, взлёта и посадки воздушных судов.

Для выполнения поставленных целей и задач была изучена литература, по данной теме. Использовались ежечасные наблюдения за 2014-2018 гг.

1 Условия образования туманов.

1.1 Физические условия образования туманов и их классификация.

Туманом называется скопление продуктов конденсации (капель воды или ледяных кристаллов, иногда и тех и других), взвешенных в воздухе непосредственно над поверхностью земли, в результате которого дальность горизонтальной видимости становится меньше 1 км [1].

Туманы подразделяются на слабые (видимость 500 – 900 м), умеренные (видимость 200 – 500 м), сильные (видимость 50 – 200 м) и очень сильные (видимость менее 50м).

Образование туманов связано с насыщением и конденсацией водяного пара. Процесс насыщения воздуха в приземном слое атмосферы обуславливается двумя причинами: понижением температуры, либо увеличением влагозапасов в слое воздуха.

Понижение температуры воздуха может быть вызвано:

- перемещением (адвекцией) воздуха над более холодной подстилающей поверхностью;
- потерей тепла воздушной массой вследствие эффективного излучения земной поверхности;
- адиабатическим расширением воздуха при вынужденном подъёме по наветренным склонам возвышенностей и гор.

Влагосодержание воздуха увеличивается за счёт испарения с поверхности воды, почвы или капель дождя в более холодный воздух пропорционально разности:

$$T_w - T_d,$$

(1.1)

где T_w - температура воды, поверхности почвы или капель дождя;

T_d - точка росы в нижнем слое воздуха, температура которого $T > T_d$.

Испарение будет продолжаться до тех пор, пока упругость водяного пара в воздухе не достигнет насыщенной упругости пара, температура воды (капель дождя). При $T > T_d$ точка росы должна быть выше температуры окружающего воздуха ($T_w - T$). Поэтому избыточная влага зависит от количества ($T_w - T$), которое должно сконденсироваться в воздухе на ядрах конденсации, всегда в достаточном количестве [2].

В зависимости от физических причин образования туманы делятся на следующие классы:

- туманы охлаждения
- туманы испарения.

Туманы охлаждения в зависимости от причин, вызывающих охлаждение приземного слоя воздуха, подразделяются на радиационные и адвективные.

Радиационный туман образуется над сушей при безоблачном небе и слабом ветре в результате ночного (радиационного) охлаждения воздуха.

Адвективный туман в теплой воздушной массе при его движении над более холодной водой, почвой или снегом, когда потеря тепла приводит к образованию приподнятой инверсии и конденсации водяного пара под инверсией.

Большинство различных процессов работают очень хорошо. Поэтому выделяют тип адвективно-радиационных туманов, оказывающие при адвекции теплого воздуха, когда решающее влияние на образование тумана оказывает ночное радиационное охлаждение.

Туманы испарения проявляются при нагревании с тёплой водной либо влажной поверхности на холодном воздухе. При испарении капель дождя, выпадающего из тёплой надфронтальной воздушной массы, в холодном подфронтальном воздухе возникают фронтальные туманы.

Туманы смешения происходят при смешении двух воздушных масс с разной температурой и влажностью. Приятные условия для их образования: большое разнообразие двух воздушных масс и относительной влажности. Туманы смешения могут образоваться рядом с границей холодных и теплых морских течений, на побережьях.

Туманы антропогенного происхождения непосредственно возникают возле крупных промзон. При сжигании топлива в атмосфере можно выделить большое количество водных и промышленных примесей.

По вертикальной мощности (Δh) туманы подразделяются на поземные ($\Delta h \leq 2$ м), низкие ($\Delta h = 2 - 10$ м), средние ($\Delta h = 10 - 100$ м) и высокие ($\Delta h > 100$ м) [3].

1.2 Основные физические характеристики туманов.

Водность туманов изменяется в достаточно широких пределах: от тысячных и сотых долей г/м^3 до $1,5 - 2 \text{ г/м}^3$.

Из анализа множества данных о характере различных типов туманов, следует, что наименьшее содержание воды наблюдается в радиационном тумане, а наибольшая – в адвективном морском тумане.

Таблица 1.1 – Водность туманов (г/м^3) различной интенсивности при положительных и отрицательных температурах.

Туман	$T, ^\circ\text{C}$	Интенсивность тумана
-------	---------------------	----------------------

		слабый	умеренный	сильный
Адвективный	>0	0.02 — 0.05	0.04 — 0.18	0.10 — 0.76
Испарения	<0	0.02 — 0.04	0.05 — 0.11	0.08 — 0.37

С повышением температуры повышается водность туманов охлаждения (радиационных и адвективных). Влагосодержание туманов испарения, образующихся за счет притока водяного пара, наоборот, при повышении температуры воздуха уменьшается. Это связано с тем, что снижение температуры воздуха увеличивает разность температуры.

Распределение влагосодержание по высоте в тумане также зависит от вида тумана. В адвективных туманах водность увеличивается с высотой, а в радиационных туманах наибольшая водность отмечается в нижних слоях.

Относительная влажность и агрегатное состояние туманов. Согласно наблюдениям, минимальные температуры, до которых туман остается капельно-жидким, колеблется в пределах: до -4 °С. Чем меньше примесей в воздухе, тем дольше он будет как капельно-жидкий. Температура кристаллических туманов может быть от -15 до -57 °С, смешанные виды тумана -12 до -27 °С[4].

Влажность воздуха в туманах близка к 100 %. При понижении температуры влажность в тумане уменьшится и достигает в среднем 75 %.

Распределение капель по размерам зависит не только от начальной стадии распределения ядер конденсации, их свойств и процессов, но и от макропроцессов, ведущих к образованию и распространению тумана.

Натуральные туманы состоят из частиц разного размера. Характерной особенностью кривой распределения капель по размерам, показанной на рисунке 1.1, является наличие максимума при определенном значении радиуса $r = r_m$.

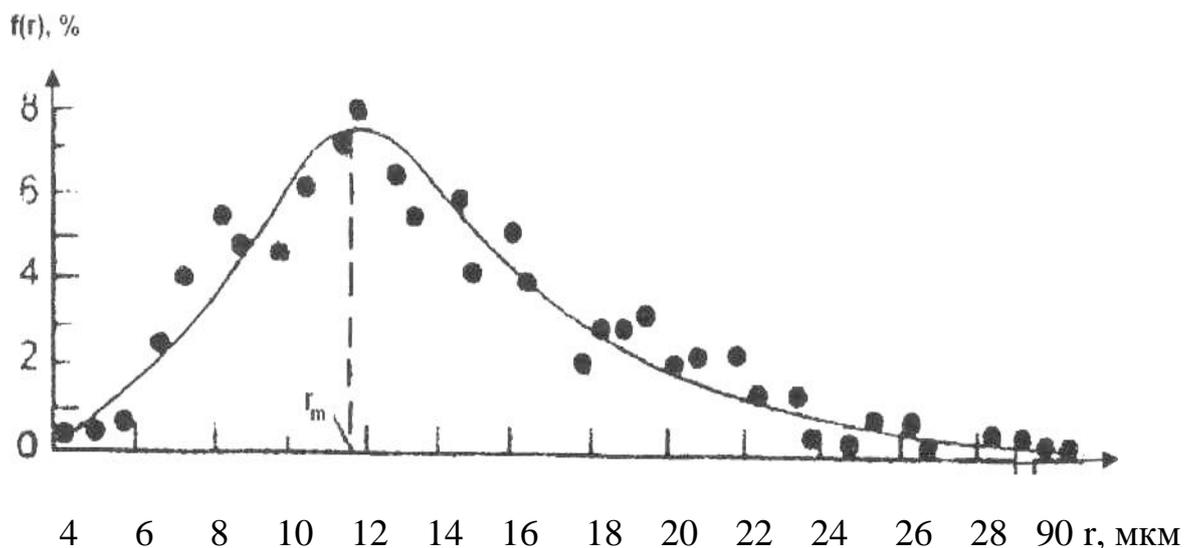


Рисунок 1.1 – Распределение капель по размерам в капельно-жидких туманах при температуре воздуха $-9 - -10$ °С.

Повторяемость $f(r)$ капель уменьшается быстрее в сторону меньших и медленнее в сторону больших, чем r_m радиусов.

Объёмная концентрация капель. Число капель в 1 см^3 изменяется от 0,5 до 93 в случае адвективных туманов, от 50 до 860 в радиационных туманах.

1.3 Синоптические и метеорологические условия образования туманов.

По синоптическим условиям образования туманов подразделяются на 2 вида: внутримассовые туманы (формирующиеся в однородных воздушных массах) и фронтальные туманы (образующиеся на границах атмосферных фронтов).

1.3.2 Адвективно-радиационные туманы.

Адвективно-радиационный туман возникает над поверхностью земли преимущественно в холодное время года и, как правило, ночью при слабой адвекции теплого воздуха на западной или северной периферии антициклона. Скорость ветра в приземном слое составляет около 3 м/с.

Для состояния насыщения и конденсации водяного пара необходимо радиационное охлаждение положительной температуры воздуха в приземном слое. Это может произойти при незначительной плотности St облаков. В результате ночного охлаждения воздуха под слоем приподнятой инверсии происходит уплотнение ранее наблюдавшейся тонкой облачности или плотной дымки сначала на некоторой высоте у Земли, постепенно переход их в туман. Процессу туманообразования ночью будет слабый ветер. Может возникнуть небольшая приземная инверсия; после происходит его слияние с уплотняющейся дымкой или тонкой слоистой облачностью под приподнятой инверсией.

Адвективно-радиационный туман, может охватывать большие территории, в большинстве близко населенных пунктов.

1.3.4 Морозные туманы населенных пунктов и аэродромов.

Морозный тумана образуется следующим образом. Горячие и холодные газы двигателей внутреннего сгорания имеют более высокую температуру тепла и меньшую плотность по сравнению с окружающим воздухом. Из-за этого: они могут подниматься на высоту до 100 метров и выше даже в условиях штиля и мощной приземной инверсии. Наличие слабого ветра вызывает турбулентный перенос топочных и выхлопных газов вверх примерно до уровня 200 м над поверхностью.

К образованию леденого тумана приводит низкие температуры воздуха при поступление водяного пара образуется его конденсации в виде мельчайших капель, которые замерзают и быстро расту.

Тиблицаа 1.2 – Критическая температура (°С) насыщения воздуха (по отношению к воде) для образования ледяных туманов при атмосферном давлении 1000 гПа.

Относительная влажность, %	100	90	60	0
Температура, °С	-29	-33	-36	-39

1.3.5 Туман испарения и фронтальный туман.

Туман испарения может возникает в устойчиво холодном воздухе при его движении над водной поверхностью, когда температура поверхности воды значительно выше температуры воздуха. Обычно при тумане разность $\Delta T = (T_{\text{воды}} - T_{\text{возд}}) \geq 10^{\circ}\text{C}$, окружающего воздуха $f \geq 70\%$.

С меньшей относительной влажности f минимальная разность ΔT , при котарай ниченается образование тумана, увеличивается.

Тумана испарения поеявляется, выхоложеом над сушей воздухе в антициклоне или гребне инверсия начинается от земной поверхности. При распространения холодной воздушной массы на более прогретую водную поверхность его нижний слой прогревается и этого приводит к инверсии примерно до высоты 100 м. Инверсия препятствует вертикальному обмену и распространению водяного пара в вышележащий слою воздуха. В результате смешения водяного пара с более холодным воздухом происходит конденсация, которая приводит к образованию тумана [6].

Обычно туманы испирения блюдается на высоте до 12 м при скорости ветра до 3 м/с, реже до 5 м/с. В случае очень бельшой разности температур эти туманы могут блюдятся и при ветрох бельшой скорости.

Туманы испарения наблюдаются над арктическими морями у кромки льдов. Они наиболее густые зимой при сильных морозах.

Фронтальный туман часто образуется зимой перед теплым фронтом и фронтом окклюзии характера теплого фронта, в холодном воздухе.

Туман возникает, когда инверсия температуры в приземном слое между холодным и теплым воздухом, которая иногда сливается с приземной инверсией. Температура теплого воздуха на уровне 850 мб бывает от 4 до -4 °С, а температура холодного воздуха у Земли ниже температуры теплого воздуха на 3 – 5 °С, скорость ветра у Земли приблизительно 8 м/с. Образованию тумана способствует адвективное, а ночью и радиационное охлаждение воздуха перед фронтом.

Фронтальный туман может возникнуть с прохождением холодного фронта после прохождения осадков на теплую поверхность земли. В образовании тумана существуют несколько процессов: испарение с поверхности теплой почвы, от дождя, в холодный воздух, и понижение температуры воздуха в ночные часы из-за радиационного охлаждения земной поверхности.

1.4 Расчетные методы прогноза тумана.

1.4.1 Прогноз адвективного тумана.

Метод А.А. Шадринной. На рисунке 1.4 представлен график, предложенный А.А. Шадринной, позволяет определить возможность возникновения тумана по адвективным изменениям температуры точки росы у земли или на уровне 850 гПа. Если точка пересечения температур T и T_d' у земной поверхности окажется ниже сплошной линии или ниже пунктирной линии для данных на уровне 850 гПа (см. рисунок 1.4), то в прогнозе следует указывать туман. Метод оправдваемости хороший при сроке прогноза до 9 часов[3].



Рисунок 1.4 График прогноза тумана по методу А.А.Шадринной.

1.4.2 Прогноз радиационного тумана.

В основу прогноза радиационного тумана положено соотношение между ожидаемой температурой образования тумана T_t и ожидаемой минимальной температурой воздуха T_{min} ночью.

Если T_t будет на 1—2 °С меньше T_{min} , то возможна дымка. Таким образом, прогноз радиационного тумана сводится к прогнозу T_t и T_{min} , а также времени образования и рассеяния тумана. По методу *Н.В.Петренко*, температуру туманообразования T_t можно рассчитать по формуле

$$T_t = T_d - \Delta T_d, \quad (1.3)$$

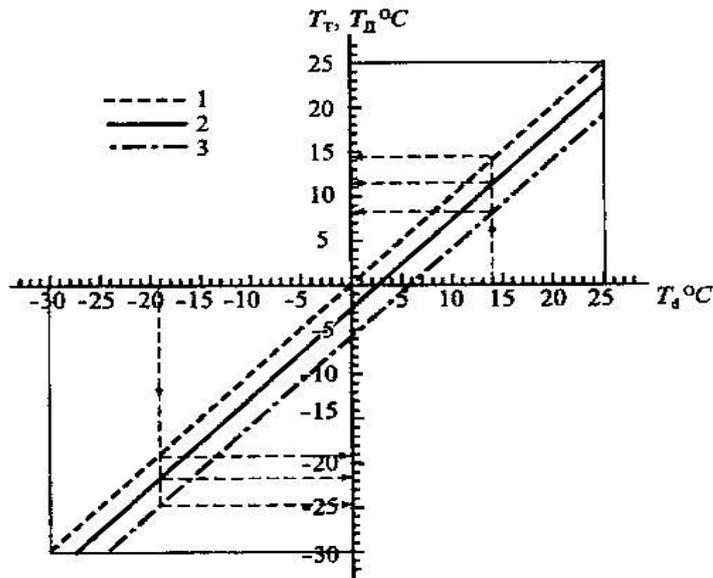
где T_d - температура точки росы в срок, близкий к заходу солнца, °С;

ΔT_d - возможное понижение температуры точки росы в течение ночи от начального срока до момента возникновения тумана, °С.

Средние значения возможного понижения точки росы T_d в течение ночи можно взять из таблицы 1.4.

Таблица 1.4 – Средние значения T_d в зависимости от температуры точки росы в исходный срок.

$T_d, \text{°C}$	20 — 11	10 — 0	-1 — -10	-11 — -20	-21 — -30
$\Delta T_d, \text{°C}$	1,4	1,6	2,0	2,5	2,3



1 – линия дымки, 2 – линия слабого тумана, 3 – линия сильного тумана.

Рисунок 1.6 — График для прогноза радиационного тумана по методу Н.В. Петренко.

$$\Delta T_1 = m \Delta T, \quad (1.4)$$

где m – поправочный множитель на облачность.

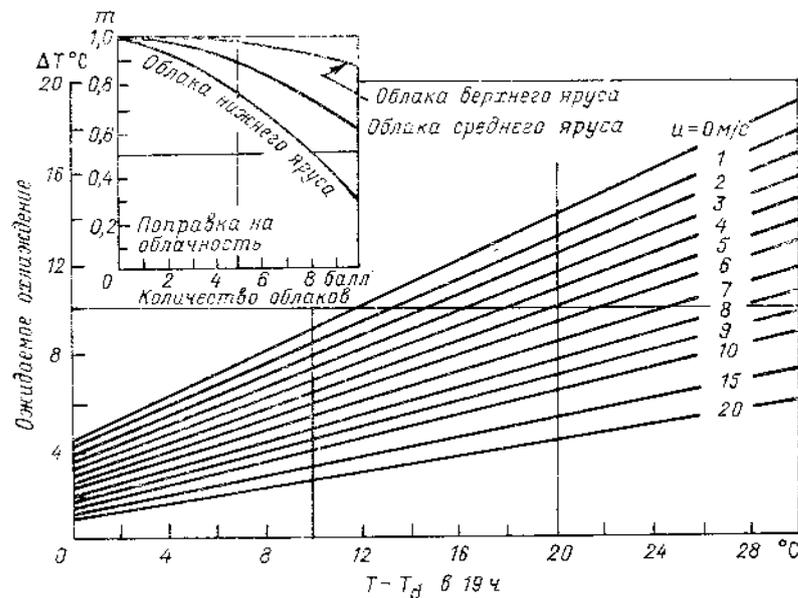


Рисунок 1.7 – График для определения ночного понижения температуры.

3) Рассчитывается минимальная температура по формуле

$$T_{\min} = T - \Delta T_1, \quad (1.5)$$

где T - температура воздуха в начальный момент, за который принимается срок наблюдений, наиболее близкий к моменту захода Солнца;

ΔT_1 - возможное охлаждение воздуха в течение ночи.

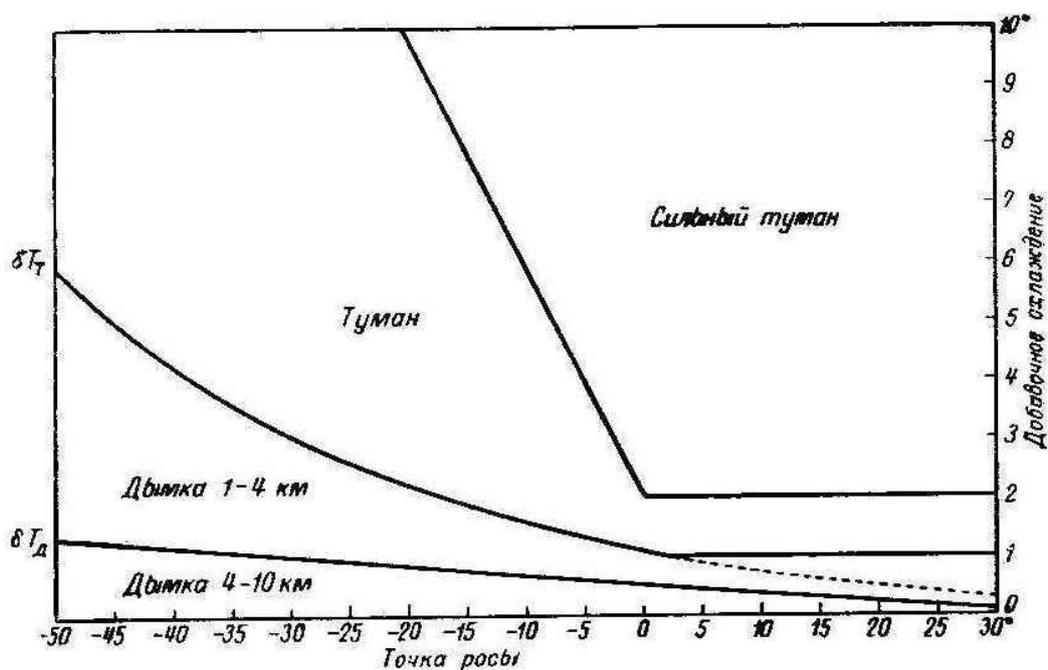


Рисунок 1.8 – График для расчёта добавочного понижения температуры воздуха, необходимого для образования тумана различной интенсивности.

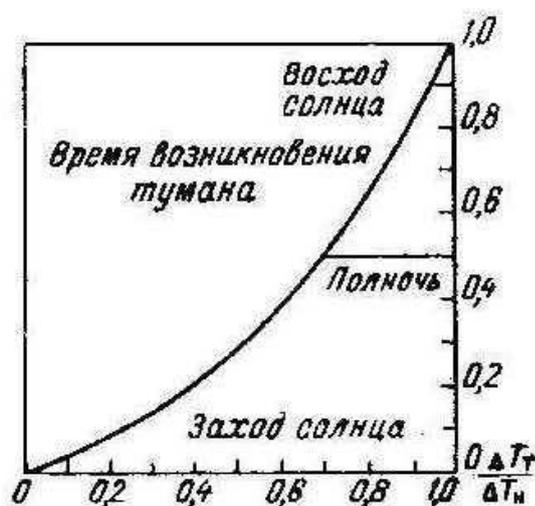


Рисунок 1.9 – График для прогноза времени образования тумана.

Высокую оправдываемость туманообразования имеет метод *Б.В.Кирюхина*. Номограмма на рисунке 1.10.

По нижней части номограммы, используя фактические значения температуры и относительной влажности воздуха, определяется величина ΔT_1 — необходимое понижение температуры для достижения воздухом насыщения. По верхней части номограммы определяется величина ΔT_2 — дополнительное понижение температуры, необходимое для возникновения тумана определенной интенсивности [3].

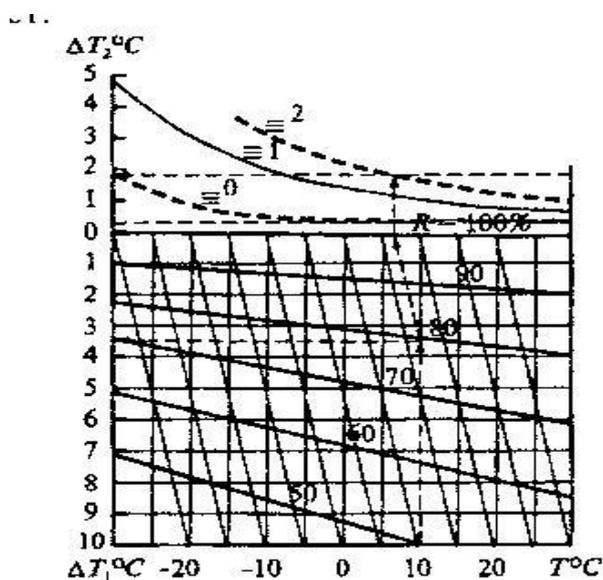


Рисунок 1.10 – Номограмма Б.В.Кирюхина для определения величины ΔT_t .

Общее понижение температуры, для возникновения тумана определенной интенсивности

$$\Delta T_t = \Delta T_1 + \Delta T_2, \quad (1.6)$$

температура туманообразования

$$T_t = T - \Delta T_t \quad (1.7)$$

1.4.3 Прогноз тумана испарения и фронтальных туманов.

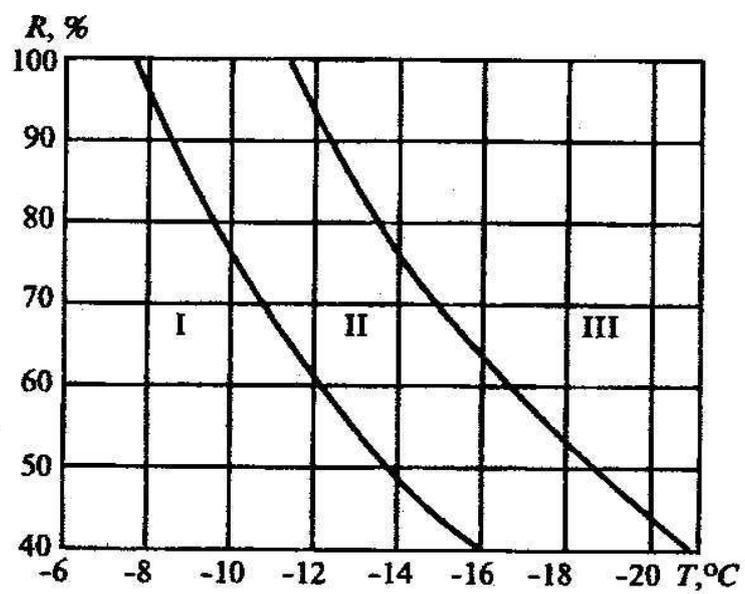


Рисунок 1.11 – График для прогноза тумана испарения.

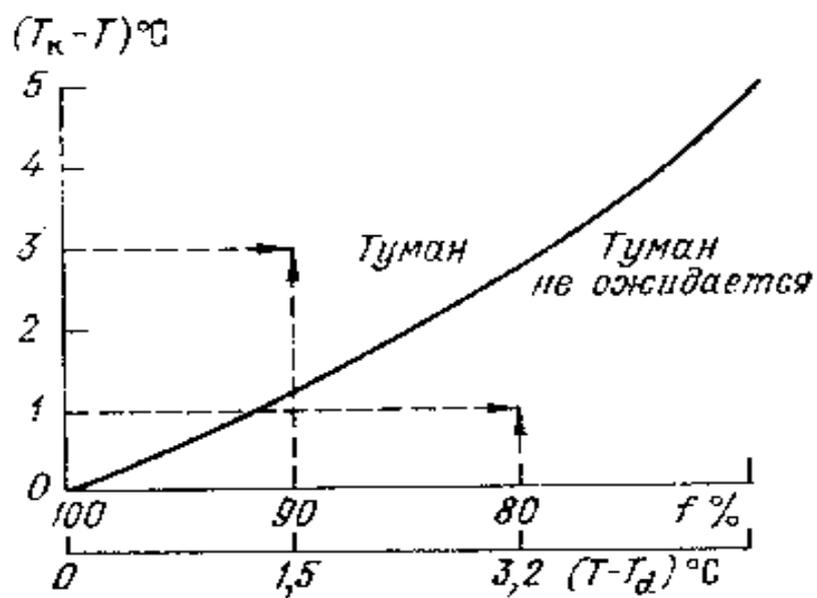


Рисунок 11.2 – График для прогноза фронтального тумана испарения.

1.4.4 Прогноз тумана при сильных морозах.

Для прогноза образование ледяного тумана по температуре и точке росы можно воспользоваться графиком, представленным на рисунке 1.13[5].

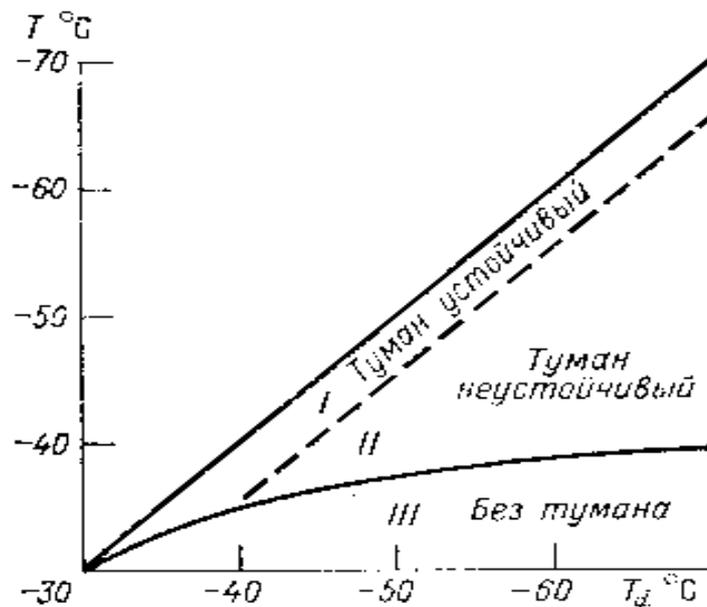


Рисунок 1.13 – График для прогноза ледяного тумана (по А.В.Садовникову).

Вся площадь графика разделена на три области: I – область устойчивого ледяного тумана; II – область неустойчивого тумана, в которой туман образуется только при сгорании топлива, если при этом воздух достигает насыщения по отношению ко льду; III – область без тумана.

2 Физико-географические и климатические особенности аэродрома Тикси.

2.1 Физико-географическое описание аэродрома Тикси.

В юго-восточной части моря Лаптевых расположена Бухта Тикси. С запада нижнее течение реки Лена закрыто Хараулахскими горами. Их протяженность почти меридионально 15-20 км от побережья. Их высота 500м, на севере они уходят в Быковскую протоку, на юге переходят в Верхоянский хребет, высотой до 800м. Расположения гор в широтном направлении, что является причиной усиления ветра западной четверти. Аэродром Тикси находится на полуострове бухты Тикси. Почти вся территория аэродрома находится на территории заболоченной тундры с большим количеством мелких озер и рек. Подходы к аэродрому с востока и севера открытые. Восточная и юго-восточная часть окружена морем Лаптевых. С севера и севера-запада к району аэродрома залив Неелова и дельта р. Лены.

Севернее аэродрома протекает р. Харагор, вдоль долины усиливается ветер западного направления, оказывающий влияние на северную часть ВПП. Западная и южная часть района аэродрома сильно пересечена горами, реками и ручьями. На юге гора Топорик и Лялькина гора высотой 200м, на юго-западе обширный массив с господствующей над местностью горой Столовая 352м. Глубокая ложбина между ними служит естественным руслом для воздушных потоков при ветрах юго-западной четверти. На севере от горы Столовая протянулась гряда пологих холмов 100-200м. Расположения аэродрома между восточными склонами сопки и бухтой Тикси. В двенадцати километрах к юго-востоку находится полярная станция ГМО Тикси - пункт основных метеорологических наблюдений.

В Тикси преобладает полярный день (87 дней) и полярная ночь (63 дней). Общая продолжительность полярного дня и ночи составляет 150 дней в году.

2.2 Общая климатическая характеристика.

Расположение, рельеф, близость моря - это факторы, которые являются формирующей основой суровой, изменчивой и многообразной климатической основой Тикси. В осенне-зимний период Арктический и Азиатский максимум, Исландский, а так же Алеутский и Охотский минимумы являются главными центрами действия атмосферы. В этот период преобладают ветры западной четверти. Их скорость почти в два раза превышает среднегодовую скорость ветра. Ухудшение видимости происходит в основном за счет метелей и выпадения снега. Морозные туманы в Тикси наблюдаются довольно редко.

В весеннее - летний период над территорией Северного Ледовитого океана наибольшее развитие получает Арктический максимум. Над материковой частью располагается область пониженного давления. Такое барическое поле приводит к тому, что преобладают ветры восточной и северной четвертей. Ветры западного, юго-западного направления наблюдается при прохождении холодных фронтов и фронтов окклюзии. В этот период года часто наблюдаются низкая облачность, дымка, туман. Дымка и туман также наблюдаются чаще всего в ночные и утренние часы.

Также огромное влияние в формировании климата создает море Лаптевых. Море Лаптевых наиболее ледовитое из всех морей северного полушария. В течение 9-10 месяцев в году сплошь покрыто льдом толщиной 1,2-2м и более. В конце июля прибрежные участки освобождаются от льда. Во второй половине октября море замерзает полностью.

Аэродром Тикси расположен на побережье бухты Тикси губы Буорхая в море Лаптевых, в 7 км севернее населенного пункта Тикси. Высота аэродрома над уровнем моря 9м. Магнитное склонение (-18°). Радиус аэродрома 70км, граница района аэродрома по высоте: при вылете 4200м; при прилете 4500м. Летное поле имеет бетонную ВПП в направлении МК 025 и 205°, основной

посадочный курс 205°. При посадке с основным посадочным курсом подход к ВПП открыт.

3 Анализ условий образования туманов в районе аэропорта Тикси.

Данные о туманах выбирались из дневников погоды АВ-6. Всего за период 2014 – 2018 гг. было отобрано 302 случая с туманом.

По условиям образования все туманы были разделены на три типа (таблица 3).

За исследуемый период мал набор случаев для морозных туманов (3 случая), поэтому проводить анализ для этого типа тумана довольно сложно. В связи с этим анализ морозных туманов не учитывался.

Таблица 3 – Повторяемость туманов по типам за период 2014 – 2018 гг.

Тип тумана	Общее число случаев	В % от общего числа случаев
Радиационный	125	41
Адвективный	174	57
Морозный	3	2
Все типы туманов	302	100

Возле аэродрома Тикси наиболее чаще образуются адвективные туманы. Повторяемость туманов зависит от таких факторов как: состояния подстилающей поверхности, t и f .

3.1 Характеристика исходных данных и методика обработки информации.

Для обработки данных использованы дневники погоды АВ-6 для записи ежечасных метеорологических наблюдений в период с 2014 -2018 гг.

Была сделана и проанализирована выборка дней с туманами, время и продолжительность туманов, их интенсивность, характеристики метеорологических элементов в начале образования туманов (скорость ветра, температура и влажность воздуха).

Для определения вида тумана рассматривался характер адвекции температуры и точки росы, суточный ход температуры воздуха. По аэродрому Тикси рассматривалось два типа туманов: радиационный и адвективный.

Для каждого тумана были выявлены:

- повторяемость туманов за пятилетний период;
- годовой и суточный ход повторяемости туманов;
- зависимость повторяемости туманов от направления ветра;

- повторяемость туманов по месяцам года в различные часы суток;
- повторяемость туманов различной продолжительности;
- продолжительность туманов;
- повторяемость различной видимости в туманах.

Определены зависимость повторяемости и влияние ветра в разные периоды года и суточный ход тумана. Тёплый период: вторая половина марта, апрель, май, июнь, июль, август, первая половина сентября. Холодный период: вторая половина сентября, октябрь, ноябрь, декабрь, январь, февраль, первая половина марта.

За один случай с туманом принимался, если он наблюдался в один из часовых сроков трёхчасового интервала. Если же в течение трёхчасового интервала туман отмечался в двух или в каждом из трёх часовых сроков, то соответственно записывалось два или три случая с туманом

При расчёте повторяемости за 100 % принималось суммарное за год число случаев с туманом в данном месяце, сроке или за весь период.

При расчёте повторяемости случаев различной продолжительности туманов за 100 % принималось общее число случаев с той или иной продолжительностью за весь период[10,11].

Работу дополняют синоптические ситуации возникновения туманов в районе аэропорта Тикси и приземные карты.

Обработанные значения о туманах были занесены в таблицы. Табличные данные послужили для построения графиков. Они позволяют выявить периоды (месяца, время,) и помочь сингруппе при прогнозировании.

Таблицы и графики годового и суточного хода туманов построены по формату местного времени.

3. 2 Годовой ход повторяемости туманов.

Наиболее наглядное представление о повторяемости туманов в различные сезоны дают графики годового хода.

Для выявления закономерностей годового хода повторяемости туманов составлена таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Годовой ход повторяемости туманов по типам.

Тип тумана		Месяцы											
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Радиационный	Число случаев	-	-	-	17	58	22	-	-	9	19	-	-
	%	-	-	-	14	46	18	-	-	7	15	-	-
Адвективный	Число случаев	-	-	-	-	16	81	26	28	23	-	-	-
	%	-	-	-	-	9	47	15	16	13	-	-	-
Морозный	Число случаев	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	%	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
Все типы туманов	Число случаев	2	-	-	17	74	103	24	28	32	19	-	1
	%	1	-	-	6	24	34	9	9	10	6	-	1

На основании таблицы 3.2 построены графики годового хода для всех типов туманов (рисунок 3.1) и каждого типа тумана отдельно (рисунок 3.2).

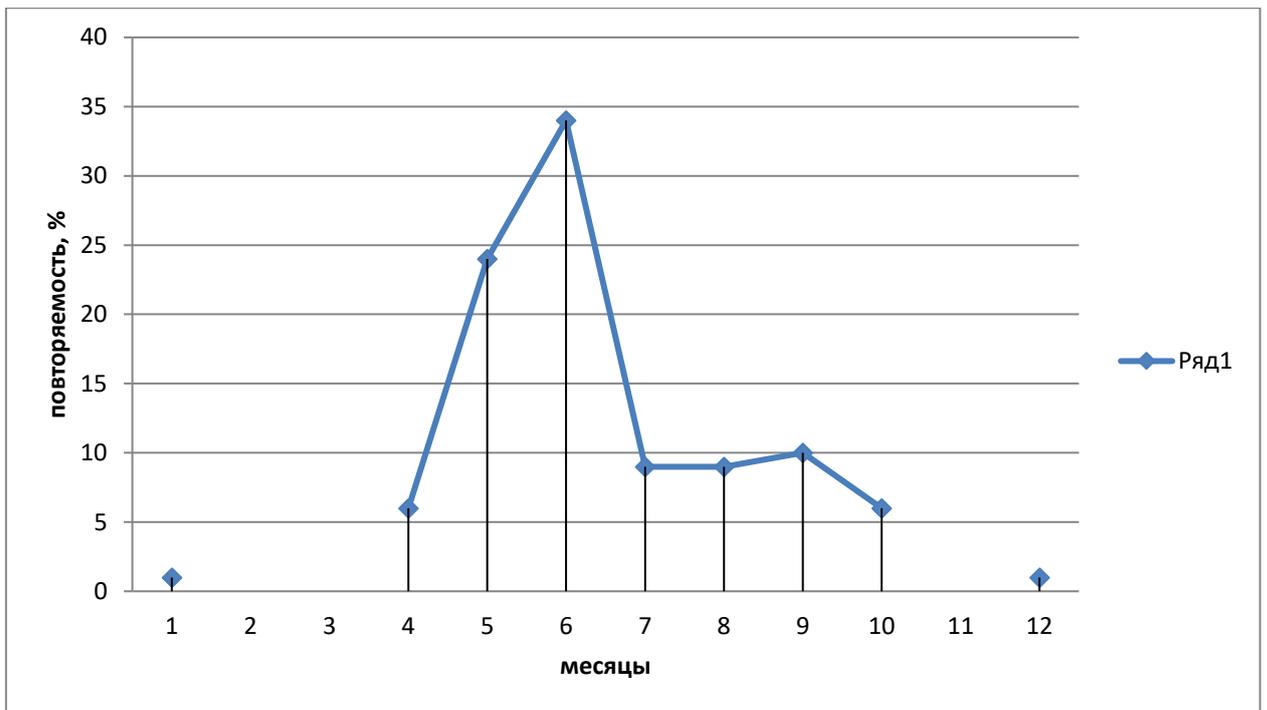


Рисунок 3.1 – Годовой ход повторяемости всех типов туманов.

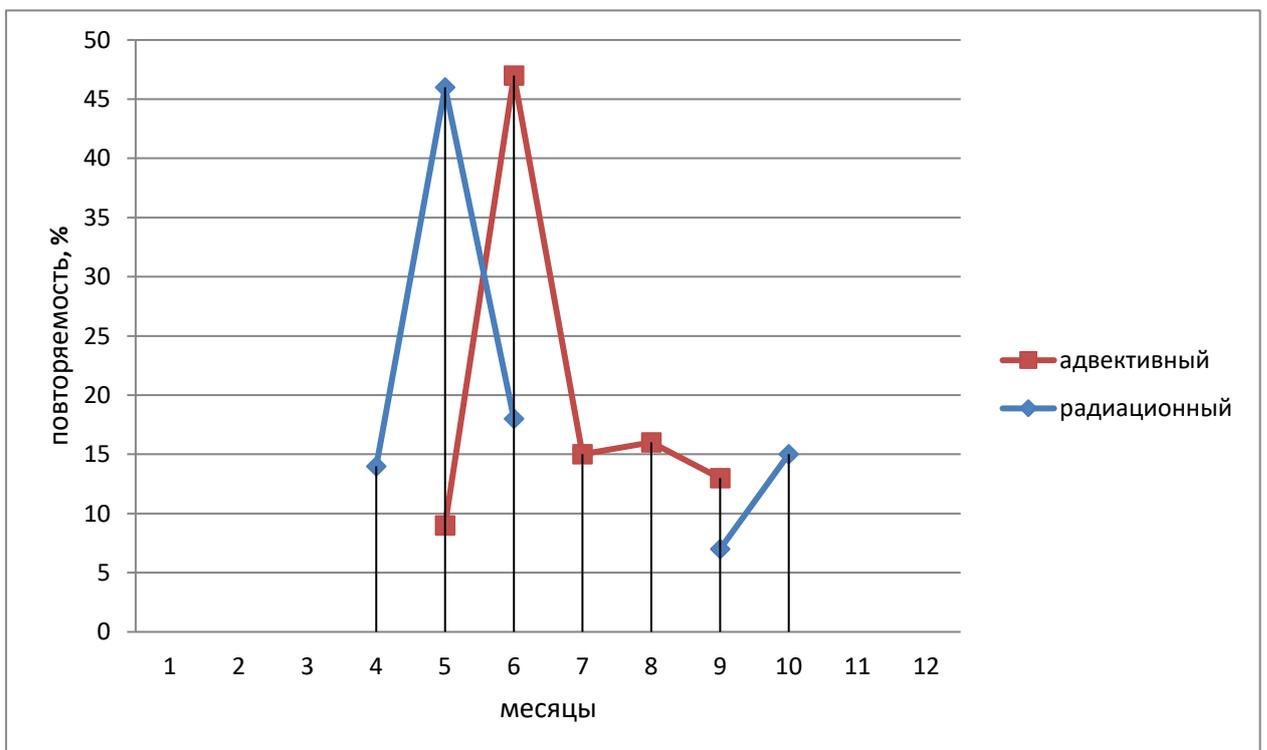


Рисунок 3.2 – Годовой ход повторяемости туманов по типам.

Из графика на рисунке 3.1 видно, что туманы образуются с апреля по октябрь, но наиболее часто они отмечаются в июне (33 %), мае (24%) в июне

(33%). Максимум туманов отмечается в мае –июне. Минимум повторяемости туманов отмечается в апреле (7 %).

Анализируя графики на рисунке 3.2, можно заметить, что:

- Радиационные туманы имеют хорошо выраженный максимум в мае (46%) и октябре (15%). Минимальная повторяемость радиационных туманов отмечается в сентябре (7 %), также редки туманы в апреле их повторяемость составляет 13 %. Не отмечались радиационные туманы с января по апрель, с июля по сентябрь, и с ноября по декабрь.

- Адвективные туманы имеют наибольшую повторяемость в июне (47 %). Наименьшая повторяемость отмечается в мае (8%). Совсем не отмечались Адвективные туманы с января по май и с октября по декабрь.

Таким образом, в результате анализа графиков выявлен годовой ход повторяемости туманов с максимум (июнь) и минимумам (октябрь).

Для Амсг Тикси наиболее часты туманы в мае-июле месяцах. Высота верхней границы слоя тумана в среднем колеблется 400-600м. Наиболее характерными являются адвективного, адвективно-радиационного, радиационного.

Адвективные туманы в летний период образуются при поступлении теплого континентального воздуха из районов центральной и северо-восточной Якутии на холодную поверхность моря..

Адвективно-радиационные туманы образуются, как правило, ночью при слабой адвекции тепла и радиационном выхолаживании приземного слоя воздуха в малоградиентном поле или в юго-западной части антициклона, центр которого расположен севернее Новосибирских островов.

Радиационные туманы возникают под слоем приземных инверсий или изотермии при высокой относительной влажности в них и слабом не более 3м/сек ветре. В районе Тикси осенью инверсии возникают вследствие охлаждения воздуха в антициклоне, летом- в результате таяния снега и льда.

Количество туманов в Тикси, особенно в весенне- летний период, зависит от ледовитости моря Лаптевых. Число туманов увеличивается с возрастанием льда. Наиболее сильно влияет ледовитость в июне-июле, когда контрасты температуры воздуха над морями суши наибольшие. Максимум туманов наблюдается над ледяными полями, также благоприятные условия для образования тумана создают большие разводья среди льдов. Характерной особенностью стратификации нижнего слоя атмосферы при тумане является инверсия или изотермия температуры воздуха, начинающаяся от самой поверхности воды или с некоторой высоты.

Наиболее часто туманы повторяются в мае –июне. При ветрах с моря-северной и восточной четверти- туманы приносятся на сушу, в Тикси, часто в виде «зарядов» или волн. Этому способствуют и синопстановка в этот период. На границе суша-море благодаря перестройке атмосферных процессов над морем устанавливается отрог канадского антициклона, над сушей, вследствие увеличения солнечной радиации,- обширная барическая депрессия, образуется так называемый тационарный фронт с волнами. Эти туманы представляют большую опасность, т.к появляются внезапно и внезапно исчезают., без заметного изменения синоптической обстановки.

В августе число туманов уменьшается вдвое. Это связано с тем что море Лаптевых очищается полностью ото льда. Осенние туманы аналогичны летним. Это или ночные радиационные туманы, или туманы, выносимые с моря в виде «волн» или «зарядов».

3.2 Суточный ход повторяемости туманов.

Образования туманов зависит не только от времени года, но и от времени суток. Графики суточного хода довольно точно позволяют определить, в какое время суток следует обратить внимание на прогнозирование туманов.

Для выявления суточного хода повторяемости туманов составлена таблица 3.2 для холодного и тёплого периодов года.

Таблица 3.2– Повторяемость туманов в различные часы суток по периодам года.

Тёплый период									
Тип тумана		Часы (время местное)							
		00-03	03-06	06-09	09-12	12-15	15-18	18-21	21-00
Радиационный	Число случаев	20	26	18	13	6	4	6	11
	%	19	25	17	12	6	4	6	11
Адвективный	Число случаев	5	12	33	35	28	16	14	10
	%	3	8	22	23	18	10	9	7
Все типы туманов	Число случаев	25	38	51	48	34	20	20	21
	%	10	15	20	19	13	7	7	9
Холодный период									
Тип тумана		Часы (время местное)							
		00-03	03-06	06-09	09-12	12-15	15-18	18-21	21-24
Радиационный	Число случаев	4	3	3	2	-	-	5	4
	%	19	14	14	10	-	-	24	19
Адвективный	Число случаев	-	-	3	5	7	4	2	-

	%	-	-	14	24	33	19	10	-
Все типы туманов	Число случаев	4	3	6	7	7	4	7	4
	%	9	8	14	17	17	9	17	9
Всего за год	%	11	14	19	18	13	8	9	8

По данным таблицы 3.2 построены графики суточного хода по трёхчасовым интервалам, на которые разбиваются сутки при составлении авиационных прогнозов погоды.

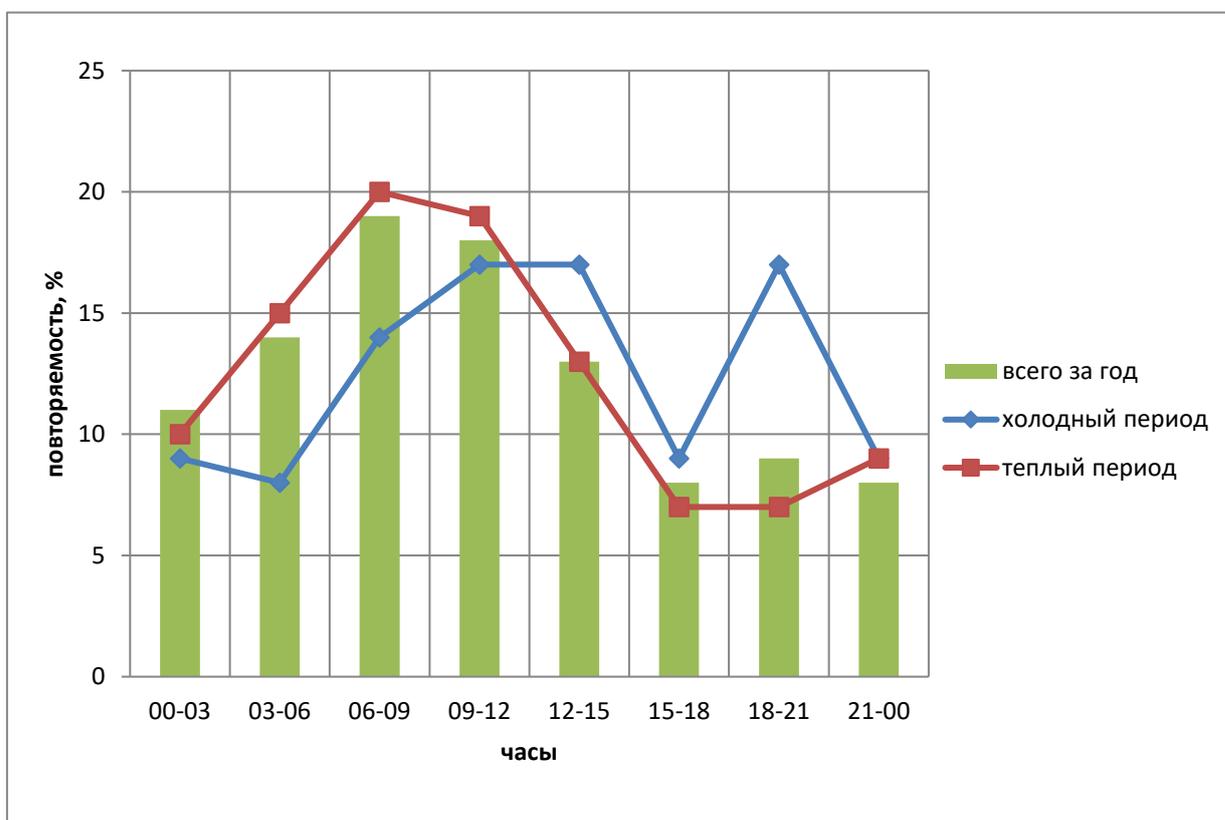


Рисунок 3.3 – Суточный ход повторяемости туманов для различных периодов года.

Из таблицы 3.2 и графиков на рисунке 3.3 видно, что в холодный период года туманы чаще всего возникают в сроках с 03 до 15 часов и с 18 до 21 часов, а максимум повторяемости (17 %) приходится на срок с 18 до 21 часов.

В тёплый период большинство туманов образуется в сроки с 00 до 15 часов, максимум повторяемости (20 %) наблюдается с 06 до 12 часов.

Почти 50 % всех туманов приходится от 03 до 12 часов, 36 % – с 20 до 03 часов и лишь 8 % с 15 до 18 часов.

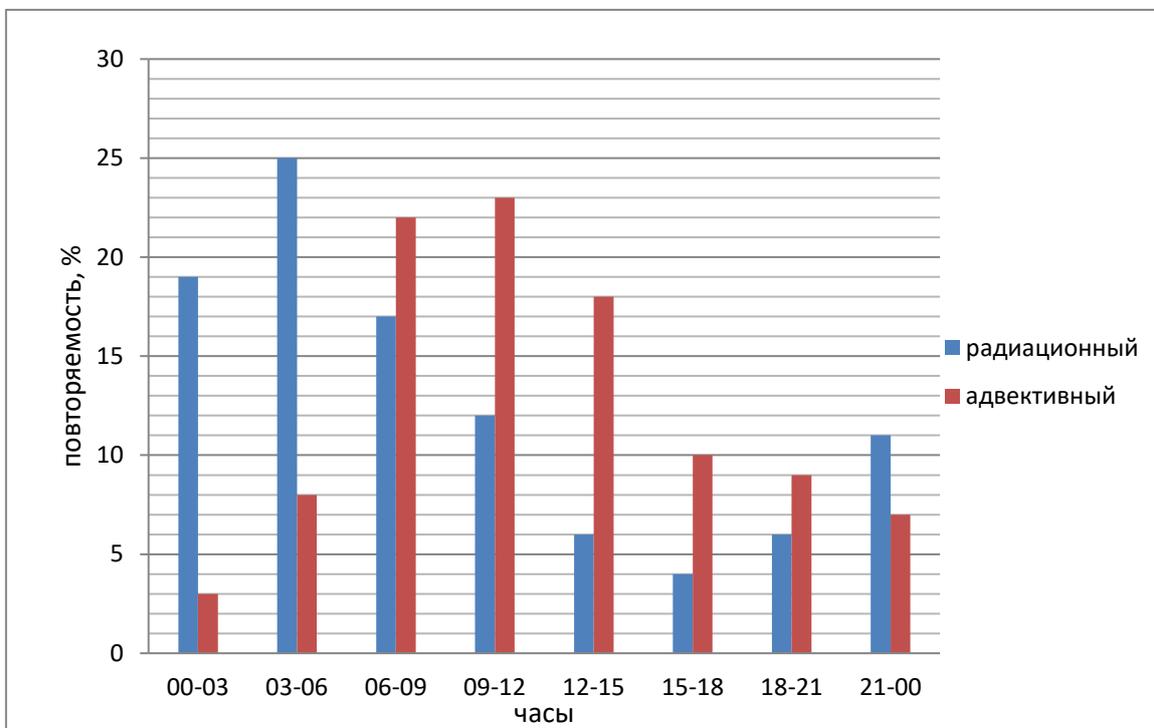


Рисунок 3.4 – Суточный ход повторяемости туманов в тёплое полугодие.

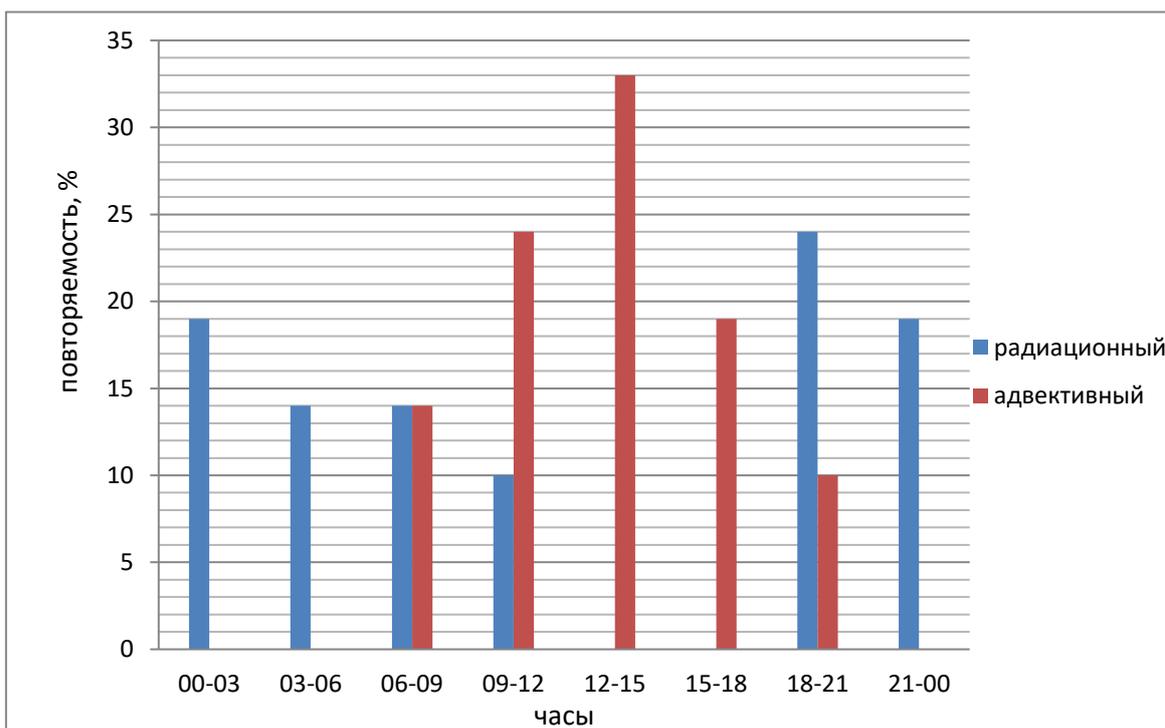


Рисунок 3.5 – Суточный ход повторяемости туманов в холодное полугодие.

Проведя анализ таблицы 3.2 и графиков на рисунках 3.4 и 3.5 можно заметить что:

- Радиационные туманы в тёплое полугодие образуются во все сроки, максимумом их образование 25% приходится на срок с 03-06 меньше возникают с 12-21. В холодный период туманы образуются в срок с 18 до 12, кроме периода с 12 до 18 часов, максимум их образования 23% приходится на срок с 18 до 21 часов.

- Адвективные туманы, так же как и радиационные, в тёплое полугодие образуются в сроки во все сроки максимум приходится с 06-12 часов, а минимум с 00-03 часов. В холодное полугодие туманы этого типа возникают с 06 до 21 часа. Максимум отмечается в срок с 12 до 15 часов 33%.

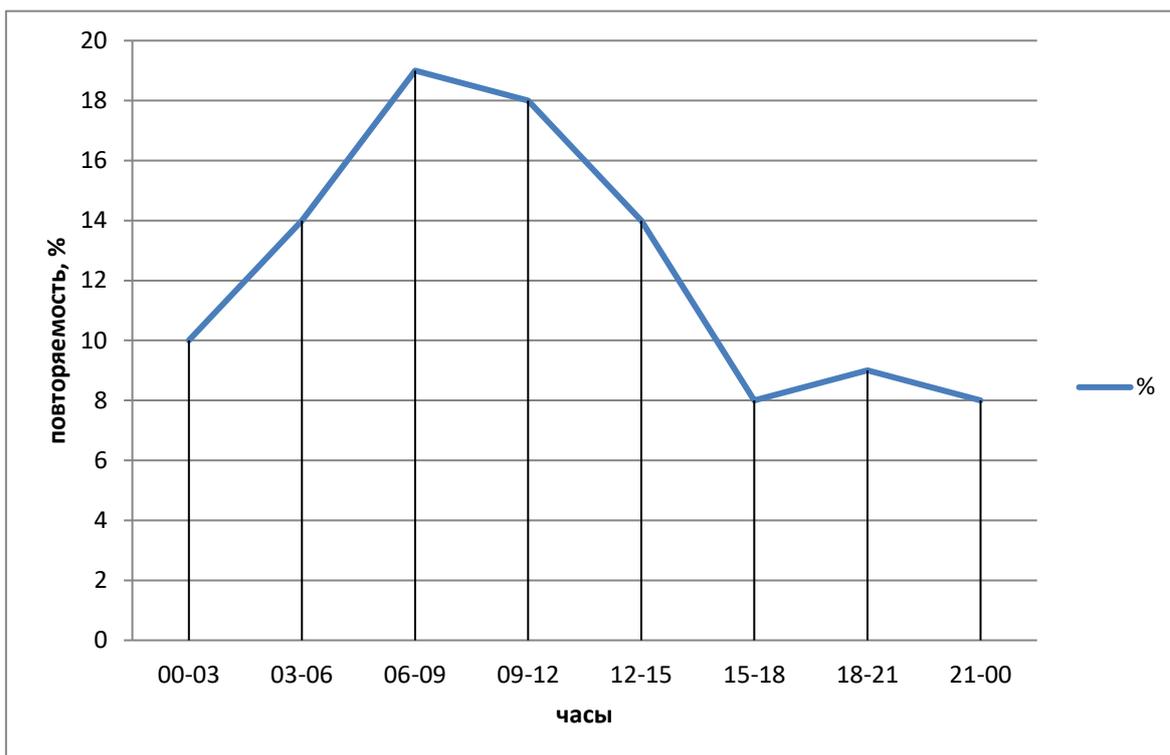


Рисунок 3.6- Повторяемость туманов в течении суток по часам.

Из анализа таблиц 3.2 и графиков на рисунках 3.3 – 3.6 видно, что максимальное число случаев возникновения туманов приходится на утренние часы, с дневным прогревом туманы образуются реже. В холодный период, туманы отмечались и с 06 до 15 часов, это связано с низкими температурами воздуха (после ночного выхолаживания).

3.3 Зависимость повторяемости туманов от направления ветра у земли.

В последнее время широкое применение находят комплексные характеристики. Наглядной характеристикой является повторяемость туманов при различных направлениях ветра у земли.

Зависимость повторяемости туманов по типам от направления ветра у земли таблица 3.4 на основе таблицы построены розы повторяемости для всех типов туманов (рисунок 3.7), для радиационного и адвективного тумана (рисунок 3.8).

Таблица 3.4– Повторяемость туманов по типам при различных направлениях ветра у земли.

Тип тумана		Направление ветра (в градусах)												
		штиль	350-010	020-040	050-070	080-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340
Радиационный	Число случаев	30	11	6	-	21	9	17	1	-	-	6	9	32
	%	-	10	5	-	20	8	15	1	-	-	5	8	28
Адвективный	Число случаев	43	16	10	6	24	38	16	3	2	1	4	2	9
	%	-	12	8	4	18	29	12	2	2	1	3	2	7
Все типы туманов	Число случаев	73	27	16	6	28	47	33	4	2	1	10	11	41
	%	-	12	7	3	12	21	14	2	1	1	4	5	18

Примечание – % повторяемости рассчитывался без учета штилей; направление ветра указано без магнитного склонения

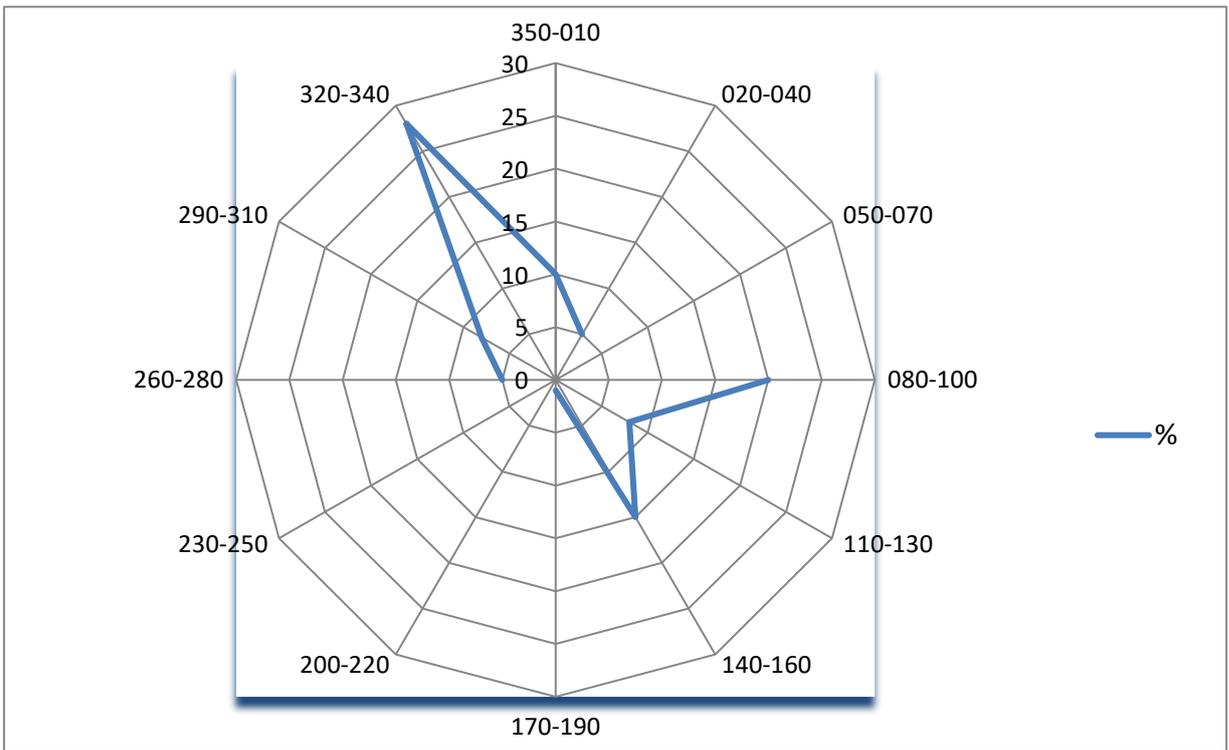


Рисунок 3.7 – Роза ветров. Общая зависимость повторяемости туманов от направления ветра у земли.

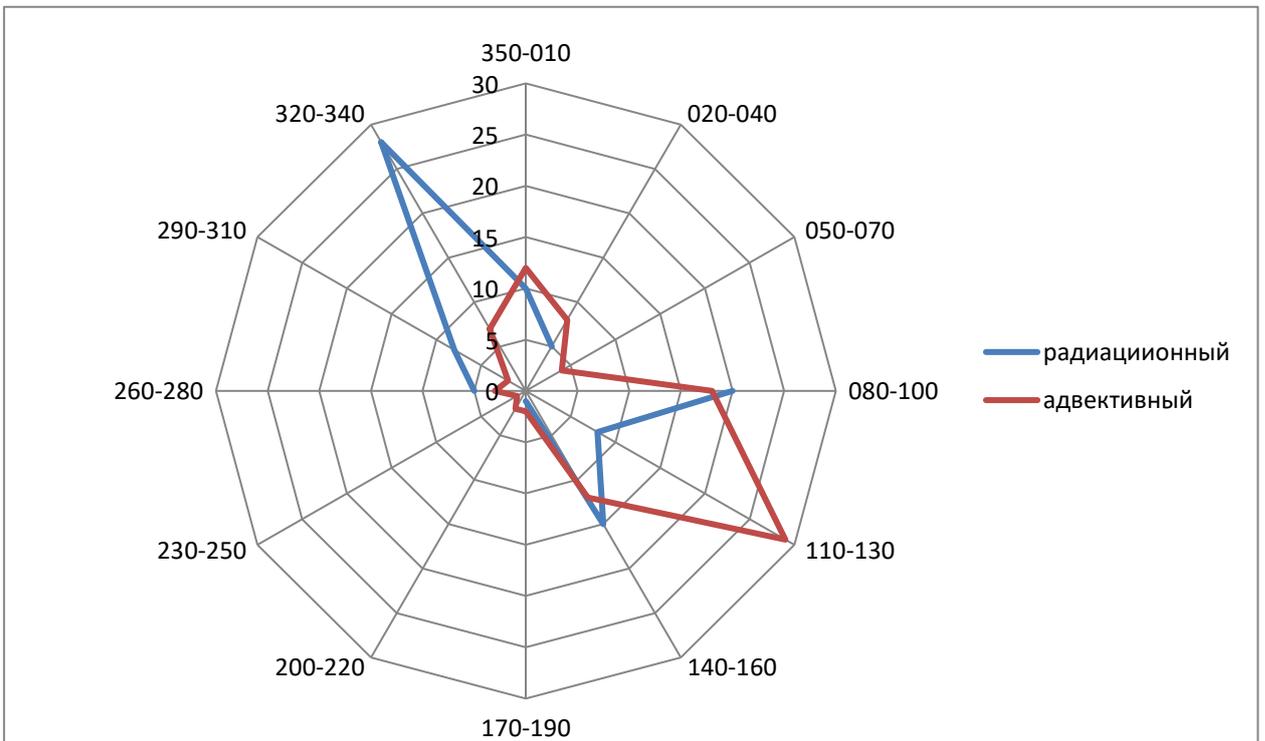


Рисунок 3.8 – Роза ветров. Зависимость повторяемости туманов по типам.

Анализируя таблицу 3.4 и рисунки 3.7 – 3.8 , можно заметить, что в 47 % туманы образуются при направлении ветра 080° - 160°, и в 30 % при ветрах 320° - 010°.

Рассматривая повторяемость радиационного и адвективного типов туманов от направления ветра у земли, можно заметить, что:

- Радиационные туманы образуются в основном при направлении ветра 080° - 160° и 260° - 020°. Максимум повторяемости радиационных туманов 28% отмечается при ветрах 320° - 340°;

- Адвективные туманы в 59 % образуются при ветрах 080° - 160° и в 20 % туманы образуются при направлении ветра 350° - 040°.

Увеличение повторяемости туманов при северных и восточных направлениях ветра связано с поступлением холодного воздуха с акватории море Лаптевых, и при радиационном выхолаживании.

3.4 Продолжительность туманов.

Важной характеристикой туманов является непрерывная продолжительность тумана. Продолжительность туманов также как и частота, их повторяемости играет немаловажную роль в обеспечении полётов.

Данные о числе случаев с туманами различной продолжительности по месяцам года занесем в таблицу 3.5 и на основании этих данных построим графики повторяемости туманов различной продолжительности за исследуемый период и распределение продолжительности туманов по месяцам с указанием максимальной продолжительности.

Таблица 3.5 – Число случаев с туманом различной продолжительности по месяцам года.

Σ	Продолжительность (в часах)	Общая	Макси
---	-----------------------------	-------	-------

	≤0.5	0.5-1	1.1-3	3.1-6	6.1-9	9.1-12	>12		%	маль ная	%
01	–	–	-	–	-	–	–	-	-	-	-
02	–	-	-	–	–	–	–	-	-	-	-
03	-	-	-	-	–	–	–	-	-	-	-
04	2	4	6	3	2	–	–	47 ч	5	8ч	12
05	-	17	26	18	6	5	2	270ч	26	13ч	19
06	4	14	32	26	19	5	3	429 ч	42	14ч	21
07	5	8	6	5	2	–	–	61 ч 30мин	6	8ч 30мин	12
08	3	5	9	7	3	1	–	85 ч 30мин	9	11ч	16
09	5	7	12	6	2	-	–	78ч 30мин	8	7ч	11
10	6	6	3	2	2	-	–	46ч	4	6ч	9
11	-	-	-	-	-	–	-	-	-	-	-
12	-	-	–	-	-	–	-	-	-	-	-
								1017ч 30мин	100	67ч 30мин	100
Всего	25	61	94	67	36	11	5	299			
%	9	20	31	22	12	4	2	100			

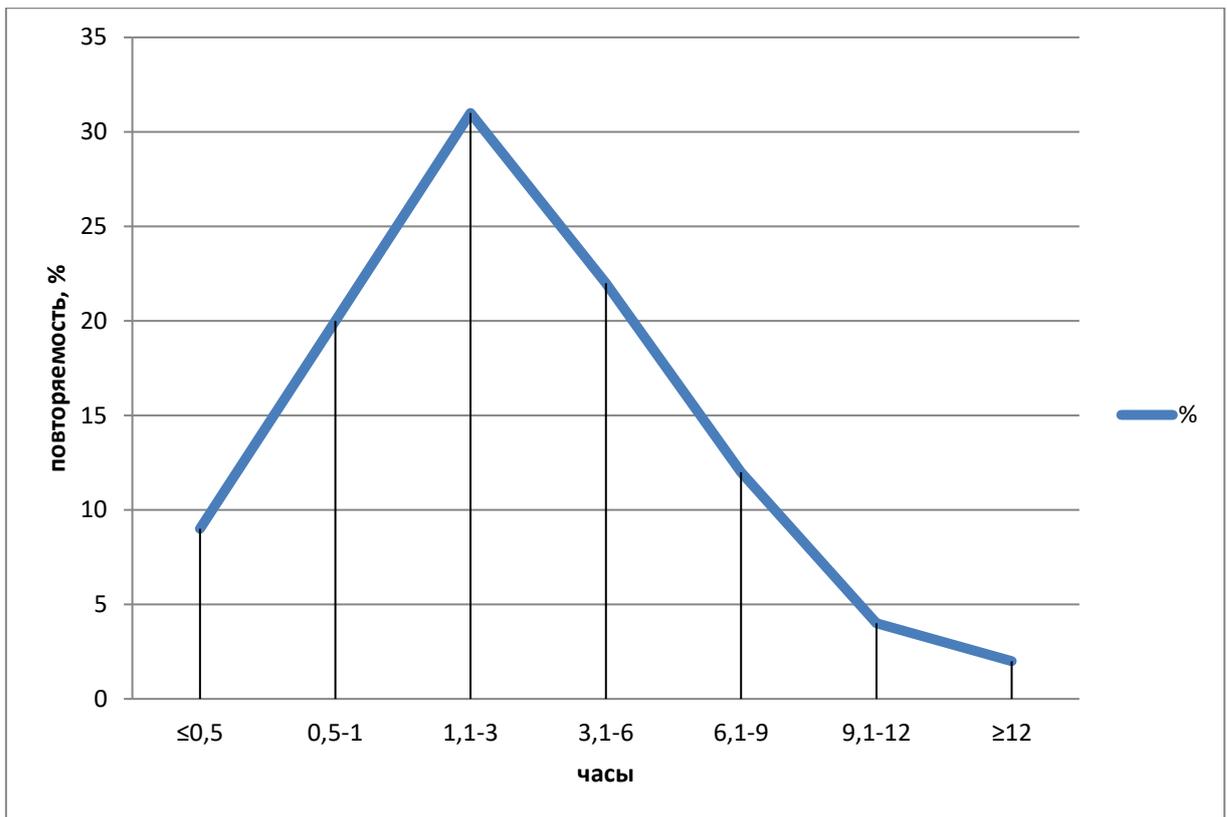


Рисунок 3.9 – Повторяемость туманов различной продолжительности за период 2014 – 2018 гг.

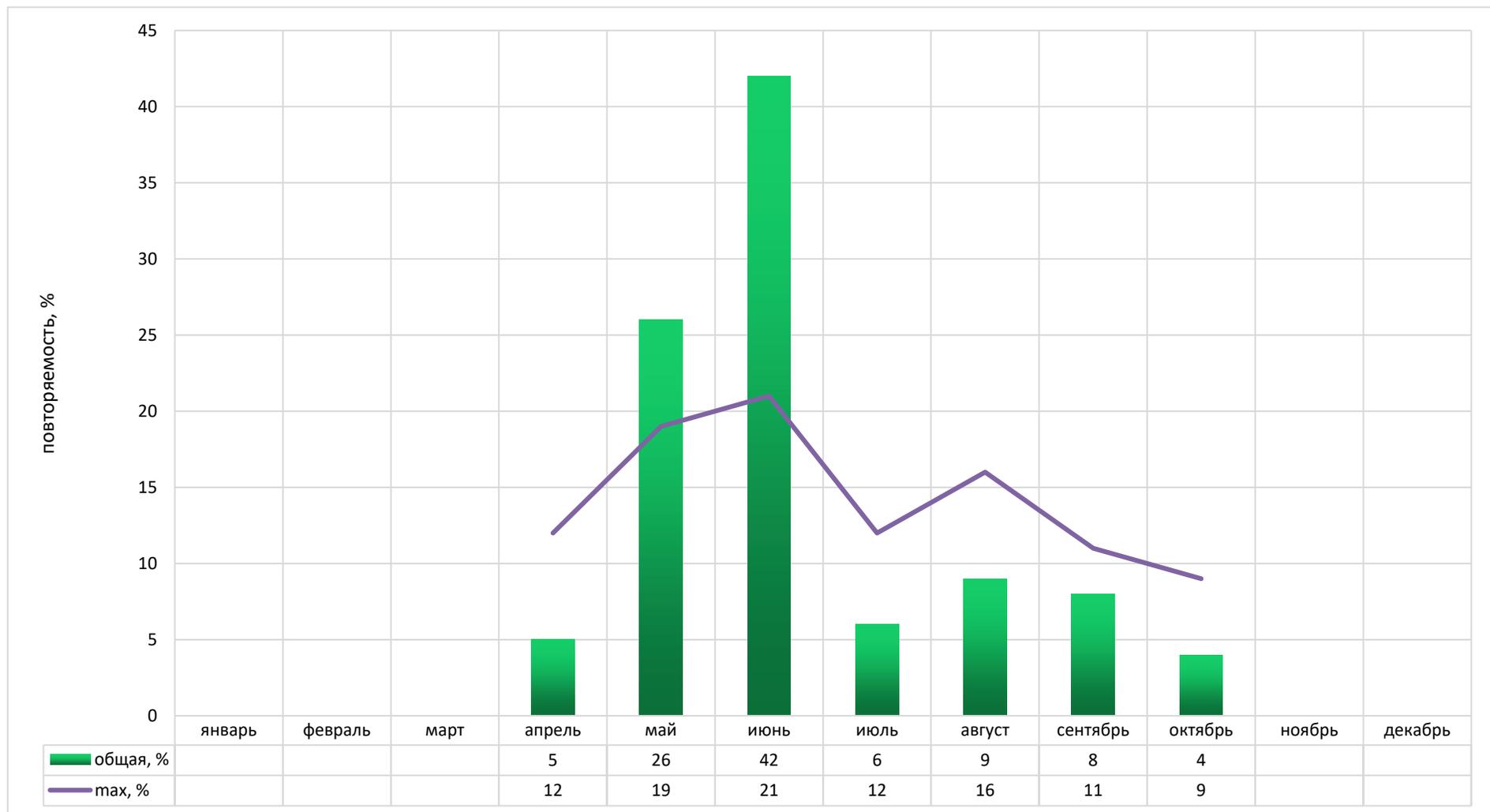


Рисунок 3.10- Продолжительность туманов по месяцам года.

Анализируя таблицу 3.5 и рисунок 3.10, можно сказать, что наиболее продолжительные туманы отмечаются с мая по июль. В этот период в июне максимальная продолжительность одного случая тумана составляет 14 часов или 21 %.

Наименее продолжительны туманы в июле и октябре. Минимальная продолжительность одного случая тумана в октябре составляет 00 часов 30 минут или 1 %.

В период с мая по июль наиболее часто происходит образование туманов, за счёт таяние льдов и открытых участков воды, продолжительность туманов в этот период наибольшая.

Наиболее неблагоприятным периодом для выполнения полётов является весенний период. Из-за продолжительных и частых туманов нарушается регулярность полётов, что влечёт за собой большие экономические потери для авиации. Так при уходе на ближайший запасной аэродром самолёта АН-24 при неблагоприятных метеорологических условиях в аэропорту Тикси, авиапредприятие несёт потери около 3500 тысяч рублей. Наземное обслуживание одного борта в аэропорту Тикси оценивается в 60 тысяч рублей в час, и если учесть, что туманы с продолжительностью от 1 до 6 часов составляют 53 % от числа всех наблюдающихся, то можно сказать что при задержке вылета это тоже немалые экономические потерь.

3.5 Повторяемость различной видимости в туманах.

Туманы и дымка создают сложные климатические условия для взлета и посадки Воздушного судна из-за резкого ухудшения видимости. Анализ туманов по видимости крайне важен для полной оценки влияния туманов на полеты[12].

Проводить анализ повторяемость туманов различной интенсивности будем в зависимости от степени ухудшения видимости:

- слабой интенсивности (видимость 510 – 900 м);
- умеренной интенсивности (видимость 210 – 500 м);
- сильной интенсивности (видимость 50 – 200 м).

Таблица 3.6 – Повторяемость различной видимости в туманах.

МДВ, м	Месяцы												Всего	%
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
510 – 1000	2	-	-	6	29	31	16	13	19	12	-	1	129	43
210 – 500	-	-	-	11	45	72	10	15	13	7	-	-	173	57
200 – 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

На основании данных таблицы 3.6 построим графики.

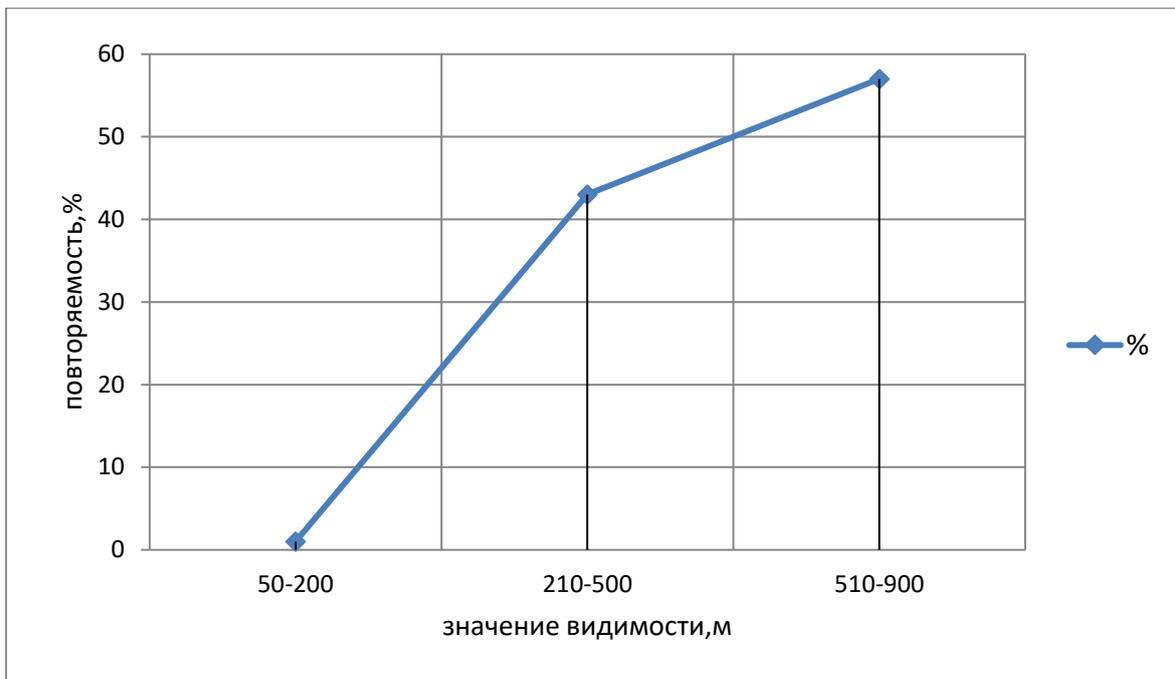


Рисунок 3.11 – График повторяемости туманов различной интенсивности за период 2014 – 2018 гг.

Как видно из рисунка 3.11 в районе аэродрома Тикси преобладают туманы слабой интенсивности, что составляет 55 %. Туманы сильной интенсивности совсем не наблюдаются.

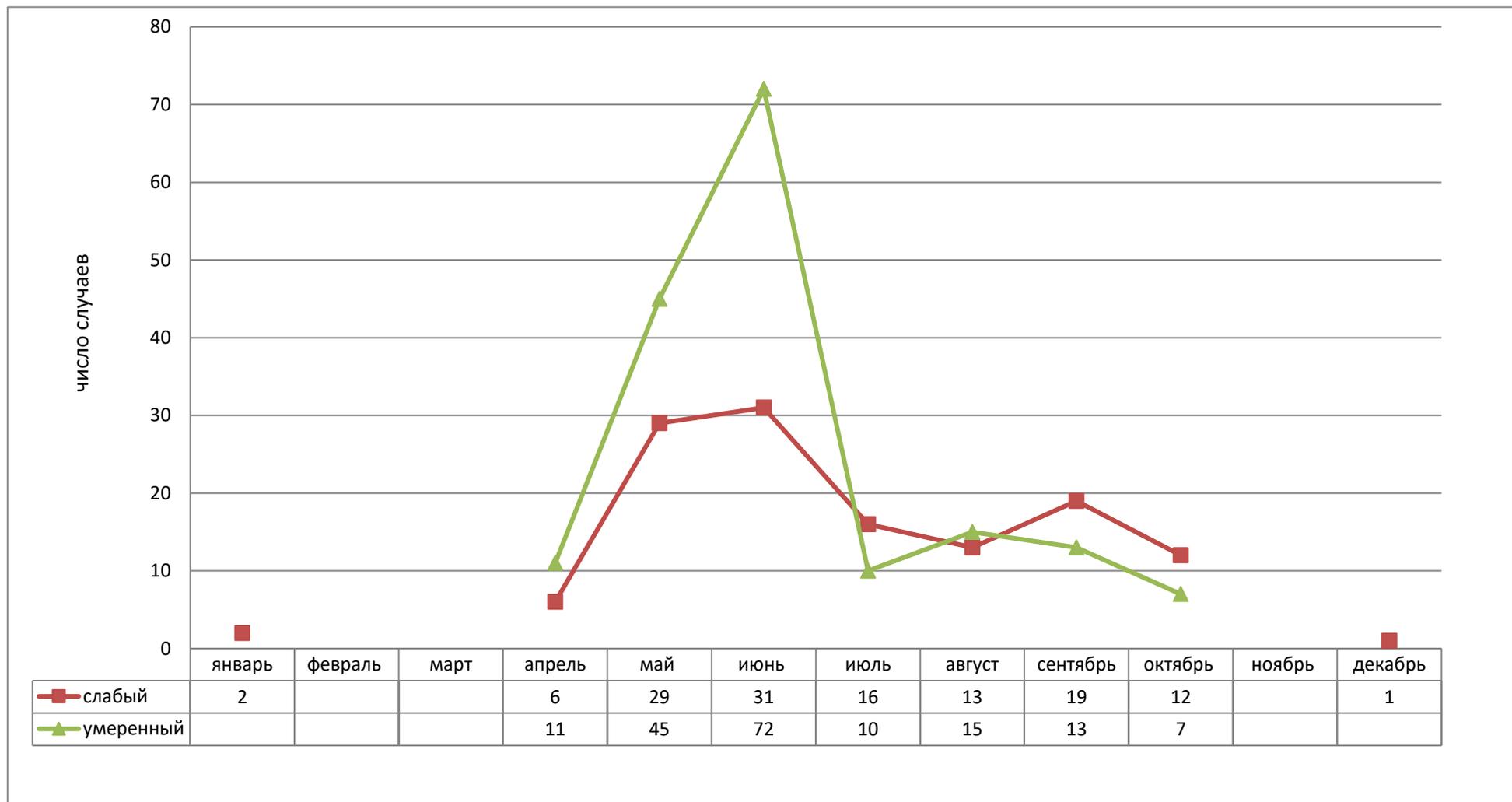


Рисунок 3.12 – Повторяемость туманов различной интенсивности по месяцам.

Анализируя рисунок 3.12, можно сказать, что наиболее интенсивные туманы наблюдаются в мае, июне и июле сентябре. Наибольшее количество умеренных туманов (72 случаев) отмечено в июне.

Увеличение интенсивности туманов в эти периоды происходит благодаря присутствию в воздухе большого количества влаги. Дополнительно на интенсивность влияет наличие водных объектов (реки, озера, заболоченные места) в окрестности аэродрома.

Туманы слабой интенсивности преобладают в июле и в период с сентября по октябрь. Максимальное число случаев слабых туманов отмечается в июне (31 случай).

Дальность горизонтальной видимости является одним из критериев минимумов погоды. Для аэродрома Тикси для посадки установлены следующие основные минимумы: с МКп = 205° – 100*1500, с МКп = 25° – 360*3000. Для взлёта ВС установлен минимум по видимости – 300 м.

Анализ рисунков 3.11 и 3.12 ещё раз подтверждает, что самым неблагоприятным периодом, когда нарушается регулярность полётов это весенний период.

3.6 Типичные синоптические ситуации при возникновении туманов в районе аэродрома Тикси.

Наиболее благоприятными синоптическими ситуациями, при которых возникают туманы, являются центральная часть антициклона, тёплый сектор циклона и прохождение фронтов.

Рассмотрим некоторые типичные синоптические положения при возникновении туманов в районе аэродрома Тикси.

1. На рисунке 3.13 приведена синоптическая ситуация возникновения адвективного тумана в теплом секторе циклона, смещающегося с юга на север.

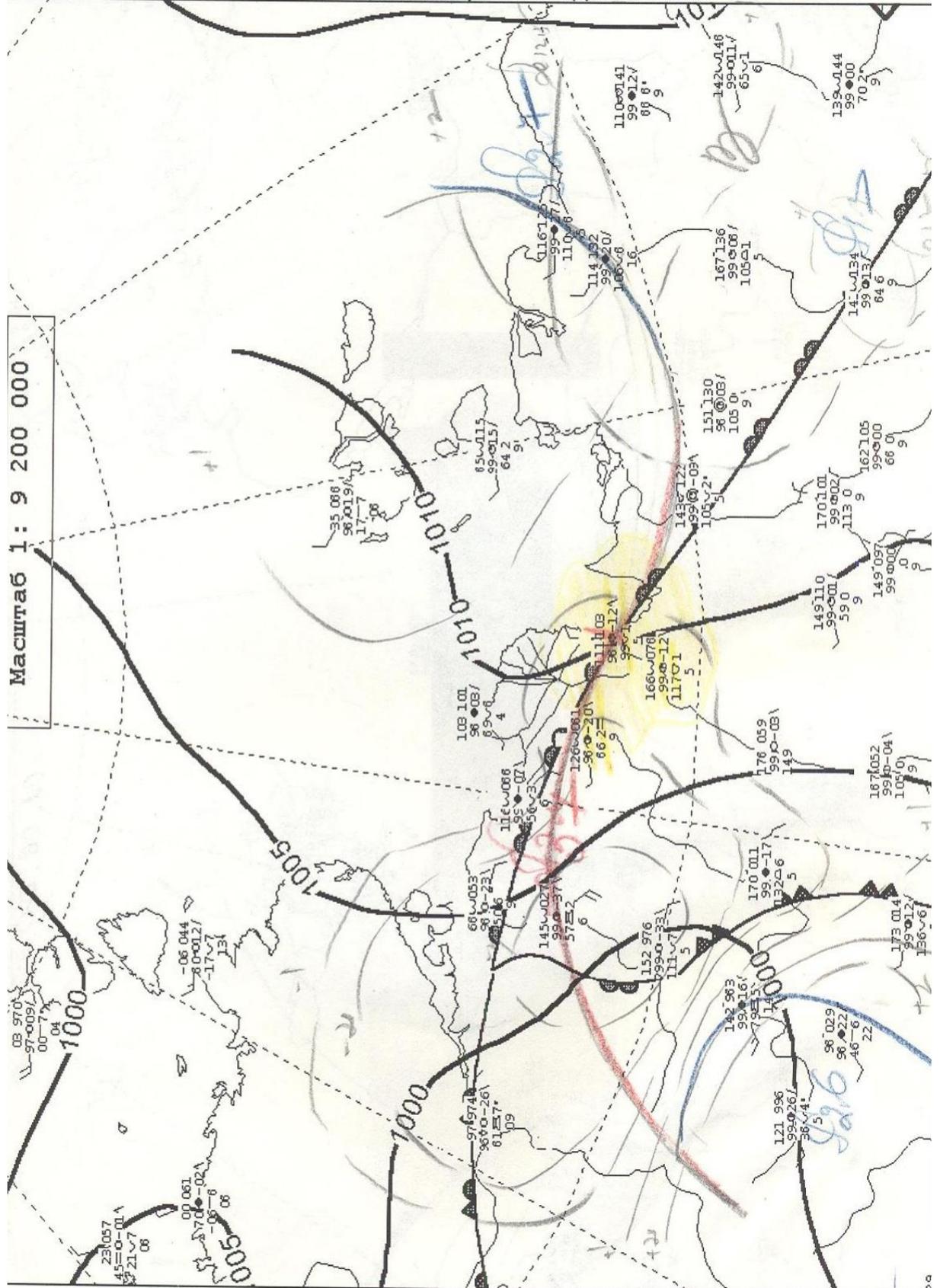


Рисунок 3.13 – Адвективный туман в тёплом секторе.

При такой синоптической обстановке туманы образуются при поступлении теплого континентального воздуха на холодную поверхность моря и представляют собой результат охлаждения относительно теплой и влажной воздушной массы в процессе ее перемещения на более холодную подстилающую поверхность в теплом секторе циклона. В данном случае зона тумана в тёплом секторе смещается вместе с тёплым сектором.

2. Типичное синоптическое положение возникновения радиационного тумана за холодным фронтом в тылу циклона представлено на рисунке 3.14.

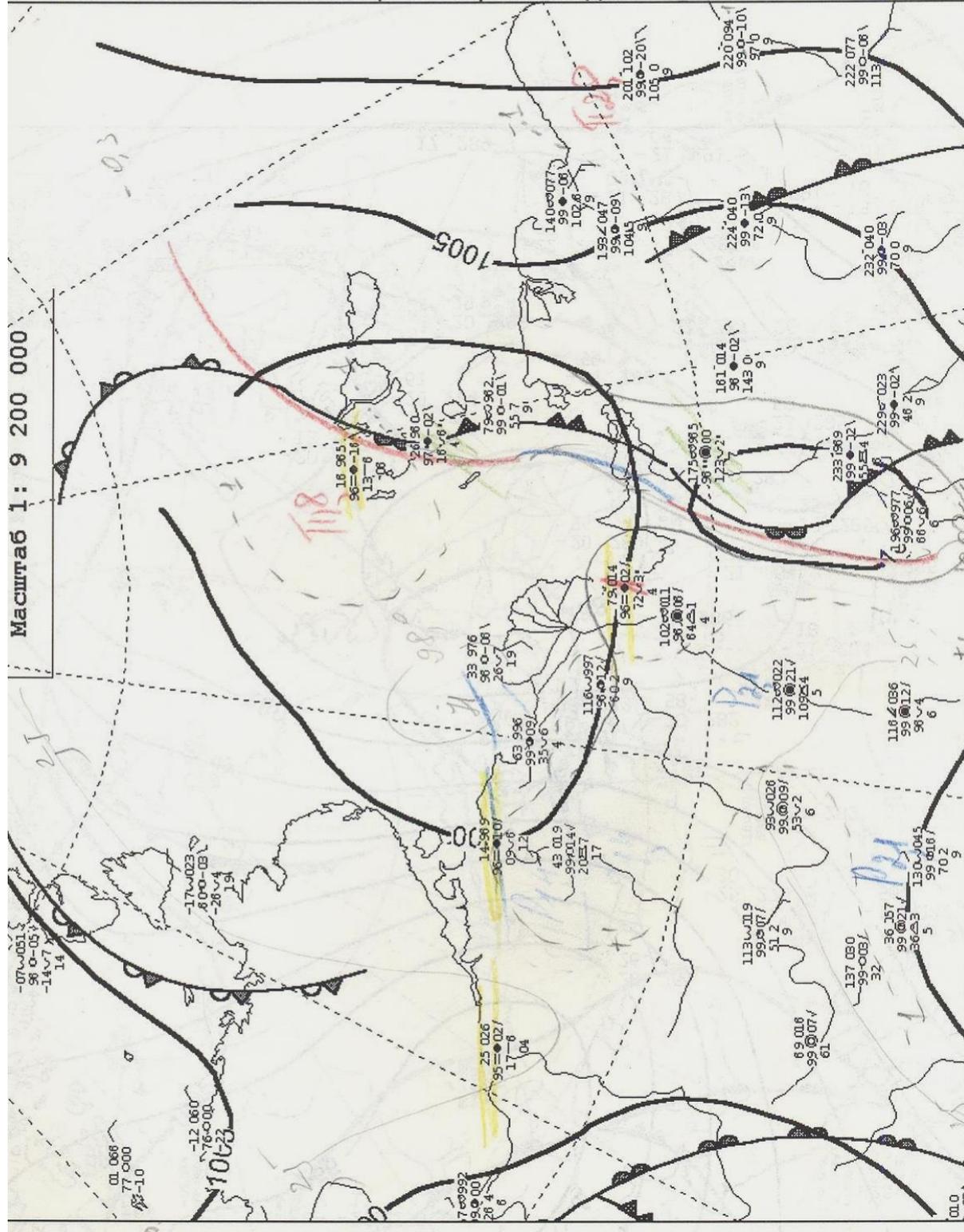


Рисунок 3.14 – Радиационный туман за холодным фронтом.

Радиационные туманы возникают при медленном прохождении холодного фронта когда синоптические процессы развиваются медленно. Благоприятными условиями должны быть не большие контрасты температуры, значительная относительная влажность и слабый ветер.

3. Радиационный туман в центре антициклона (рисунок 3.15).

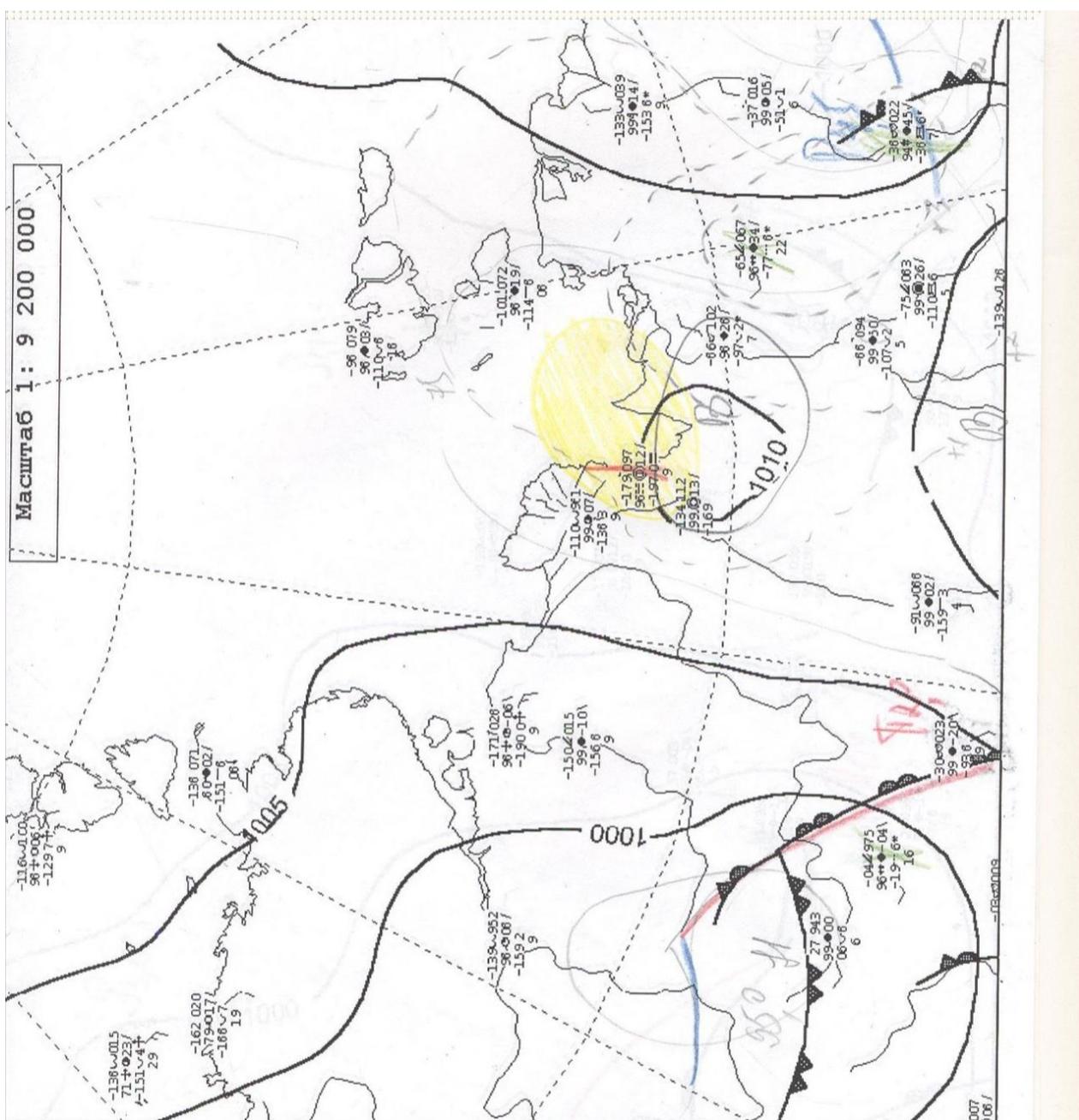


Рисунок 3.15 – Радиационный туман в центре антициклона.

Туманы возникают в устойчивой воздушной массе полярного воздуха. Днём стоит безоблачная или малооблачная погода с полным прояснением к ночи. Происходит значительное радиационное выхолаживание приземного слоя воздуха. При такой синоптической обстановке туманы образуются преимущественно в сентябре и апреле.

Синоптический анализ показывает, что весенне-летний период является наиболее благоприятным для возникновения туманов всех типов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе собран фактический материал о туманах за период с 2014 по 2018 гг, позволивший определить условия образования туманов в районе аэродрома Тикси.

1. В годовом ходе повторяемости туманов максимум приходится на весенне- летний период, и минимум – осенне-зимний.

2. В суточном ходе максимум повторяемости туманов приходится на период с 06 до 15 часов в холодный период года и с 03 до 15 часов в тёплый период. Большинство туманов образуется в утреннее и вечерние часы.

3. Максимальное число повторяемости туманов приходится на ветры северного, восточного направления.

4. Наибольшая продолжительность туманов отмечается с мая по июль. Максимум приходится на июнь, когда общая продолжительность составляет 270 часов. Самый продолжительный туман (14 часов) наблюдался в июне.

5. Преобладают туманы слабой интенсивности (55% от общего числа). Количество умеренных туманов возрастает в июне.

6. В районе аэродрома преобладают туманы адвективного происхождения. Характерной синоптической обстановкой для образования туманов является центральная часть антициклона, тёплый сектор циклона и прохождение фронтов.

7. Дополнительными факторами туманообразования являются: наличие водных объектов (реки, озера, заболоченные места) в окрестности аэродрома.

8. Наиболее благоприятные условия для работы авиации создаются в период сентябрь – март.

Наиболее благоприятные часы суток – с 15 до 18 часов местного времени, наименее благоприятные – утренние часы и вечерние.

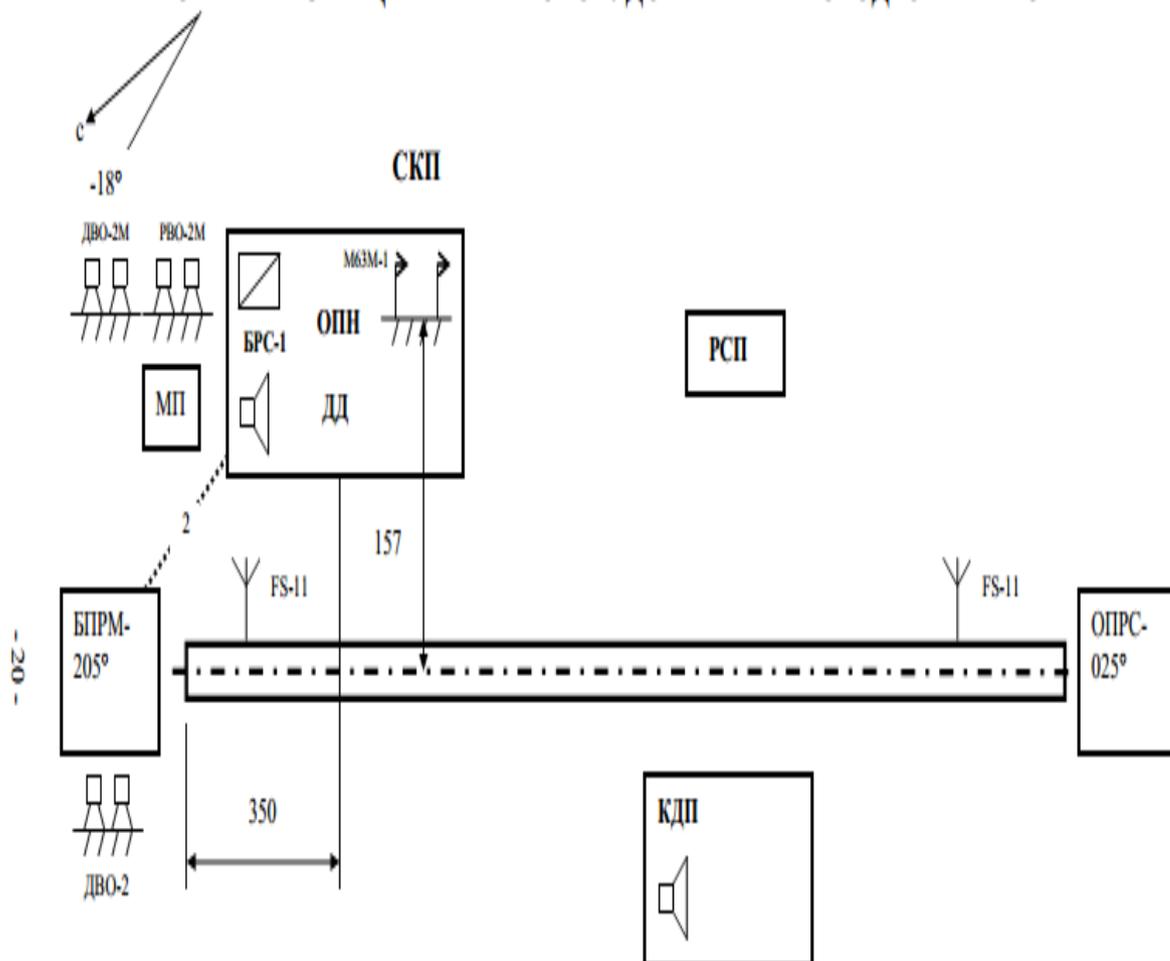
9. Выводы: проанализированные данные условий образования туманов, могут быть рекомендованы для использования в работе, а также для составления климатического описания аэродрома, и оказать существенную помощь при планировании работы аэропорта и выполнения рейсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранов А.М. Авиационная метеорология [Текст] / А.М.Баранов, Н.И.Мазурин, С.В.Солонин, И.А.Янковский. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 287 с.
2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть 1 [Текст] – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 703 с.
3. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии [Текст] / О.Г.Богаткин. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 339 с .
4. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы [Текст] / Л.Т.Матвеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 640 с.
5. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации [Текст] – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 302 с.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть 2 [Текст] / Отв.ред.Н.В.Сагатовский. – Л: Гидрометеиздат, 1965. – 492 с.
7. Зверев А.С. Синоптическая метеорология [Текст] / А.С.Зверев.– Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 776 с.
8. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды [Текст] / О.Г.Богаткин – СПб.: Изд. РГГМУ 2-е издание, 2010. – 288 с.
9. Расследование авиационных происшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими факторами. – М.: изд. АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2009. – 109 с.
10. Архив данных журнала АВ-6 АМСГ Тикси с 2014 по 2018г.г.
11. Наровлянский Г.Я. Авиационная климатология [Текст] / Г.Я. Наровлянский. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 267 с.
12. Астапенко П.Д. Погода и полеты самолетов и вертолетов [Текст] / П.Д.Астапенко, А.М.Баранов, И.М.Шварев.– Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 280с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ МЕТЕОБОРУДОВАНИЯ НА АЭРОДРОМЕ ТИКСИ



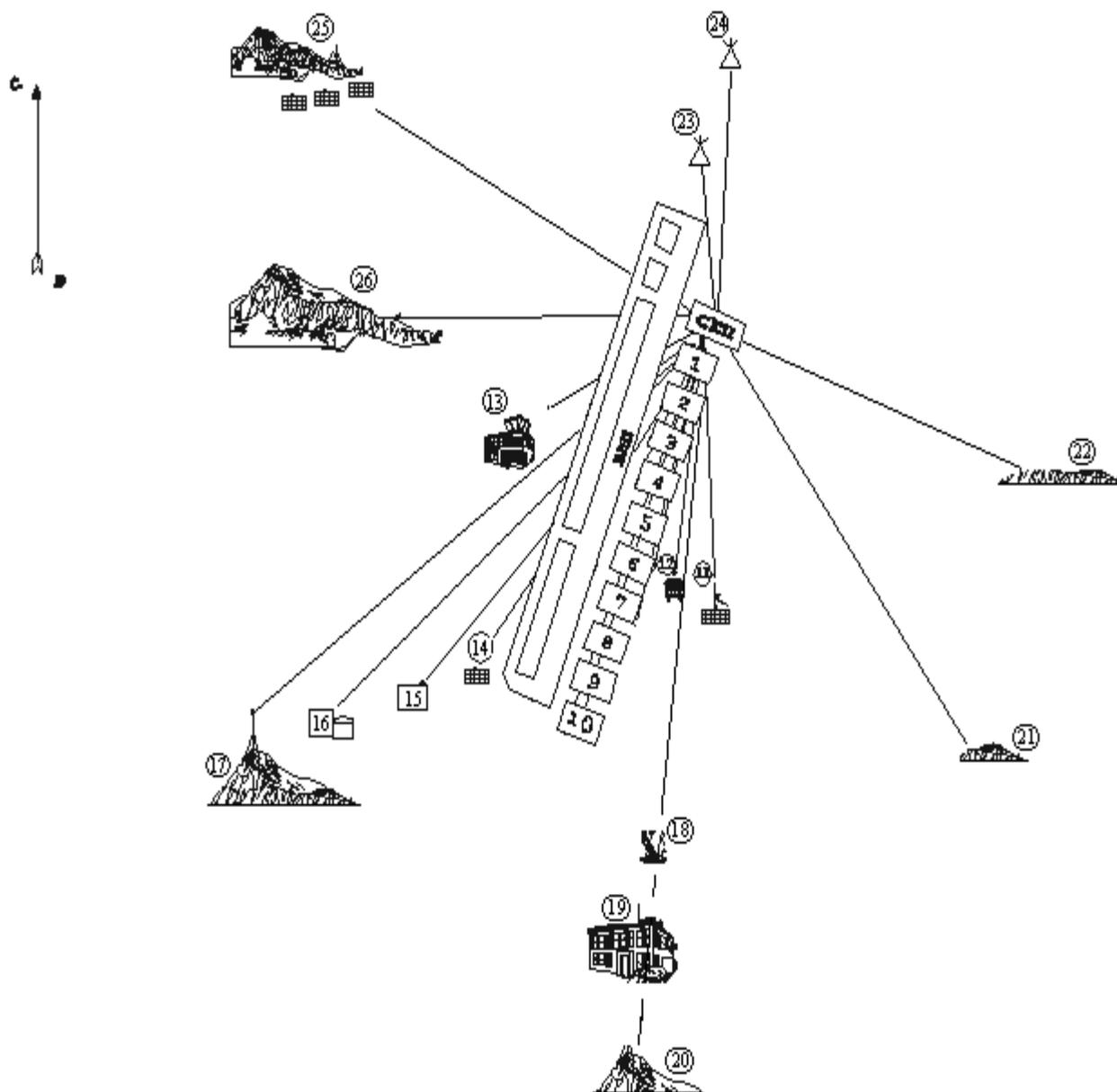
Условные обозначения:

Измерительные преобразователи:
 Параметров ветра (М63М-1, МВ1-2М-М1)
 Высоты нижней границы облаков
 (БПРМ205 – ДВО-2М, на ОПН – РВО-2М, ДВО-2М)

Громко говорящая связь -  ;  - линия связи 2-х проводная
 атмосферное давление (ртутный чашечный барометр типа СР-А) - ДД, БРС-1
 метео площадка МП
 Длина ИВПП посадки - 1800м, ширина - 59 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема ориентиров видимости



Наименование ориентира	Расстояние до ориентира	Азиму	Характерный цвет ориентира	Д/Н ориен	Наименование ориентира	Расстояние до ориентира	Азиму	Характерный цвет ориентира	Д/Н ориен
1.Щит №1	200	Ю	Черно-белый	д/н	14.Трансф. Будк	2500	ЮЮЗ	Черно-белый	д/н
2.Щит №2	300	Ю	Черно-белый	д/н	15. Щит	3000	ЮЗ	Черно-белый	д
3.Щит №3	400	Ю	Черно-белый	д/н	16. Бензобаки	4000	ЮЗ	Серый	д
4.Щит №4	500	Ю	Черно-белый	д/н	17. Мачты ПП ПВО	5000	ЮЗ	Тёмно-серый	д
5.Щит №5	700	Ю	Черно-белый	д/н	18. Край морпорта	7000	Ю	Коричневый	д
6.Щит №6	1000	Ю	Черно-белый	д/н	19. пгт. Тикси-1	8000	Ю	Тёмно-серый	д/н
7.Щит №7	1200	Ю	Черно-белый	д/н	20. г. Лялькина	10000	Ю	Черный	д
8.Щит №8	1500	Ю	Черно-белый	д/н	21. о. Бруснев	7000	ЮВ	Тёмно-серый	д
9.Щит №9	1800	Ю	Черно-белый	д/н	22. Плато	6000	В	Коричневый	д
10.Щит №10	2100	Ю	Черно-белый	д/н	23. БПРМ	1500	ССЗ	Серый	д/н
11.РСБН	1400	ЮЮВ	Красно-белый	д/н	24. ДПРМ	4000	ССЗ	Серый	д/н
12.РСП	1000	Ю	Красно-белый	д/н	25. Ус	6000	З	Темно-серый	д
13.КДП	1300	ЮЗ	Голубой	д/н	26.г. Харагор	4000	ЗЮЗ	Черный	д/н