

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Афанасьева Юлия Сергеевна

**ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ ДЛЯ АВИАЦИИ В СЕВЕРО-
ЗАПАДНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ**

Специальность: 25.00.30 –
метеорология, климатология, агрометеорология

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата
географических наук

Научный руководитель:
к.г.н. профессор Богаткин О.Г.

Научный консультант:
к.г.н. профессор Белоусова Л.Ю.

Санкт-Петербург – 2019

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Классификация опасных явлений и сложных условий погоды для авиации и связанные с ними метеорологические риски.....	13
1.1 Классификация гидрометеорологических явлений и сложных условий погоды для авиации.....	13
1.2 Явления сложные и опасные для полетов.....	22
1.3 Метеорологические риски.....	23
1.4 Понятие риска, его концепции и виды анализа.....	25
1.4.1 Концепции риска.....	28
1.4.2 Показатели риска.....	30
1.4.3 Виды анализа рисков.....	37
Глава 2. Северо-западный федеральный округ. Общая характеристика и описание.....	40
2.1 Общая характеристика региона.....	40
2.2 Климатическое описание аэродромов Северо-Западного федерального округа.....	42
2.2.1 Ленинградская область, Санкт-Петербург.....	42
2.2.2 Петрозаводск (Карелия).....	48
2.2.3 Сыктывкар (Республика Коми).....	54
2.2.4 Воркута (Республика Коми).....	59
2.2.5 Архангельск (Архангельская область).....	65
2.2.6 Нарьян-Мар (Ненецкий автономный округ).....	70
2.2.7 Вологда (Вологодская область).....	75
2.2.8 Мурманск (Мурманская область).....	80
2.2.9 Псков (Псковская область).....	86
2.2.10 Калининград (Калининградская область).....	91
2.3 Общая климатическая характеристика региона.....	96

Глава 3. Разработка методики оценки опасных явлений погоды для авиации и связанных с ними метеорологических рисков.....	101
3.1 Методика оценки опасных явлений погоды с учетом их продолжительности и связанных с ними метеорисков.....	101
3.2 Оценка влияния повторяемости опасных явлений погоды на экономическую эффективность полетов ВС на примере аэродрома Сыктывкар.....	106
3.3 Использование программного решения расчета метеорисков на примере аэродрома Мурманск.....	113
3.4 Оценка повторяемости опасных явлений и сложных метеоусловий в Северо-западном федеральном округе.....	115
Заключение.....	125
Список литературы.....	128
Приложение А.....	145
Приложение Б.....	149
Приложение В.....	153
Приложение Г.....	157
Приложение Д.....	161
Приложение Е.....	165
Приложение Ж.....	169
Приложение И.....	173
Приложение К.....	177
Приложение Л.....	181
Приложение М.....	185

Введение

В последние десятилетия наука о рисках развивается гораздо интенсивнее из-за постоянного увеличения разнообразия и масштаба проявлений риска и связанного с ним экономического и социального ущерба. Все более непредсказуемыми становятся критические ситуации, оказывающие влияние на человека и созданную им антропосферу, которая становится гораздо более чувствительной к проявлениям негативных событий.

Из-за антропогенного влияния на природу нарушается периодичность возникновения опасных явлений погоды, их становится сложнее прогнозировать, а из-за усложнения объектов техносферы увеличиваются негативные последствия в результате реализаций стихийных катастроф. Таким образом развитие антропосферы и расширение зоны влияния и жизни человека ведет к значительному увеличению ущербов от явлений природы

Для России освоение и использование воздушного пространства является одной из главных задач ее развития. Это связано и с огромной территорией страны и с большим количеством удаленных регионов со слаборазвитой транспортной инфраструктурой, с многообразием природных явлений и множеством погодных факторов, оказывающих влияние на людей и все отрасли их деятельности.

Основным показателем эффективности работы Гражданской авиации является обеспечение безопасности полетов. Для ее решения необходимо еще при планировании рассмотреть и учесть всевозможные риски попадания воздушных судов (ВС) в неблагоприятные метеоусловия. И, как правило, метеоусловия являются форс-мажорными обстоятельствами, что значительно усложняет их учет.

Несмотря на совершенствование технического оснащения аэродромов, улучшение качества наземного обеспечения полетов и производство новых ВС, влияние метеорологических условий на выполнение полетов

усиливается, снижая уровень безопасности, регулярность, а в результате и экономическую эффективность гражданской авиации.

Опасные погодные явления и сложные метеорологические условия по-разному оказывают свое влияние на безопасность на различных этапах полета. Взлет ВС усложняется ограниченной видимостью и сдвигом ветра в нижнем пограничном слое атмосферы (до 100 м). Наиболее опасными явлениями погоды при полете по маршруту являются грозовая деятельность, град, турбулентность, вызывающая болтанку, обледенение в облаках и/или осадках, потеря визуального контакта с наземными ориентирами при внезапном попадании ВС в облачность, статическое электричество.

Заход на посадку и посадка могут существенно усложняться ограниченной видимостью, низкой облачностью; дополнительные трудности могут возникнуть при интенсивных ливневых осадках, сдвигах ветра в сочетании с малым коэффициентом сцепления из-за осадков на ВПП.

Следует отметить, что на заключительном этапе полета при посадке ВС метеорологические факторы становятся причинами происшествий в 2-3 раза чаще. [83]

Анализ авиапроисшествий показал, что из всех инцидентов, связанных с метеорологическими условиями, 62% вызваны ухудшением видимости, 11% - грозowymi явлениями, 11% - сильной болтанкой, 7% - обледенением, 9% - другими причинами.

С каждым годом количество авиационных перевозок увеличивается, в том числе и в России. По данным Росавиации внутренние перевозки пассажиров в 2014 году составили 619811 рейсов (количество полетов), а в 2015 году - 683424 рейсов, что на 10,26% больше показателей предыдущего года. Пассажиры по внутренним и международным трассам, было перевезено 157 754 515 человек в 2014 году и 159 324 590 человек в 2015 году. Пассажирооборот по внутренним перевозкам составил 88 879 371,91 тыс.пасс.км в 2014 году и 99 238 142,89 тыс.пасс.км в 2015. Прирост пассажирооборота составил 11,7%. [161]

После периода 2015 – 2016 гг, когда наблюдался небольшой спад объемов производственной деятельности в авиации, в 2017г отмечается рост значений основных показателей гражданской авиации Российской Федерации, используемых для оценки уровня и тенденций изменения безопасности полетов:

По итогам 2017 года было перевезено 105 млн. пассажиров, по отношению к 2016 году увеличение числа перевезенных пассажиров составило 18,5 %. Налет воздушных судов коммерческой гражданской авиации составил 2,96 млн. часов, что на 9 % больше, чем в 2016 году.[10]

По данным ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», в течение 2017 года в воздушном пространстве Российской Федерации было обслужено 3,1 млн. часов налета воздушных судов (по сравнению с 2016 годом обслуженный налет вырос на 8 %). Число обслуженных полетов в 2017 году, по сравнению с 2016 годом, увеличилось на 8,3 % (до 1,5 млн. полетов).

В Государственный реестр гражданских аэродромов Российской Федерации на конец 2017 года было включено 229 аэродромов. [161]

В соответствии с Воздушным кодексом Российской Федерации, гражданская авиация, используемая для предоставления услуг (по осуществлению воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов, почты) и/или выполнения авиационных работ, относится к коммерческой гражданской авиации. При этом основным показателем безопасности полетов в России используется количество катастроф и авиапроисшествий за год. [8] В отличие от РФ, основным глобальным мировым индикатором безопасности, принятым Международной организацией гражданской авиации ИКАО, является число авиационных происшествий на 1 миллион вылетов при выполнении регулярных коммерческих воздушных перевозок на самолетах с максимальной взлетной массой более 2250 кг. За последние 15 лет в России максимальное количество авиационных происшествий и в расчете на 1 млн. вылетов (7,84) наблюдалось в 2010 году.

Если рассматривать все авиационные происшествия за последние 25 лет, то по статистическим данным ИКАО 20% из них связаны непосредственно с метеорологическим фактором и в 30% случаев погодные условия были косвенными или сопутствующими причинами. [83]

По данным «Анализа состояния безопасности полетов в гражданской авиации РФ» в России с 2001 по 2015 гг по метеорологическим причинам произошло 11 катастроф и аварий.[8, 64] В том числе из них:

- по причине обледенения – 2 катастрофы;
- при попадании в грозу – 1 авария и 1 катастрофа;
- при полете в метеоусловиях ниже минимума экипажа ВС – 4 катастрофы и 3 аварии.

На состоявшемся еще в июле 2014 года специализированном совещании по метеорологии в ИКАО было признано, что в настоящее время информация об опасных явлениях погоды не обладает достаточной полнотой, а местами даже полностью отсутствует, что оказывает значительное негативное влияние на международную авионавигацию. В октябре 2018 года на 13 авионавигационной конференции в Монреале, посвященной безопасности полетов и совершенствованию глобальной авионавигационной системы, метеорологическая информация рассматривалась в качестве необходимого инструмента для модернизации авиационной системы, представленной в Глобальном авионавигационном плане ИКАО.

В нем говорится о том, что многие метеорологические условия оказывают негативное влияние не столько на полет по маршруту, сколько на пропускную способность крупных узловых аэродромов, которая, из-за постоянно увеличивающегося объема движения, делает всю систему более чувствительной к нарушению регулярности, что в свою очередь приводит к росту экономического ущерба авиапредприятий. Поэтому необходимо, чтобы метеорологическая информация не просто учитывалась в процессе принятия решения, а была полномасштабно интегрирована с помощью автоматизированных средств, для возможности учета неблагоприятных

воздействий погоды в различные временные интервалы, ограничивающих принятие решение и планирование полетов от нескольких минут до нескольких дней. (Дос 9750, ГАНП)

Из всего вышесказанного следует, что метеорологические риски следует оценивать при долговременном и оперативном планировании полетов, в процессе выполнения полета. При этом следует учитывать метеориски не только в районах аэродрома вылета и посадки, а также на запасных аэродромах и на эшелоне полета.

Территория России располагается в арктическом, субарктическом, умеренном и субтропическом поясах, что обуславливает большое разнообразие природных явлений, которые необходимо учитывать во всех видах деятельности человека. Для исследования был выбран Северо-западный федеральный округ России, в состав которого входят 11 субъектов РФ и центром является город федерального значения Санкт-Петербург.

Цель работы: разработка метода оценки опасных явлений погоды и связанных с ними метеорисков авиапредприятий для повышения уровня безопасности и регулярности воздушного движения при долговременном и оперативном планировании полетов ВС и улучшения качества метеообеспечения.

Научная задача: анализ распределения опасных явлений погоды и сложных метеорологических условий на основных аэродромах Северо-западного федерального округа.

Научная задача диссертационного исследования реализуется с помощью решения следующих частных **задач**:

1. Исследование климатических характеристик и составление общего климатического описания Северо-западного федерального округа, исследование пространственно-временных характеристик опасных явлений погоды и сложных метеоусловий;

2. Разработка методики расчета повторяемости опасных явлений погоды и сложных метеоусловий с помощью программного инструмента для оценки метеорологических рисков авиапредприятий;

3. Анализ повторяемости опасных явлений погоды и сложных метеоусловий для основных аэродромов на территории Северо-западного федерального округа;

4. Оценка возможного экономического ущерба в результате реализации негативных последствий.

На защиту выносятся следующие **основные положения**:

1. Результаты статистической обработки и анализа параметров атмосферы на основных аэродромах Северо-западного федерального округа;

2. Метод оценки повторяемости опасных явлений погоды и сложных метеоусловий с учетом их продолжительности;

3. Автоматизированная методика расчета метеорологических рисков, связанных с реализацией опасных явлений погоды и сложных метеоусловий;

4. Оценка возможности применения разработанной автоматизированной методики для расчета повторяемости опасных явлений погоды и сложных для авиации метеоусловий для аэродромов Северо-западного федерального округа и расчета связанных с ними метеорисков.

Научная новизна диссертационного исследования заключена в следующем:

1. Впервые разработана методика по оценке опасных явлений погоды с учетом их продолжительности;

2. Впервые разработано программное решение оценки повторяемости опасных и сложных для полетов метеорологических условий с учетом их продолжительности;

3. Оценка метеорологических рисков в виде экономических потерь на аэродромах Северо-западного федерального округа.

Объектом настоящего исследования являются параметры атмосферы и метеоявления, определяющие степень сложности метеорологических условий для полетов ГА.

Предметом исследования являются сложные и опасные для полетов метеорологические условия

Область исследования. Исследование выполнено в рамках научной специальности 25.00.30 Метеорология, климатология, агрометеорология. Область исследования: Метеорология и экология.

Теоретическая значимость. Результаты работы направлены на повышение уровня безопасности и регулярности полетов ГА и на решение научных и прикладных задач по метеообеспечению авиации.

Прикладная ценность полученных результатов заключается в разработке автоматизированной методики расчетов метеорисков при реализации опасных явлений погоды и сложных метеоусловий в целях эффективного планирования летной деятельности авиапредприятий.

Методическая база исследования. Решение поставленных задач проводилась путем синоптико-статистического анализа параметров атмосферы в выбранных пунктах округа. Разработка методики оценки опасных явлений погоды и связанных с ними метеорисков осуществлялась с использованием метода математического анализа, теории вероятности и математической статистики, а также программирования алгоритмов для компьютерных программ. Все необходимые вычисления производились на ПЭВМ с использованием электронных таблиц Microsoft Excel и разработанного автором автоматизированного метода расчетов метеорисков.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием массивов, созданных по данным, содержащихся на технических носителях Госфонда, с электронного ресурса ВНИИГИ – МЦД. Массивы содержат информацию об интенсивности и продолжительности атмосферных явлений, данные многолетних наблюдений за параметрами атмосферы, явлениями погоды, количеством и видами осадков, снежным покровом,

характеристиками ветра, количеством солнечного сияния, количеством и повторяемостью значимой для авиации облачности на метеорологических станциях России. Временной ряд наблюдений составляет от 40 до 200 лет. [129-134]

Апробация работы. Результаты исследования докладывались и обсуждались на семинарах кафедры Авиационной метеорологии и экологии СПбГУ ГА, на XXXII Международной береговой конференции «Арктические берега: пусть к устойчивости» в г. Мурманск.

Реализация результатов работы. Основные результаты работы используются в учебном процессе на кафедре Авиационной метеорологии и экологии СПбГУ ГА, при выполнении научно-исследовательских и выпускных квалификационных работ.

Разработанные теоретические положения и программное обеспечение могут быть использованы предприятиями коммерческой гражданской авиации, государственными структурами (Минпромторг РФ, Минтранс РФ, Росавиация, Минэкономразвития РФ) при разработке и реализации государственных проектов и мероприятий, направленных на развитие и модернизацию коммерческой (обеспечение регулярности и безопасности полетов) гражданской авиации России.

Публикации. Материалы диссертации отражены в 7 научных работах общим объемом 2 п.л., в том числе в 4 научных работах в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией РФ, общим объемом 1,4 п.л.

Личный вклад автора заключается в статистической обработке и анализе данных наблюдений за погодой из различных метеорологических архивов, составлении физико-географических и климатических описаний областей Северо-западного Федерального округа, проведении исследований по теме диссертации, разработке методики расчета оценки опасных явлений и сложных условий погоды с учетом их продолжительности, разработке

программного решения расчетов метеорисков и анализе результатов по наиболее крупным аэродромам региона, формулировании выводов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав (разделов) и заключения, содержит 73 рисунка, 13 таблиц, 11 приложений.

В первой главе представлена классификация гидрометеорологических явлений, выделены явления, осложняющие или делающие невозможным производство полетов ВС, содержится обзор исследований по теории риска, его концепциям и видам анализа.

Во второй главе проведен анализ параметров атмосферы по данным срочных наблюдений и среднемесячным суммарным значениям за различные периоды из архивов наблюдений за погодой.

В третьей главе разработана методика оценки опасных явлений погоды с учетом их продолжительности и связанных с ними метеорологических рисков; описано программное решение для расчетов повторяемости и метеорисков на базе архивных данных наблюдений за явлениями погоды и по сводкам регулярной погоды в формате METAR; приведены примеры использования разработанной методики в гражданской авиации для обеспечения регулярности и повышения безопасности производства полетов; проанализирована повторяемость опасных явлений и сложных условий погоды в районе основных аэродромов Северо-западного федерального округа, рассчитанная с помощью разработанной методики.

Заключение содержит основные выводы, основанные на полученных в ходе диссертационного исследования результатах.

ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И СЛОЖНЫХ УСЛОВИЙ ПОГОДЫ ДЛЯ АВИАЦИИ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

Изучение опасных явлений погоды и связанных с ними метеорологических (природных) рисков осложняется недостаточным количеством и качеством наблюдений за погодой, отсутствием необходимых архивных климатических данных и сложностями прогнозирования. Авиация как отрасль, безопасность и регулярность работы которой непосредственно зависит от метеорологических условий, должна обеспечиваться информацией об опасных явлениях в гораздо большем объеме, чем это осуществляется в настоящее время.

В последние десятилетия появлялось достаточное количество исследований рисков в различных сферах деятельности человека. [3, 4, 5, 6, 23, 30, 51, 53, 54, 58, 61, 65, 67, 70, 106, 113, 118, 120, 152] Но даже те, которые затрагивали природные риски в большинстве своем относились к рискам в сельском хозяйстве или в работе наземного транспорта.

В нормативных документах Российской Федерации предусмотрен вопрос о решении проблем снижения риска и смягчения негативных последствий и содержатся требования по оценке риска аварий и угроз чрезвычайных ситуаций, но и они в основном предназначены для предупреждения аварий при строительстве или обслуживании потенциально опасных «наземных» объектов. [40, 42, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 78, 108, 110]

1.1 Классификации гидрометеорологических явлений и сложных условий погоды для авиации

На данный момент в действующей Инструкции по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями (РД 52.04.563–2013) содержится полный перечень и типовые критерии

неблагоприятных метеорологических и опасных природных гидрометеорологических явлений. (табл.1,2) [84]

Таблица 1 – Типовой перечень и критерии гидрометеорологических опасных явлений

Название ОЯ	Характеристика ОЯ	Критерии ОЯ
Метеорологические		
Очень сильный ветер	Сильный штормовой ветер разрушительной силы	Средняя скорость ветра не менее 20 м/с или максимальная скорость ветра (порыв) не менее 25 м/с (на побережье морей и в горных районах не менее 30 м/с)
Ураганный ветер (ураган)	Ветер разрушительной силы	Максимальная скорость ветра (порыв) 33 м/с и более
Шквал	Резкое кратковременное усиление ветра в течение не менее 1 мин	Максимальная скорость ветра (порыв) 25 м/с и более
Смерч	Сильный маломасштабный атмосферный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности	Независимо от скорости ветра
Сильный ливень	Сильный дождь или ливневый дождь	Количество жидких осадков не менее 30,0 мм за период времени не более 1 ч
Очень сильный дождь	Значительные жидкие (дождь, ливневый дождь) или смешанные (мокрый снег, дождь со снегом) осадки	Количество осадков не менее 50,0 мм (в ливнеопасных (селеопасных) горных районах не менее 30,0 мм) за период времени не более 12 ч
Очень сильный снег	Значительные твердые осадки (снег, ливневый снег и др.)	Количество осадков не менее 20,0 мм за период времени не более 12 ч
Продолжительный сильный дождь	Дождь почти непрерывный (с перерывами не более 1ч) в течение нескольких суток	Количество осадков не менее 100,0 мм (в ливнеопасных районах не менее 60,0 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или не менее 120,0 мм за период 48 ч и более
Крупный град	Крупные частички льда (градины), выпадающие из кучево-дождевых облаков	Средний диаметр самых крупных градин не менее 20 мм
Сильная метель	Общая или низовая метель при сильном ветре, вызывающая значительное ухудшение МДВ	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при МДВ не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч
Сильная пыльная (песчаная) буря	Перенос больших количеств пыли или песка при сильном ветре, вызывающий значительное ухудшение МДВ	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при МДВ не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч

Название ОЯ	Характеристика ОЯ	Критерии ОЯ
Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления взвешенных мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), вызывающее ухудшение МДВ	МДВ не более 50 м продолжительностью не менее 12 ч
Сильное гололедно-изморозевое отложение (ГИО)	Сильное отложение льда (стекловидного, кристаллического, снеговидного) на проводах гололедного станка	Диаметр ГИО не менее: 20 мм для гололеда; 35 мм для сложного отложения или мокрого снега; 50 мм для изморози
Сильный мороз	В период с ноября по март низкая минимальная температура воздуха	Минимальная температура воздуха не выше установленного для территории опасного значения
Аномально-холодная погода	В период с октября по март в течение 5 дней и более значение средней суточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7,0 °С и более	Критерий средней суточной температуры воздуха устанавливается УГМС
Сильная жара	В период с мая по август высокая максимальная температура воздуха	Максимальная температура воздуха не ниже установленного для территории опасного значения
Аномально-жаркая погода	В период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение средней суточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7,0 °С и более	Критерий средней суточной температуры воздуха устанавливается УГМС
Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности не ниже 5 класса	Сумма значений температуры воздуха не менее 10000 °С по формуле Нестерова

Таблица 2 – Допустимые диапазоны критериев метеорологических опасных явлений

Название ОЯ	Название характеристики ОЯ	Числовое значение типового критерия ОЯ	Диапазон критерия ОЯ
Очень сильный ветер	Средняя скорость ветра	20 м/с	От 20 до 25 м/с От 25 до 30 м/с
	Максимальная скорость ветра (порыв)	25 м/с	
	Максимальная скорость ветра (порыв) на побережьях морей и в горных районах	30 м/с	От 30 м/с до значения критерия для ОЯ «Ураганный ветер»
Ураганный ветер (ураган)	Максимальная скорость ветра (порыв)	33 м/с	От 33 до 45 м/с

Название ОЯ	Название характеристики ОЯ	Числовое значение типового критерия ОЯ	Диапазон критерия ОЯ
Шквал	Максимальная скорость ветра (порыв)	25 м/с	От 25 до 30 м/с
Смерч	Максимальная скорость ветра (порыв)	Независимо от скорости ветра	Независимо от скорости ветра
Сильный ливень (фиксируется при наличии плувиографа или автоматического датчика жидких осадков)	Количество осадков Период выпадения	30,0 мм ≤ 1 ч	От 30,0 до 50,0 мм Не меняется
Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем)	Количество осадков Количество осадков в ливнеопасных (селеопасных) горных районах Период выпадения	50,0 мм 30,0 мм ≤ 12 ч	От 50,0 до 120,0 мм От 30,0 до 50,0 мм Не меняется
Очень сильный снег (снег, ливневый снег)	Количество осадков Период выпадения	20,0 мм ≤ 12 ч	От 20,0 до 30,0 мм Не меняется
Продолжительный сильный дождь (перерывы не более 1 ч)	а) Количество осадков Количество осадков в ливнеопасных (селеопасных) горных районах Период выпадения б) Количество осадков Период выпадения	100,0 мм 60,0 мм > 12 ч, но < 48 ч 120,0 мм ≥ 48 ч	От 100,0 до 150,0 мм Не меняется Не меняется От 120,0 до 200,0 мм От 48 до 120 ч
Крупный град	Диаметр градин	20 мм	Не меняется
Сильная метель, сильная пыльная (песчаная) буря	Средняя скорость ветра МДВ Продолжительность	15 м/с 500 м ≥ 12 ч	От 15 до 25 м/с Не меняется От 3 до 24 ч
Сильный туман (сильная мгла)	МДВ Продолжительность	50 м ≥ 12 ч	Не меняется От 3 до 24 ч
Сильное ГИО	Диаметр гололеда Диаметр сложного отложения или мокрого (замерзающего) снега Диаметр изморози	20 мм 35 мм 50 мм	Не меняется От 35 до 80 мм От 50 до 80 мм
Сильный мороз (в период с ноября по март)*	Минимальная температура воздуха Продолжительность	Не установлен Не установлена	Критерий получают расчетным путем Не установлена
Аномально-холодная погода (в период с октября	Средняя суточная температура воздуха	На 7,0 °С и более ниже климатич. нормы	Не меняется, критерий получают расчетным путем

Название ОЯ	Название характеристики ОЯ	Числовое значение типового критерия ОЯ	Диапазон критерия ОЯ
по март)*	Продолжительность	≥ 5 суток	Не меняется
Сильная жара (в период с мая по август)*	Максимальная температура воздуха Продолжительность	Не установлен Не установлена	Критерий получают расчетным путем Не установлена
Аномально- жаркая погода (в период с апреля по сентябрь)*	Средняя суточная температура воздуха Продолжительность	На 7,0 °С и более выше климатич. нормы ≥ 5 суток	Не меняется, критерий получают расчетным путем Не меняется
Чрезвычайная пожарная опасность*	Показатель пожарной опасности	5 класс (10000 °С по формуле Нестерова)	Не меняется
* По указанию УГМС штормовое оповещение об этих ОЯ с НП может не подаваться.			

Согласно этому документу к гидрометеорологическим явлениям относятся:

- метеорологические явления – природные процессы и явления, возникающие в нижней части атмосферы;
- гидрологические явления – природные процессы и явления, возникающие в гидросфере (за исключением акватории морей и океанов);
- агрометеорологические явления – метеорологические, гидрологические явления или их сочетания, оказывающие воздействие на производство сельскохозяйственной продукции;
- морские гидрометеорологические явления – метеорологические и гидрологические явления или их сочетания, возникающие на акваториях морей и океанов, а также в морских устьях рек.

Гидрометеорологические явления и величины (наблюдаемые или измеряемые) относятся к гидрометеорологическим ОЯ при достижении ими соответствующих критических значений (далее – критерии ОЯ).

К гидрометеорологическим ОЯ также относится сочетание двух и более одновременно наблюдавшихся гидрометеорологических явлений,

каждое из которых по интенсивности не достигает критериев ОЯ, но близко к ним. [85]

Опасное природное явление: Гидрометеорологическое или гелиогеофизическое явление, которое по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может нанести значительный материальный ущерб. [111]

Климатическая повторяемость явлений, которые могут нанести значительный ущерб и представляю угрозу безопасности людей, не должна превышать 10%. Это необходимо учитывать при выборе дифференцированных критериев опасных гидрометеорологических явлений из приведенных выше таблиц. При этом климатическая повторяемость рассчитывается по количеству опасных явлений за не менее чем 30-летний период по каждому пункту наблюдений и потом осредняется по территории обслуживаемой УГУМС. Для тех районов, где повторяемость каких-либо опасных явлений превышает 10%, разрабатываются другие критерии учета, удовлетворяющие требованиям.

Перечень гидрометеорологических ОЯ для авиаметеорологических наблюдательных подразделений (Авиационные метеорологические центры, оперативные метеорологические группы и авиационные метеорологические станции гражданские, производящие круглосуточные непрерывные наблюдения и непроводящие наблюдения по программе метеорологических станций II разряда, которые передают только штормовые оповещения о возникновении гидрометеорологических ОЯ) разрабатывается в зависимости от программы их наблюдений и состава наблюдаемых метеорологических характеристик

В Наставлении по метеорологическому обеспечению Гражданской авиации России (НМО ГА-95) используется понятие опасных для авиации явлениях погоды по маршруту полета, которые могут повлиять на безопасность полета, и к ним относятся следующие явления:

а) на дозвуковых скоростях: скрытые грозы, частые, в облаках, с сильным градом; линии шквала, с сильным градом; тропический циклон со скоростью ветра более 63 км/ч; сильные турбулентность, обледенение, горные волны, пыльные или песчаные бури; вулканический пепел.

б) на околосвуковой и сверхзвуковой скорости: умеренная или сильная турбулентность; кучево-дождевые облака; вулканический пепел; град.

Кроме опасных явлений погоды, которые прогнозируются в виде информации SIGMET, в НМО ГА-95 перечислены определенные явления погоды по маршруту полета ниже 3000 м, которые не были включены в зональный прогноз для полетов на малых высотах, которые могут повлиять на безопасность полетов на малых высотах. [76]

Они передаются в виде сообщений AIRMET, содержащих информацию о следующих параметрах атмосферы и явлениях погоды:

- 1) скорость приземного ветра более 60 км/ч;
- 2) ограниченная видимость менее 5000 м;
- 3) низкая значительная или сплошная облачность ниже 300 м над уровнем земли;
- 4) грозы
- 5) закрытие гор
- 6) умеренная турбулентность
- 7) умеренное обледенение
- 8) умеренная горная волна

Еще один перечень в данной Инструкции содержит метеорологические условия которые могут оказать неблагоприятное воздействие на воздушные суда на земле, аэродромное оборудование и технические средства обеспечения полетов: тропический циклон; гроза; град; снегопад с продолжительностью более 2 часов; замерзающие (переохлажденные) осадки (гололедица); шквал, смерч; песчаная или пыльная буря; ветер со скоростью 15 м/с и более; понижение температуры до -30°C и ниже, ее повышение до

+40°C и выше, в зависимости от региона; переход температуры через 0° к отрицательным значениям.

В документе ИКАО о метеорологическом обеспечении международном авионавигации (Приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации 2016г) явления погоды, которые могут повлиять на безопасность полета воздушных судов и содержатся в информации SIGMET и AIRMET, называются определенными явлениями погоды и к ним относятся следующие [81]:

На крейсерских эшелонах (независимо от высоты):

- 1) Грозы, с градом, по линии шквала;
- 2) тропический циклон со скоростью приземного ветра более 17 м/с;
- 3) сильная турбулентность;
- 4) сильное обледенение;
- 5) сильная горная волна;
- 6) сильная пыльная буря;
- 7) сильная песчаная буря;
- 8) вулканический пепел;
- 9) радиоактивное облако

На крейсерских эшелонах ниже эшелона полета 100 (или ниже эшелона полета 150 в горных районах или, при необходимости, выше):

- 1) скорость приземного ветра более 15 м/с;
- 2) видимость у поверхности земли менее 5000 м, включая явление погоды, ухудшающее видимость;
- 3) грозы;
- 4) закрытие гор;
- 5) разорванная или сплошная облачность ниже 300 м над уровнем земли;
- б) кучево-дождевые облака;
- в) башеннообразные кучевые облака;
- г) умеренное обледенение;

д) умеренная турбулентность

е) умеренная горная волна

Так же в рекомендациях к требованиям, касающихся предупреждений по аэродрому приведен список явлений, при возникновении которых необходимо выпускать этот тип информации: тропический циклон; гроза; град; снег; замерзающие осадки; иней или изморозь; песчаная или пыльная буря; поднимающийся песок или пыль; сильный приземный ветер и порывы; шквал; мороз; вулканический пепел и его отложение; цунами; выброс токсических химических веществ; другие явления, согласованные на локальном уровне.

В Федеральных авиационных правилах, утвержденных приказом Министерством транспорта России №128, есть перечень неблагоприятных атмосферных условий, полеты в которых относятся к полетам в особых условиях. [108]

К неблагоприятным атмосферным условиям относятся:

- 1) Грозовая деятельность
- 2) Сильные осадки
- 3) Повышенная электрическая активность атмосферы
- 4) Обледенение
- 5) Турбулентность
- 6) Сдвиг ветра
- 7) Облака вулканического пепла
- 8) Пыльные и песчаные бури

Полеты при неблагоприятных атмосферных условиях выполняются в соответствии с требованиями, установленными Федеральными авиационными правилами полетов в воздушном пространстве Российской Федерации, настоящими Правилами, РПП и РЛЭ.

Опасными явлениями и условиями погоды в ФАП №128 названы те, которые указаны в РЛЭ как условия, запрещенные для выполнения полетов.

1.2 Явления сложные и опасные для полетов

В результате исследования имеющихся классификаций опасных гидрометеорологических явлений и сравнения с данными архива наблюдений за явлениями погоды и сводками METAR, используемыми в настоящей работе, были выделены следующие явления, осложняющие или делающие невозможным производство полетов в Северо-западном федеральном округе:

1. Гроза и сопутствующие явления – град, ливневой дождь;
2. Явления, приводящие к наземному обледенению ВС – гололед, гололедица, иней
3. Явления, ухудшающие видимость – туман, дымка, мгла;
4. Осадки, ухудшающие видимость в зимний период – иглы ледяные, изморозь зернистая и кристаллическая, снежные зерна, крупа снежная и ледяная
5. Осадки, ухудшающие видимость и приводящие к обледенению ВС – снег, ливневой снег, мокрый снег, ледяной дождь, морось.
6. Явления, ухудшающие видимость, связанные с переносом снега, песка, пыли (метель, поземок, пыльная/песчаная буря)
7. Низкая облачность

В докладе замдиректора по оперативной работе одного из филиалов «Метеоагентства Росгидромета» об опасных явлениях погоды для авиации и расчетных методах их прогноза на совещании-семинаре в Гидрометцентре России было сказано, что методы прогнозов параметров атмосферы и явлений погоды были разработаны и внедрены в практику более 30 лет назад, за все это время они не обновлялись и не уточнялись на новых данных, все расчеты производятся с помощью таблиц и графиков. [147]

Для некоторых методов прогнозов таких явлений как грозы, град и шквалы необходимы данные наблюдений достаточно густой сети радиозондирования, а для прогнозирования низкой облачности требуются данные шаропилотных наблюдений. Но при реальном положении дел с

отсутствием достаточного количества полноценных станций наблюдений за погодой многие прогностические расчеты выполнить невозможно. Даже наличие данных с МРЛ не всегда дают приемлемую заблаговременность предупреждений.

На многих аэродромах отсутствуют автоматизированные современные расчетные методы прогнозов обледенения, видимости в осадках и туманах, когда необходимо дать значение видимости с точностью до десятков метров. Сдвиги ветра и электризация в облаках не прогнозируются, а сообщаются уже по факту с борта ВС.

Погодные условия невозможно изменить, но можно ориентировочно оценить потери от их негативного воздействия, то есть оценить метеорологические риски. Для этого необходимо определить тот элемент погоды, на который приходится наибольшее количество возвратов, отмен или задержек рейсов, с помощью анализа причин нарушения регулярности полетов в аэропорту. Далее можно уже рассматривать возможность улучшения методик прогнозирования тех опасных явлений или сложных условий погоды, которые оказывают наибольшее влияние на полеты.

1.3 Метеорологические риски

Природные опасности могут проявляться в виде неблагоприятных природных климатических условиях и опасных природных явлениях. И если с помощью техносферы человечество научилось приспосабливаться к неблагоприятному климату, то опасные явления природы хоть и обладают детерминированным распределением зон возникновения по поверхности Земли, но при этом случайны места возникновения конкретных явлений и они имеют различные площади поражения негативными последствиями, зависящие от силы природного явления.

В 2017 г. в Давосе прошел Всемирный экономический форум (ВЭФ), посвященный глобальным рискам, с которыми сталкивается человечество. За

несколько дней до ежегодной сессии был опубликован доклад, в котором была приведена эволюция рисков за последние 10 лет (рис.1). Экстремальные явления погоды, начиная с 2014 года уже рассматривались в топ-5 глобальных рисков, ранжированных по вероятности, а в 2017 г даже заняли первую позицию. [151, 172]

Top 5 Global Risks in Terms of Likelihood

	2014	2015	2016	2017
1st	Income disparity	Interstate conflict with regional consequences	Large-scale involuntary migration	Extreme weather events
2nd	Extreme weather events	Extreme weather events	Extreme weather events	Large-scale involuntary migration
3rd	Unemployment and underemployment	Failure of national governance	Failure of climate-change mitigation and adaptation	Major natural disasters
4th	Climate change	State collapse or crisis	Interstate conflict with regional consequences	Large-scale terrorist attacks
5th	Cyber attacks	High structural unemployment or underemployment	Major natural catastrophes	Massive incident of data fraud/theft

Рисунок 1 – Топ-5 глобальных рисков из доклада Всемирного экономического форума 2017г

По статистике последних лет ущерб от опасных погодных и климатических явлений растет год от года во всем мире. На опасные гидрометеорологические явления (ОЯ) приходится 90% самых тяжелых экономических потерь. И если с 1990 по 2000 гг. на территории России ежегодно наблюдалось 150-200 ОЯ, то далее их число уже было 250-300 в год, а начиная с 2007 года, в среднем один раз в 2 года число ОЯ превышало 400 в год (рис.2). [33, 55, 56, 57]

Для повышения эффективности принимаемых мер по сокращению ущерба от опасных явлений погоды требуется быть предупрежденным за

гораздо больший период времени, чем это могут обеспечить прогнозы погоды. Для принятия действенных упреждающих мер адаптации требуются долгосрочные планы действий, основанные на научно обоснованных перспективных оценках изменения климата, включая оценки изменения статистики экстремальных погодных явлений. [40]

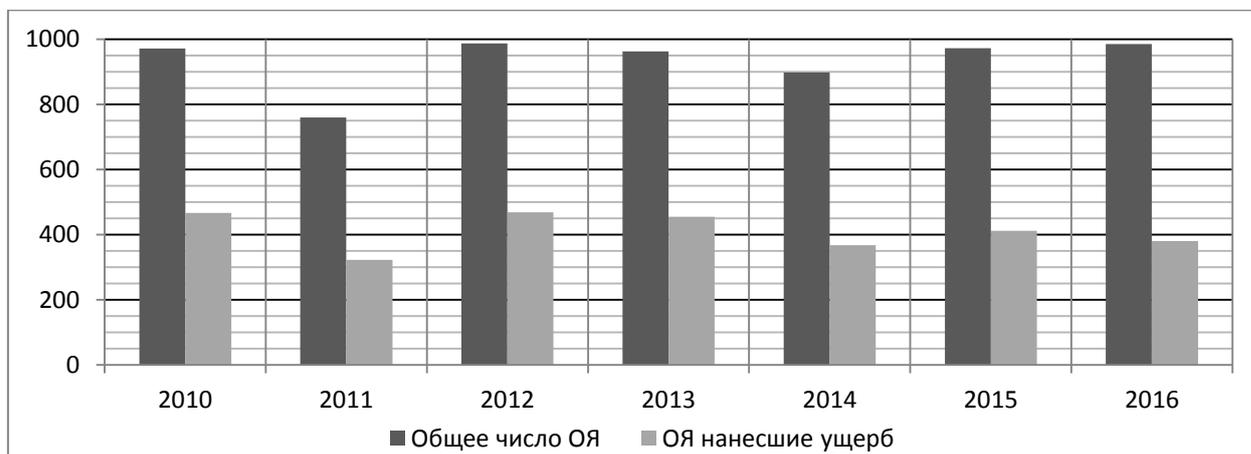


Рисунок 2 – Количество опасных явлений в России за период с 2010-2016гг

В авиации классификация рисков по признаку ущерба включает в себя категорию рисков внешней среды, когда природные явления оказывают существенное влияние на регулярность и безопасность полетов ВС. Эти риски должны учитываться и на стадии проектирования новых аэродромов или ВПП, при планировании полетов, и при разработке новых воздушных трасс. Каждое решение в этих вопросах должно приниматься после тщательного анализа рисков, связанных с явлениями погоды, усложняющими или делающими полеты невозможными.

1.4 Понятие риска, его концепции и виды анализа

Согласно Общей теории рисков, риск – это фундаментальное свойство природы, проявляющееся в виде индетерминизма, то есть неполной определенности. При этом решение задачи постоянно отодвигается за счет

постоянного усложнения антропосферы, потому как процесс познания мира и использование новых знаний для повышения качества жизни, неизменно ведут к тому, что усугубляется неопределенность и возникают всевозможные риски. [34]

В результате развития промышленности и энергетики возникла острая необходимость исследования и анализа техногенного риска, потому как применение разнообразных сложных технических систем повлекло за собой возрастающую угрозу возникновения крупных аварий и катастроф. Последствия такого рода аварий, которые приводили к многочисленным жертвам и загрязнению окружающей среды, привели к интенсивному развитию исследований риска в области экологии и здоровья человека.

Избежать рисков не представляется возможным, поэтому основная задача решения неопределенности заключается в их оптимизации, в зависимости от поставленных целей.

Само понятие риска можно охарактеризовать следующими свойствами:

1. Это многомерная характеристика мира в его будущих состояниях;
2. Он связан со случайными процессами и явлениями
3. Проявление риска является условным событием.

В результате взаимодействия человека с техносферой и природой можно выделить объективную и субъективную составляющие риска. Субъективное содержание риска проявляется в индивидуальном восприятии риска, когда человек оценивает неопределенность событий и таким образом подразделяя риски еще и на мнимый и действительный. А объективная составляющая риска не зависит от восприятия человека и является измеримой величиной, которую можно выявить, оценить и спрогнозировать на основании проявленных закономерностей.

В процессе деятельности по преодолению неопределенности, когда возникает ситуация неизбежного выбора, существуют возможности оценить качественно и количественно вероятность успеха и достижения цели или же неудачи и вынужденного отклонения от поставленной задачи.

Систематические научные исследования и практическое выявление опасностей с определением вида, качества и количества рисков, их временной изменчивости, а также размера связанного с ними ущерба в любой сфере деятельности называются анализом риска.

В общем виде анализ риска сводится к идентификации опасностей для оценки их воздействия и возможных ущербов, и к сравнению их с другими возможными рисками для определения степени приемлемости и выбора наиболее оптимального пути решения. Затем разрабатывается план действий для контроля и уменьшения возможного риска, а после его реализации оценивается эффективность принятых решений. [30]

Основными целями анализа риска можно выделить следующее:

1. Формирование общей целостной картины рисков, которые могут оказать негативное влияние
2. Ранжирование и выделение наиболее опасных по степени влияния рисков
3. Сопоставление альтернативных вариантов решений
4. Создание общей базы знаний для системы поддержки принятий других решений
5. Обоснование принимаемых мер для снижения риска

Анализ и управление рисками – сравнительно новые научные направления, находящиеся в еще незавершенной стадии становления, поэтому споры о том, что включает в себя анализ и оценка риска, какие +этапы можно выделить в управлении рисками, и как все эти процедуры взаимодействуют между собой, продолжаются до сих пор.

Наиболее используемое разбиение на этапы процедур анализа и управление риском представляет собой два последовательных блока. Первый блок – анализ риска, включает в себя идентификацию опасности и оценку риска. Далее полученная информация используется во втором блоке процедур – в управлении риском, включающим в себя наработку

альтернатив, оценку вариантов методов управления, селективный отбор, выполнение и контроль за риском.

Все эти процедуры в итоге послужат обоснованием для дальнейших решений по управлению рисками и необходимости уменьшения возможных потерь, за счет проведения предупредительных мер. Например, в техносфере в качестве предупредительных мер, на основании мирового опыта, закрепленного в различных нормативных документах, проводятся планово-предупредительные ремонты, замены оборудования по истечении гарантийного срока службы, техобслуживание и другие меры, снижающие вероятность развития аварийной ситуации и возможный ущерб.

1.4.1 Концепции риска

Концепция – это определенный способ трактовки, понимания какого-либо явления. Для принятия наиболее оптимальных решений в различных сферах деятельности человека по защите от чрезвычайных ситуаций, риск и его анализ рассматривается в виде нескольких концепций.

Если рассматриваются негативные события, которые могут нанести вред человеку или организации, то в рамках этой концепции риск принимается как опасность или угроза и все принимаемые предупредительные меры направлены на уменьшение вероятности наступления этих событий и ущерба от них. Чаще всего данная концепция рассматривается в основе теории природной и техногенной безопасности.

Источником опасности принимается ограниченный процесс, состояние окружающей среды или определенная деятельность, которые могут реализовать негативные события, влекущие за собой ущерб, экономические потери и формирование неблагоприятных условий для окружающей среды, человека или организации

Везде, где существует неопределенность будущего, будет присутствовать риск, возрастающий от количества вариантов развития

событий. В концепции риска как неопределенности, сам риск рассматривается как мера несоответствия между различными результатами решений или как степень неопределенности экономического результата. Итоги решений как правило оцениваются по их вредности или полезности, потому как из-за действия большого количества неопределенных факторов, результаты принятых действий могут быть как положительными, так и отрицательными.

Данную концепцию применяют в теории игр и теории принятия решений в условиях неопределенности и управление рисками решает задачу по уменьшению дисперсии между ожидаемыми и полученными результатами.

Еще одна распространенная трактовка риска позволяет рассматривать его как возможность, шанс. При этом в основе этой концепции принимается взаимосвязь между риском и прибылью, когда повышение риска неизменно увеличивает возможный доход. Управление рисками в рамках данной концепции является деятельностью, направленная на получение максимально возможного дохода с минимальными потерями.

В результате исследования сфер проявления рисков, был разработан ряд концепций анализа риска, который используется в настоящее время наравне с уже перечисленными.

Техническая концепция рассматривает сам объект, т.е. в результате анализа частот возникновения опасных событий или явлений и их последствий принимается статистическая вероятность опасности относительно количества населения, времени или размеров территории.

В экономической концепции объект рассматривается в системе экономических отношений и анализ риска является одной из частей затратно-прибыльного сценария, в котором доходом считается предотвращенный ущерб, а риск проявляется в виде потери полезности в результате действия негативных факторов.

Существующие культурные прототипы в достаточной степени могут влиять и определять ряд ценностей и интересов для общества, которое некоторые из них может отвергнуть, а другие принять. На основании этого была принята социальная или культурологическая концепция, которая рассматривает отношение общества к риску в связи с выбранным объектом и исследует групповые ценности и интересы как совокупность факторов для выявления нежелательных последствий для социума.

При этом необходимо учитывать, что отдельный индивидуум воспринимает риски в результате субъективной оценки, а не принимает их научно осредненное значение, полученное в результате объективного анализа риска. Это психологическая концепция анализа риска, которая основана на отношении индивида к риску, связанному с рассматриваемым объектом

Для снижения риска и уменьшения негативных последствий в результате реализации опасных событий, необходимо рассматривать все основные концепции риска и принимать необходимые предупредительные меры для его оптимизации.

В результате исследования механизмов возникновения опасные явления перестают быть случайными, нерегулярными и становятся детерминированными, что позволяет их прогнозировать.

1.4.2 Показатели риска

Риск, возникающий в результате взаимодействия природы, техносферы и общества, можно оценить как на основе теоретико-вероятностных моделей и методов так и на основе статистических данных случившихся событий за прошедший период времени.

Для сравнения и оценки степеней риска необходимо использовать качественные и количественные его показатели. При этом качественные показатели категорируются в рейтинге на основании установленных категорий вероятностей и последствий.

С учетом определения риска как совокупности неопределенности события, наличия потерь и стремления не допустить нежелательных последствий, для возможности оценить этот риск с точки зрения приемлемости в качестве показателей используют вероятность наступления события и вероятным ущербом в случае негативных последствий.

Ущерб от опасных явлений, которые произошли в течение определенного периода времени можно рассчитать по следующей формуле:

$$w = \sum_{i=1}^N w_i , \quad (1)$$

где w_i - ущерб от i -го опасного явления, N – количество явлений.

Для прогноза среднего ущерба используется формула:

$$\bar{W} = a(\Delta t)\bar{w} , \quad (2)$$

где \bar{w} - средний ущерб; $a(\Delta t) = \lambda\Delta t$, λ – частота опасных явлений, 1/лет.

Формула для оценки вероятности наступления хотя бы одного события на интервале времени Δt :

$$Q(\Delta t) = 1 - \exp[-a(\Delta t)] \quad (3)$$

Если событие случается достаточно редко и $a(\Delta t) \ll 1$, то принимается, что $Q(\Delta t) \approx a(\Delta t)$. Если выбранный интервал времени Δt равен 1 году, то $Q(\Delta t) \approx \lambda$. В этом случае, показателем риска будет математическое ожидание ущерба в случае негативного развития событий, рассчитываемое по следующей формуле:

$$R = \sum_{i=0}^1 P(H_i)w_i = Q(\Delta t)\bar{w} , \quad (4)$$

где $P(H_1) = Q(\Delta t)$; $P(H_0) = 1 - Q(\Delta t)$; $w_1 = \bar{w}$; $w_0 = 0$; \bar{w} – средний ущерб в случае реализации опасного явления.

Таким образом для редких событий риск оценивается через произведение вероятности проявления негативного события на ущерб в результате последствий для выбранного объекта. В рамках концепции риска как опасности, показатель риска для любого количества свершившихся событий можно выразить следующим выражением:

$$\text{Показатель риска} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{время}} \right] == \text{Частота} \left[\frac{\text{события}}{\text{время}} \right] \times \text{Средний ущерб} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{события}} \right]$$

Время t и ущерб w в данных соотношениях являются независимыми переменными, по которым будет оцениваться риск и для дальнейшего прогнозирования рисков необходимо оценить частоту свершений негативных событий и экономические потери от них, то есть проанализировать распределение опасных явлений по времени и по последствиям, в результате свершения негативного события. [34]

Степень опасности того или иного опасного явления определяется видом явления и его характеристиками: распределением по силе (встречаемостью), временным распределением (повторяемостью, цикличностью и возможными сроками прогноза), пространственным распределением (областями возникновения и площадями поражения)

Для того, чтобы охарактеризовать опасное явление с точки зрения его силы, необходимо оценить ряд его физических величин по уровням, например, силу ветра в урагане или амплитуду колебаний грунта во время землетрясения и его магнитуду в тротиловом эквиваленте. Эти уровни в виде физических параметров *и* определяют негативное воздействие на людей и объекты антропосферы.

Нагрузка, которая действует на рассматриваемый объект в результате реализации негативного события представляется в виде случайной величины U , потому что взаимное расположение самого объекта и очага опасного явления неопределенная величина и сила опасного явления может быть различна. В таком случае нагрузка U при возникновении опасного явления будет описываться функцией распределения по силе негативных факторов, которая характерна для данной территории и объектов антропосферы, размещенной на ней: $F(u)=P(U<u)$. В этом выражении P является вероятностью того, что случайная величина U будет иметь меньшее значение, чем u . По такому принципу рассчитаны к примеру функции распределения силы землетрясений для городов РФ, максимальных скоростей ветра и т.д.

Вероятностное распределение опасных явлений по силе при достаточном количестве исходной информации может быть получено в результате анализа статистических данных о силе опасного явления природы или в результате исследования реализации опасного процесса большой протяженности.

Статистическая функция распределения тогда будет выглядеть следующим образом: $\tilde{F}(u) = P(\tilde{U} < u)$. При этом, если количество наблюдений $N \rightarrow \infty$, то эта функция будет приближаться к истинной $F(u)=P(U<u)$.

Чтобы использовать данную статистическую функцию распределения в прогнозировании опасных явлений, необходимо выбрать наиболее подходящий тип теоретического распределения количества явлений за конечный интервал наблюдений ΔT и решить задачу сглаживания статистического ряда. Выбранное теоретическое распределение далее должно проверяться в соответствии со статистическим распределением и его параметры должны отбираться по наибольшему соответствию реальному.

Управление рисками еще должно включать в себя учет тех опасных явлений, вероятность возникновения которых очень мала, но негативные

последствия могут быть катастрофическими и превышать суммарный эффект всех зарегистрированных явлений за этот промежуток времени. Потому как, обычно, эти крайние, так называемые «хвостовые», значения распределения по силе явления недооцениваются в ходе исследования, что рано или поздно может привести к значительным разрушениям и многочисленным жертвам. Для описания такого рода редких явлений используют такое понятие как масштаб.

Математическое представление временного распределения опасных явлений базируется на том, что весь ряд явлений рассматривается в качестве потока случайных событий. При этом допускается, что за достаточно малый интервал времени происходит всего одно опасное явление (свойство ординарности), частота возникновения постоянна и отсутствуют последствия. Тогда это можно описать с помощью закона Пуассона следующим образом:

$$F(n) = P(\xi \leq n) = \sum_{k=0}^n P(k), n = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

где ξ – случайное число реализаций;

n – объем выборочных данных;

$P(k) = \frac{1}{k!} a(\Delta t)^k \exp[-a(\Delta t)]$ – вероятность k реализаций в течение интервала времени Δt ;

$a(\Delta t) = \lambda \Delta t$ – параметр распределения Пуассона (среднее число $a(\Delta t) = M|\xi|$ реализаций в течение интервала времени Δt);

λ – частота возникновения события за единичный интервал времени, являющаяся основным количественным показателем потока опасных явлений.

Число событий будет возрастать, если увеличивается частота возникновения опасного явления или интервал времени. В случае, если $a(\Delta t) \rightarrow \infty$, распределение Пуассона приближается к нормальному с

параметрами $M|\xi|= a(\Delta t)$ и $\Delta|\xi|=a(\Delta t)$ и тогда вместо выражения (5) можно использовать следующее:

$$F(n) = \Phi \left(\frac{n-M|\xi|}{\sqrt{D|\xi|}} \right), \quad (6)$$

где Φ – функция Лапласа.

Обычно для того, чтобы получить гарантированную оценку риска с помощью методов оценок точности, это выражение используют, если $a(\Delta t) > 100$. Событие или опасное явление природы считается редким, если $a(\Delta t) < 0,1$, тогда вероятность наступления будет рассчитываться по следующей формуле:

$$Q(\Delta t) \approx a(\Delta t) = \lambda \Delta t \quad (7)$$

Для пространственного распределения опасных явлений удобнее использовать трехмерные электронные карты, на которых наглядно изображаются все зоны возможных негативных последствий. Их используют для анализа ГИС-технологий.

С помощью проведенных изолиний повторяемости или силы явления на картах определяются области возможного зарождения природного явления и площади поражения. Для вычисления значения частоты опасных явлений на определенной территории используется выражение:

$$\lambda_T = \frac{S_T}{S_0} \lambda_0, \quad (8)$$

где S_T – площадь выбранной территории;

λ_0 – повторяемость опасных явлений для центров квадратов фиксированной площади S_0 .

Величина S_0 находится в зависимости от таких характеристик опасного явления как размер области вероятного возникновения, площадью

возможной зоны поражения и изменением повторяемости этого явления. В случае, когда выбранная для анализа риска территория расположена в нескольких зонах с различной частотой негативных событий, то формула для расчета средней частоты берется следующая:

$$\lambda_T = \frac{1}{S_0} \sum_j \lambda_{0j} S_{Tj}, \quad (9)$$

где λ_{0j} – частота возникновения природного явления на части территории площадью S_{Tj} .

Области, где проявляются негативные последствия опасных явлений природы, отличаются увеличенным риском разрушения и человеческих жертв.

В настоящее время существующие тенденции изменения частоты возникновения опасных явлений природы (ОЯП) можно разделить на те, которые снижают вероятность возникновения негативных событий и те, которые наоборот увеличивают частоту ОЯП.

К снижающим тенденциям можно отнести анализ и выявление закономерностей возникновения опасного явления, разработка методик прогнозирования времени, места, силы и негативных последствий его проявления для своевременных предупредительных мер, приспособление технологий и повышение защищенности людей и территорий от действия негативных событий природного характера.

Но усложнение антропосферы и ее разрушительное влияние на природу приводит к деградации окружающей среды, что в свою очередь ведет к усилению интенсивности явлений, снижению их предсказуемости и усилению негативного влияния. Рост численности населения и его распространение на территории с более сложными климатическими условиями, повышение чувствительности людей и современных технологий к воздействию природных явлений также относятся к тенденциям, повышающим частоту возникновения негативных событий в природе.

Согласно статистическим данным, несмотря на прогресс науки и совершенствование технологий защиты от природных опасностей, ежегодно число пострадавших от опасных явлений природы возрастает на 6%.

1.4.3 Виды анализа рисков

Существует несколько видов анализа рисков: качественный или количественный анализ и по характеру решаемой задачи.

Качественный анализ – это выявление причин и источников риска, их идентификация и ранжирование по степени ущерба, выявление положительных и отрицательных последствий в результате наступления события или принятия решения, содержащего риск. Количественный анализ – определение количества отдельных рисков. Оценив качественные и количественные характеристики в баллах, на практике составляется матрица характеристик риска, с помощью которой можно определить необходимые предупредительные меры в том или ином случае. (табл. 3-5)

Таблица 3 – Качественные и количественные характеристики последствий

Уровень последствий/ /реализуемости (баллы)	Степень последствий	Степень реализуемости, вероятность за год
1	Незначительные	Невероятно (менее 10^{-3})
2	Малые	Маловероятно (0,001-0,01)
3	Умеренные	Вероятно (0,01-0,1)
4	Значительные	Весьма вероятно (0,1-0,5)
5	Катастрофические	Почти наверняка (больше 0,5)

По характеру решаемой задачи анализ риска состоит из идентификации, оценивания и прогнозирования риска. Идентификация

риска, с которой начинается анализ риска, состоит из выявления различных рисков, характерных для какого-либо рода деятельности, и их причин возникновения. Она основывается на исследовании статистики возникновения опасных явлений, причин их возникновения и факторах, влияющих на их развитие и формирование.

Таблица 4 – Матрица качественно-количественных характеристик риска

Реализуемость, баллы	Последствия, баллы				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Таблица 5 – Характеристика риска

Категория	Риск	Приемлемость
Экстремальный	>20	Недопустимый (чрезмерный)
Высокий	15-20	
Средний	10-15	Ограниченно допустимый (приемлемый)
Низкий	5-10	
Пренебрежимый	<5	Безусловно допустимый

Согласно ГОСТУ Р 51898-2002, оценивание риска – это процедура проверки уровня допустимого риска, основанная на результатах анализа риска. Определение приемлемости риска проводится с помощью сравнения его с допустимым, при существующих общественных ценностях, уровнем риска в виде следующего соотношения:

Показатель риска \leq предельно допустимый уровень приемлемого риска

При этом приемлемый риск оценивается с помощью анализа социальных и экономических факторов: восприятие и приемлемость риска социумом и экономические потери в случае негативных последствий проявления опасного события. Показатель риска из левой части соотношения представляет собой количественную оценку риска, состоящую из определения вероятности возникновения опасного явления и экономических потерь в результате негативных последствий. Целью оценки риска является разработка решения для снижения его вероятности и ущерба.

Прогноз риска заключается в анализе тенденций изменения условий возникновения опасных событий для оценки риска на какой-то определенный период времени в будущем и главная проблема заключается в недостатке исходной информации, что может привести к статистической неопределенности и в дальнейшем может послужить причиной принятия ошибочного решения.

Наиболее правильным и полезным источником информации является статистика опасных явлений за прошедший период, и чем больше берется период времени, тем точнее получится прогноз на будущее. В исследованиях повторяемости явлений за прошедший период будут учтены специфические особенности возникновения, развития и функционирования выбранного опасного явления.

Для определения величины и частоты негативных последствий в результате реализации опасного явления изучается статистика его повторяемости, сила явления, количество жертв, площадь разрушений и экономический ущерб на выбранной территории, чтобы сделать наиболее вероятный прогноз.

Исследование статистики позволяет достигнуть цели – принятия решения по управлению рисками. И помимо расчета показателей риска, требуется выявить факторы риска и оценить степень их влияния, что требует наличия данных за достаточно продолжительный предшествующий период времени.

ГЛАВА 2. СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОПИСАНИЕ

2.1 Общая характеристика региона

Северо-Западный регион РФ состоит из территорий двух республик, шести областей, одного автономного округа и одного города особой важности:

- Республика Карелия
- Республика Коми
- Архангельская область
- Ненецкий автономный округ
- Вологодская область
- Мурманская область
- Ленинградская область
- Новгородская область
- Псковская область
- Калининградская область
- город федерального значения Санкт-Петербург

Вся площадь региона составляет 1 686 968 км², на которой проживает 13 843 556 чел. На территории расположено: городов – 128, поселков городского типа – 151, районов городских муниципальных образований, сельских районов – 131, категорированных городов - 26.

Сеть путей сообщения на территории региона достаточно развита и связывает Северо-Запад с основными коммуникациями других регионов, но на северных территориях региона она более редкая и технически хуже оборудована, чем в южной его части. Это объясняется неблагоприятным северным климатом и часто меняющимися условиями погоды в районах Крайнего Севера и Арктической зоны РФ. Транспортная структура там

практически отсутствует из-за высокой стоимости строительства и эксплуатации наземной транспортной инфраструктуры, речной и морской пути сообщения носят сезонный характер, и практически безальтернативным способом передвижения пассажиров и грузов является авиация.

Авиалинии на территории Северо-Западного региона связывают все главные промышленные и административные центры.

По данным госреестра в 2015г на территории Северо-западного региона расположено 56 аэродромов, из них 1 – категории А, 12 – категории В, 8 – категории Г, 2 – категории Д, 33 – категории Е. [160]

Наиболее крупные аэропорты:

- Пулково (С-Петербург)
- Мурманск
- Талаги (Архангельск)
- Бесовец (Петрозаводск)
- Сыктывкар

По состоянию на 10 сентября 2018 г в госреестре перечислены 18 аэропортов: 1 категории А, 13 категории В, 3 категории Г, 1 категории Д.

В рамках диссертационного исследования были исследованы климатические характеристики городов, где располагаются наиболее значимые аэродромы выбранного региона: г.Санкт-Петербург (Пулково), Петрозаводск (Бесовец), Сыктывкар, Воркута, Архангельск (Талаги), Нарьян-Мар, Вологда, Мурманск, Псков, Калининград (Храброво).

В качестве исходного материала использовалась информация, содержащаяся в массивах данных среднемесячной температуры воздуха, месячных сумм осадков, среднемесячного давления воздуха, суммарной продолжительности солнечного сияния и срочных данных основных метеорологических параметров на станциях России, созданных по данным, содержащимся на технических носителях Госфонда. Временной ряд наблюдений составляет от 50 до 200 лет. [129,130,132,133,134]

2.1 Климатическое описание аэродромов Северо-западного федерального округа

2.1.1 Ленинградская область, Санкт-Петербург

Большая часть территории Ленинградской области, кроме юго-восточной ее части, расположена на побережье Балтийского моря. Вся она расположена в зоне умеренного климата, заболочена, имеет густую речную сеть протяженностью около 50 тыс.км, на ней расположено около 1800 озер, включая самое крупное на европейской территории – Ладожское озеро.

Переходному от океанического к континентальному умеренному климату свойственна мягкая зима и умеренно теплое лето. Характерной особенностью климата этого района является непостоянство погоды из-за частой смены воздушных масс – арктических, континентальных и морских, в зависимости от района их формирования.

С южных и восточных направлений на территорию области приходят сухие континентальные воздушные массы, благодаря которым устанавливается сухая ясная погода, жаркая в теплый период года и морозная зимой. Со стороны Карского моря перемещаются очень холодные и сухие, сформировавшиеся надо льдом, арктические воздушные массы с сильным и резким понижением температуры и ясной погодой. С атлантическими циклонами с запада поступают морские воздушные массы, приносящие пасмурную погоду с осадками и сильным ветром, что летом делает достаточно холодным, а зимой приводит к резким потеплениям.

Частая смена воздушных масс обуславливает разнообразие синоптических процессов, значительную амплитуду суточных колебаний основных метеопараметров и практически все опасные явления погоды. На территории области наблюдаются метели, сильные снегопады, туманы, гололед, сильные ветры и шквалы, интенсивные ливневые осадки и продолжительные обложные дожди, грозы с градом, лесные пожары,

наводнения, засуха, а температура воздуха может меняться в течение суток на 20 и более градусов.

Санкт-Петербург расположен в пределах Приневской низменности на побережье Невской губы Финского залива и на многочисленных островах Невской дельты. Протяженность города с юго-востока на северо-запад составляет 90 км. Высота над уровнем моря от 1 м в центре до 30 метров на севере города.

Климат Санкт-Петербурга, так же, как и Ленинградской области, обусловленный географическим расположением территории, относится к умеренному типу, переходному от морского к континентальному. Наличие значительного количества облачности уменьшает в среднем за год приток прямой солнечной радиации на 60%, а суммарной – на 20%,

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1834 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.3) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.А рис.1,2).

Средняя температура воздуха в Санкт-Петербурге в течение года изменялась от $-7,6^{\circ}\text{C}$ до $+17,9^{\circ}\text{C}$. Минимальная средняя температура наблюдается в январе, абсолютный минимум наблюдался в январе 1883 года и составлял $-35,9^{\circ}\text{C}$. Максимальная средняя температура наблюдается в июле, абсолютный максимум наблюдался в августе 2010 г и составлял $37,1^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в начале апреля и ноябре.

Осадков за период с 1936-2015гг выпадало в среднем 659,7 мм в год. Летом наблюдается максимум в августе, когда в среднем выпадает 80,5 мм осадков. Минимальная норма осадков в марте – 35,3 мм. (рис.4, прил.А рис.3,4)

На графиках в приложении видно, что за последние 80 лет количество снежных осадков снизилось, а количество жидких осадков увеличилось, что

объясняется повышением среднегодовой температуры с 1834 года почти на 3 градуса. При этом общее количество осадков тоже выросло в среднем почти на 100 мм за год.

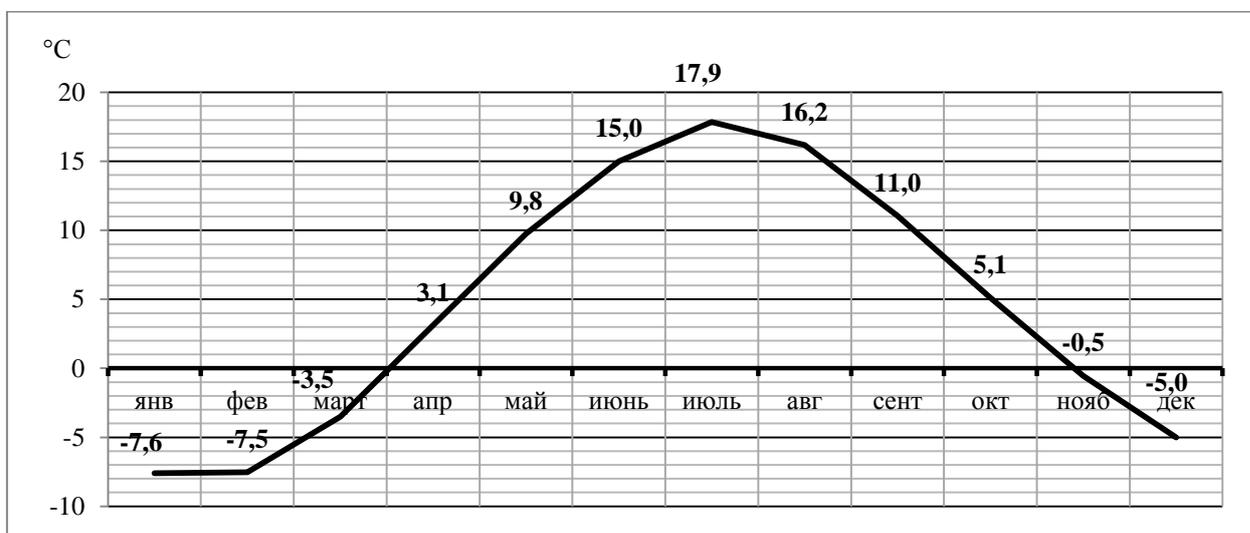


Рисунок 3 – Годовой ход средней температуры за период с 1834 по 2016гг

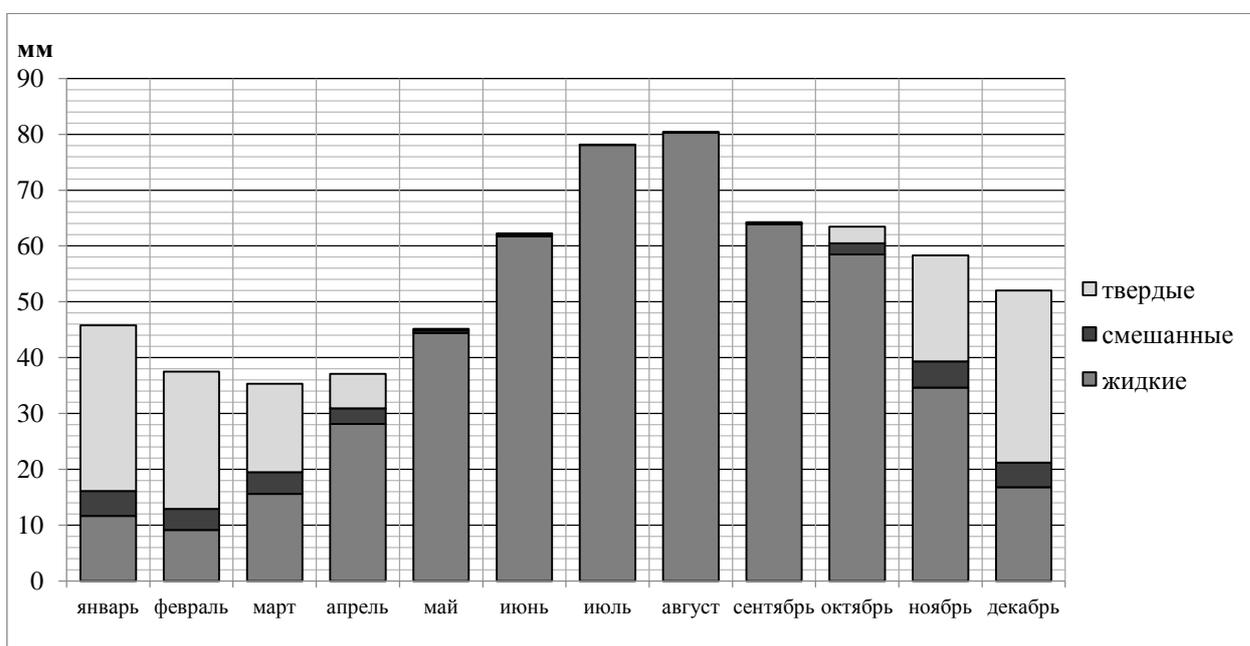


Рисунок 4 – Годовой ход количества осадков различного типа

По количеству дней с дождем преобладает август – в среднем 19 дней в месяц. Минимум дождливых дней приходится на зимний период – 2-3 дня в

месяц. Максимум снежных дней тоже наблюдается в зимние месяцы – в среднем по 17 дней в месяц.

Снежный покров держится с октября по апрель и составляет в сумме 118 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в январе – 28, минимум в октябре – 2 дня. Наибольшая средняя высота покрова приходится на февраль – 19 см, минимальная на март – 1 см. Максимальная высота наблюдалась в марте – 73 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход (рис.5). В среднем значение влажности находится на отметке 78%, меняясь от максимума 87% в октябре до минимального значения 65% в мае.

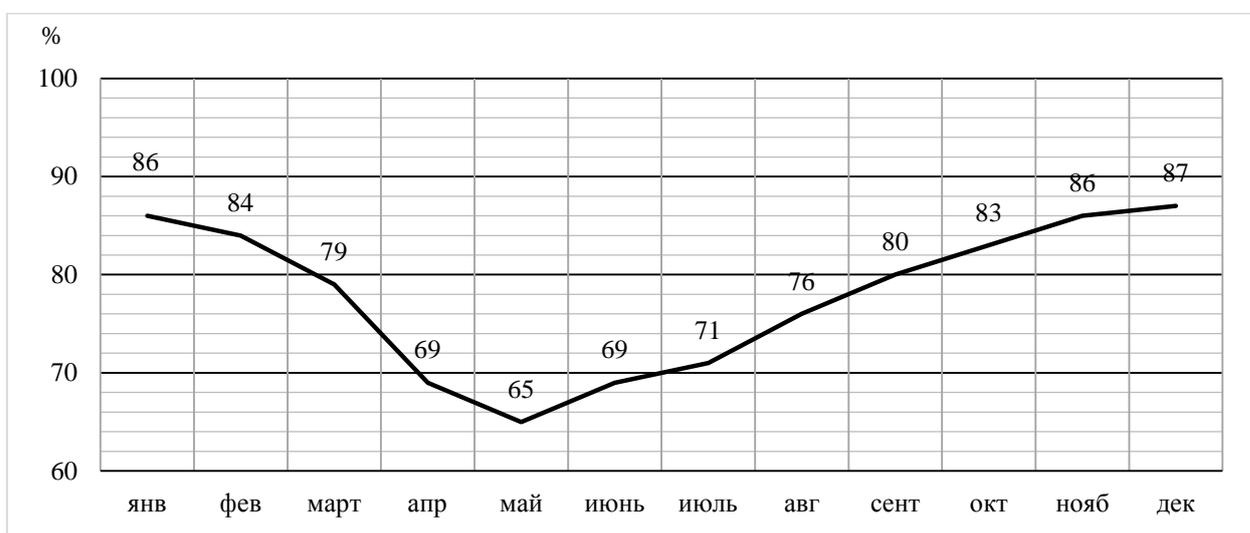


Рисунок 5 – Годовой ход влажности воздуха

На рис.6 представлен годовой ход среднемесячного давления в период с 1936 по 2015гг. Максимальное среднее значение атмосферного давления наблюдается в мае – 1014,7 гПа, минимальное давление приходится на июль – 1011 гПа. Изменение среднегодового значения атмосферного давления за весь выбранный период представлено в прил.А на рис.5.

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.7 и в прил.А на рис.6. Средняя скорость ветра составляет 2,2 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в июле-августе – 1,8 м/с, максимальная – с ноября по январь – 2,6 м/с.

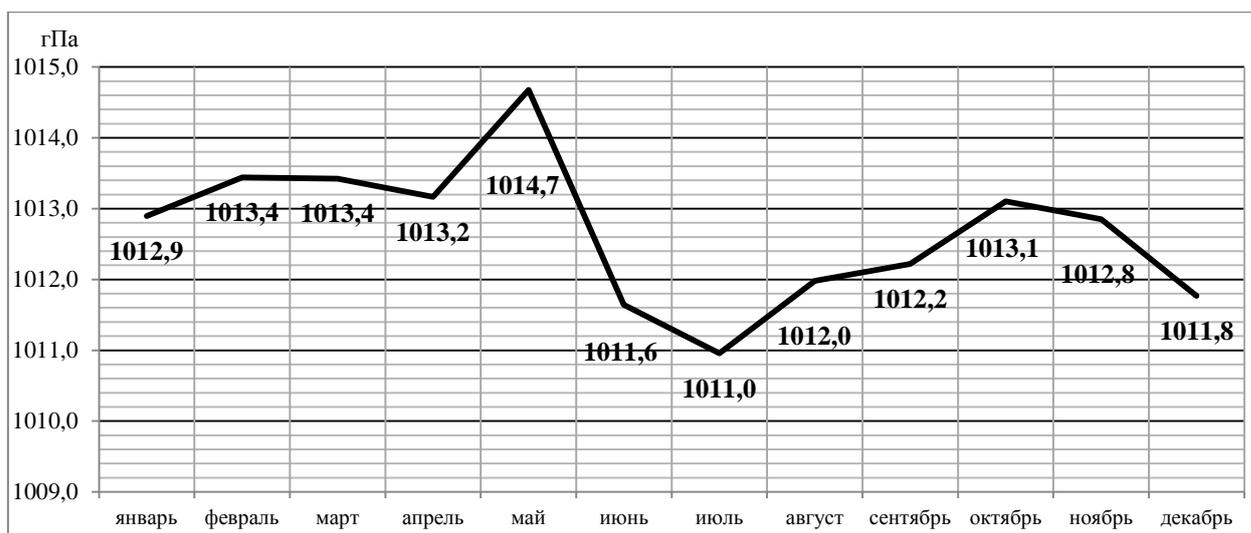


Рисунок 6 – Годовой ход атмосферного давления

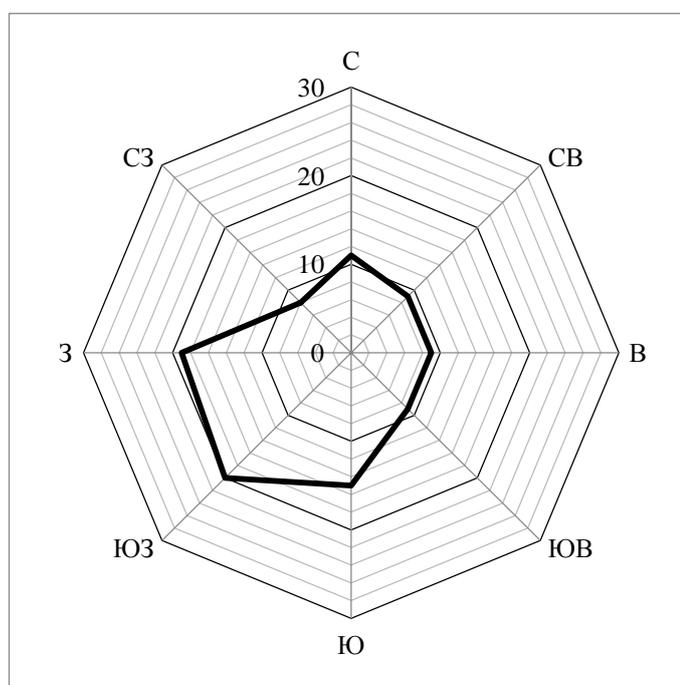


Рисунок 7 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

Чаще всего за год ветер дует с юго-западного направления – 20% случаев и преобладает с сентября по декабрь и в марте. На втором месте по повторяемости западный ветер – 19% случаев за год и преобладание в январе и с апреля по август. Максимальная повторяемость за месяц 24% принадлежит западному ветру и зафиксирована в июне-июле, 23% юго-западного ветра – в октябре. Это объясняется географическим

расположением города на берегу Балтийского моря (Финского залива). Летом преобладают западные и северо-западные ветры, зимой — западные и юго-западные.

На рис. 8 представлен годовой ход среднемесячной суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1894 по 2016 гг. За год в среднем в Санкт-Петербурге солнце светит около 1582 часов. В годовом ходе максимум продолжительности сияния солнца приходится на июль – 273 часа, а минимум наблюдается в декабре – в среднем за выбранный период около 10 часов в месяц.

В прил.А на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1894 по 2016 гг.

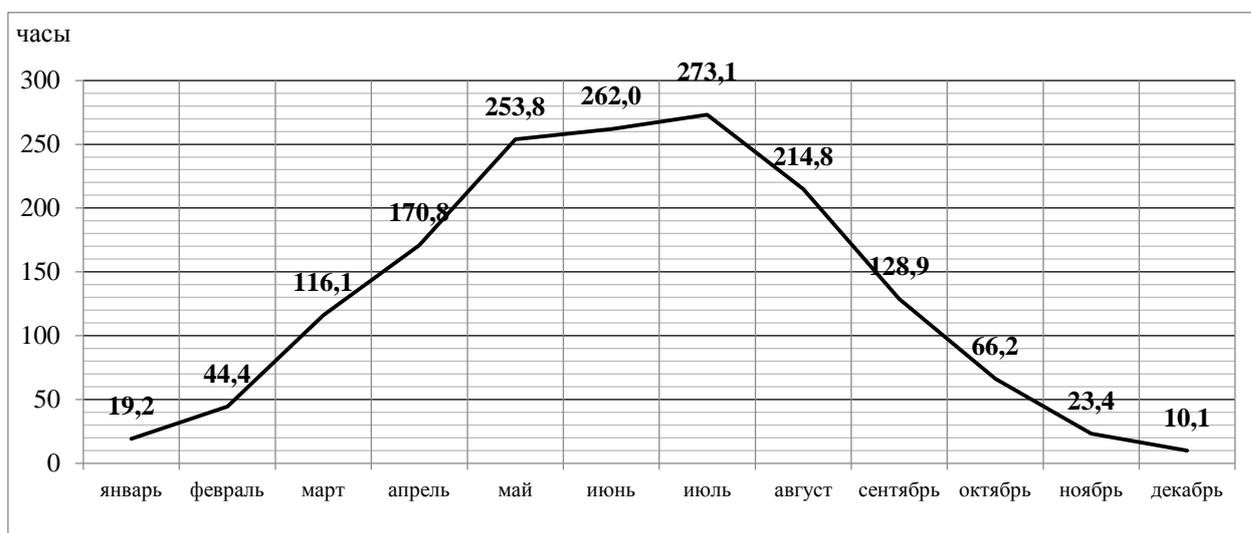


Рисунок 8 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

Распределение облачности по ярусам и ее повторяемость так же зависит от расположенных рядом с городом обширных водоемов Финского залива и Ладожского озера. В среднем за год облачность над городом составляет 7,3 балла, максимальное количество облаков наблюдается в декабре – 8,7 балла, а минимальное в мае – 6,2 балла (прил.А рис.8).

Полностью ясных дней в среднем за год – 21, максимальное количество безоблачных дней – 3 дня в месяц зафиксированы в период с марта по май,

минимальное количество ясных дней с сентября по февраль – в среднем по 1 дню в месяц. Пасмурных дней за год – 180, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – с ноября по январь - 21,23 и 22 дня соответственно, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в июле – 9 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 5,5 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в октябре и ноябре – 7,6 балла, минимальное в мае – 3,8 балла.

На нижнем ярусе облачность полностью отсутствует в среднем 72 дня в году. Максимум – 10 дней в месяц в апреле и мае, минимум – 2 дня в месяц в ноябре и декабре. Полностью затянутый облаками нижний ярус наблюдался 110 дней за год. Максимум 18 дней – в декабре, минимум 3 дня – в мае и июле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно.

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 41% за год и более 50% в осенние месяцы (прил.А рис.9). Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 0,8% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, но если в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше процента от всех видов облачности, то в летние месяцы они составляют от 24 до 29%. Годовой ход повторяемости кучево-дождевой облачности более ровный и колеблется от 5% с февраля по апрель до 12% с июня по август.

2.1.2 Петрозаводск (Карелия)

Республика Карелия располагается в северо-западной части России. На северо-востоке территории области находится Белое море, на западе – Западно-Карельская возвышенность, поэтому климат меняется от морского к

умеренно-континентальному. Для этого климата характерны непродолжительное теплое и дождливое лето и снежная, холодная, но без особых морозов, зима.

На преимущественно холмистой поверхности области насчитывается около 27 000 рек и около 60 000 озёр. Территория Карелии на 85 % занята государственным лесным фондом.

Петрозаводск расположен на берегу Онежского озера, второго по величине озера в Европе, на территории Восточно-Европейской равнины и приравнен к районам Крайнего Севера. Город окружён лесами с юго-западной стороны, а его протяженность вдоль побережья озера составляет 21,7 км. Наиболее высокая точка в городе — гора Кукковка (193 м).

Климат в Петрозаводске умеренно-континентальный с чертами морского с продолжительной мягкой зимой и прохладным коротким летом.

С запада на территорию области часто приходят циклоны, что приводит к неустойчивой погоде с большим количеством пасмурных дней и осадков. Когда территория оказывается под влиянием Европейского антициклона, температура воздуха может достигать 30°C.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1950 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.9) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.Б рис.1,2)

Средняя температура воздуха в Петрозаводске изменялась от -9,8°C до +16,4°C. Минимальная средняя температура наблюдается в январе, абсолютный минимум наблюдался в январе 1987 года и составлял -41,6°C. Максимальная средняя температура наблюдается в июле, абсолютный максимум наблюдался в июле 2010г и составлял +33,9°C. Переход средней температуры через ноль наблюдается в апреле и ноябре.

Осадков за период с 1936 по 2015гг выпадало в среднем 630 мм в год. Летом наблюдается максимум в августе, когда в среднем выпадает 79 мм

осадков. Минимальная количество осадков в феврале – 31 мм (рис.10, прил.Б рис.3,4).

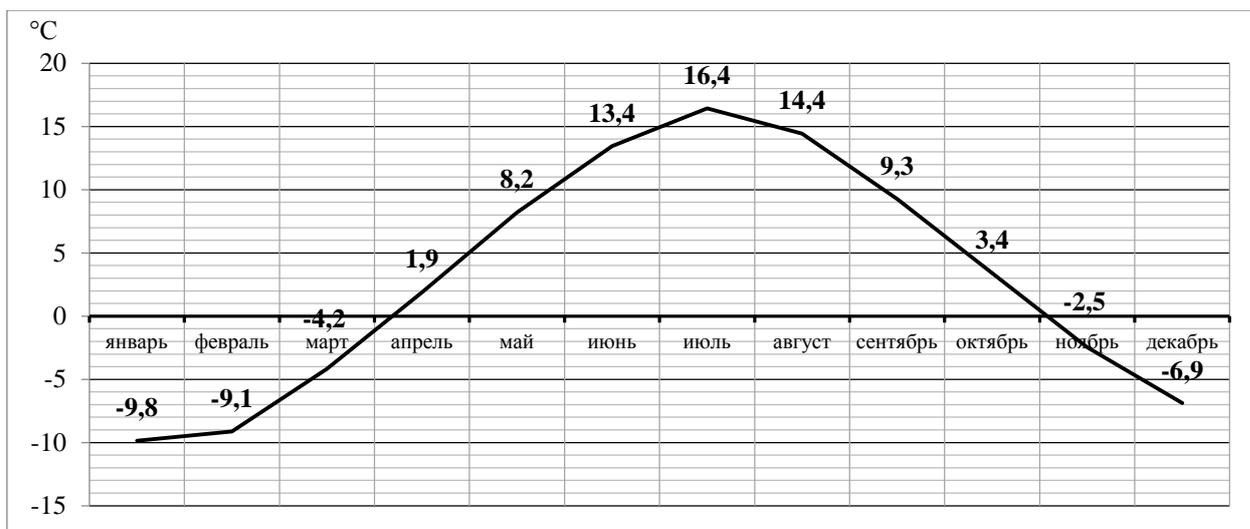


Рисунок 9 – Годовой ход средней температуры за период с 1950 по 2016гг

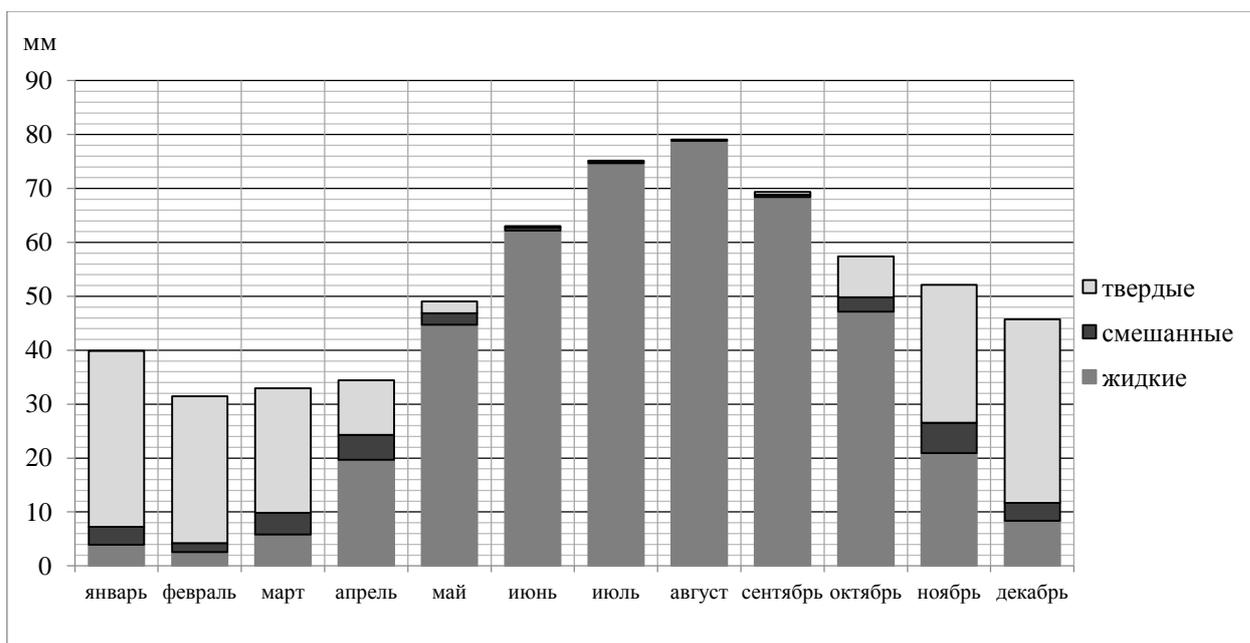


Рисунок 10 – Годовой ход количества осадков различного типа

Дождь в Петрозаводске наблюдается в течение всего года, снег – в период с октября по июнь. По количеству дней с дождем преобладает сентябрь – в среднем 19 дней в месяц. Максимум снежных дней наблюдается в зимние месяцы: январь и декабрь – в среднем по 22 дня.

Снежный покров держится с октября по май и составляет в сумме 95 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в декабре, январе и марте – 18, минимум в мае – один раз за 5 лет. Наибольшая средняя высота покрова приходится на март – 22 см, минимальная на ноябрь и апрель – 5 см. Максимальная высота наблюдалась в марте – 79 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.11) В среднем значение влажности находится на отметке 80%, меняясь от максимума 89% в ноябре и декабре до минимального значения 66% в мае.

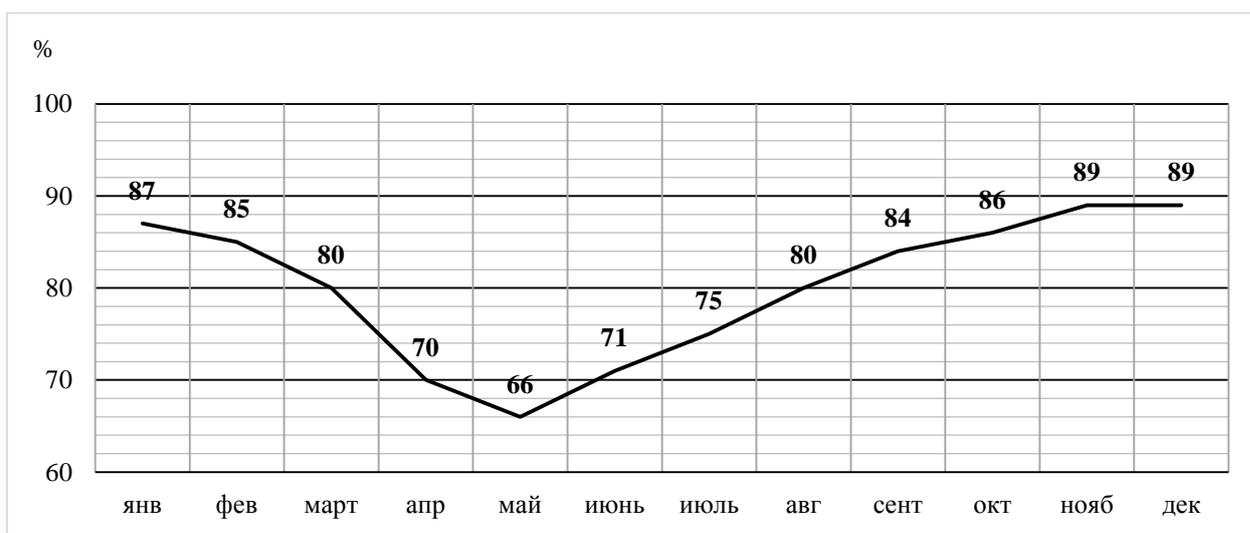


Рисунок 11 – Годовой ход влажности воздуха

На рис.12 представлен годовой ход атмосферного давления за период с 1949 по 2016гг. Максимальное давление в среднем за месяц наблюдается в мае, а минимум приходится на декабрь – 1001,8 и 997 гПа соответственно. Изменение среднегодового давления за весь выбранный период представлено в прил.Б на рис.5.

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.13. и в прил.Б рис.6. Средняя скорость ветра составляет 2,8 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в июле – 2,2 м/с, максимальная – с ноября по март – 3,1 м/с.

Чаще всего за год ветер дует с юго-западного направления – 24% случаев и преобладает в марте и апреле, с июля по октябрь. На втором месте

по повторяемости западный ветер – 23% случаев за год и преобладание с ноября по февраль. Максимальная повторяемость за месяц 30% принадлежит западному ветру и зафиксирована в январе-декабре.

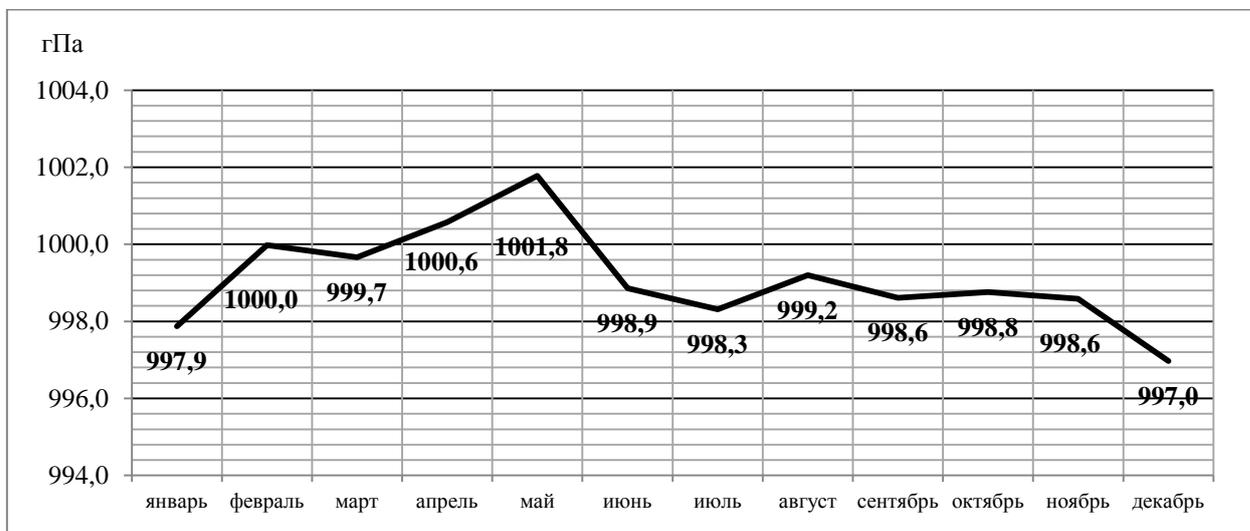


Рисунок 12 – Годовой ход атмосферного давления

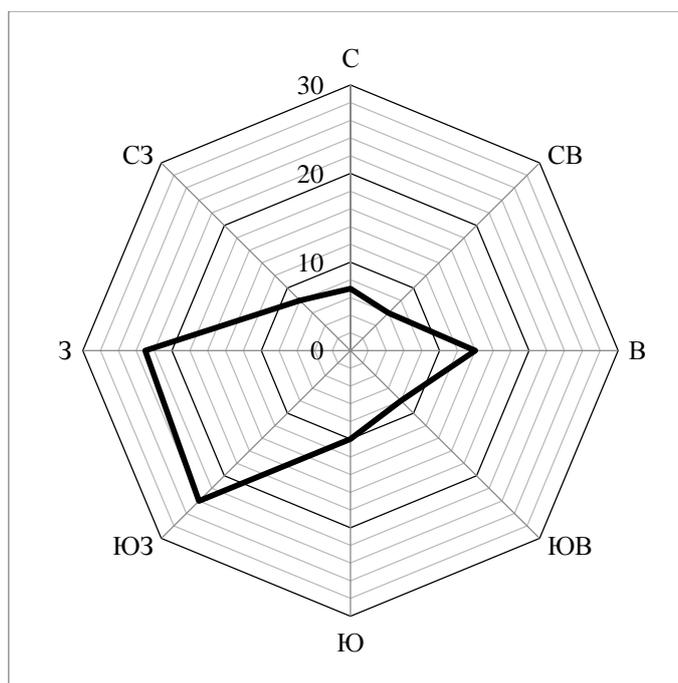


Рисунок 13 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

На рис. 14 представлен годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1966 по 2016гг.

В среднем за год продолжительность солнечного сияния составляет 1687 часов. Максимальная продолжительность приходится на июль – в среднем 291 час за месяц. Минимум солнца наблюдается в декабре – в среднем 8 часов за месяц. В прил.Б на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1966 по 2016гг.

За год облачность над городом составляет в среднем 7,6 балла, максимальное количество облаков наблюдается в ноябре – 8,7 балла, а минимальное в апреле, мае и июле – 6,9 балла. (прил.Б рис.8)

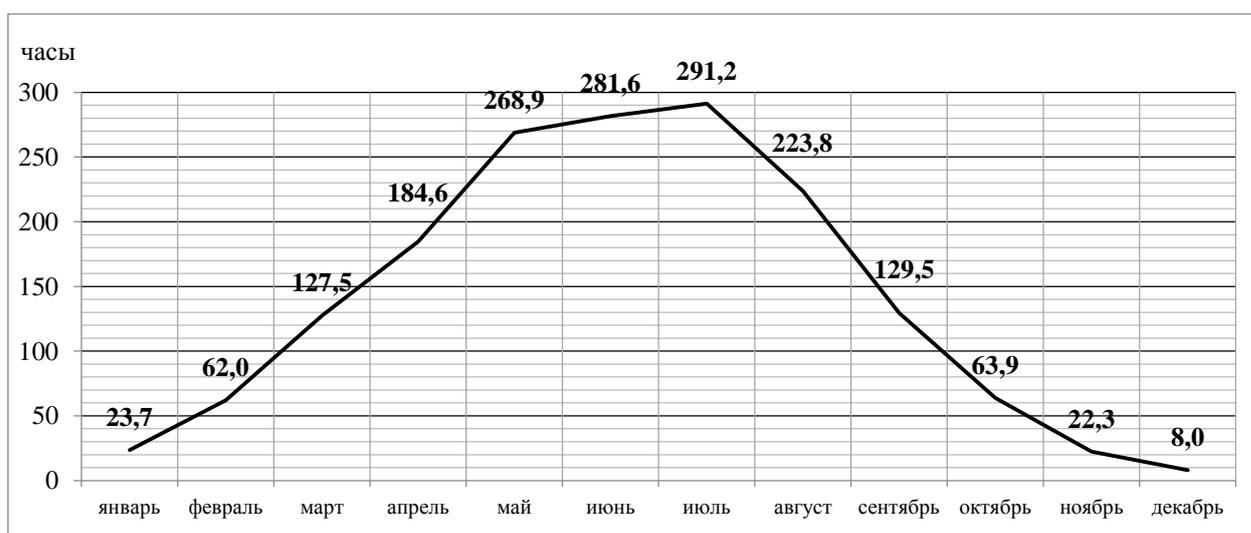


Рисунок 14 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

Полностью ясных дней в среднем за год – 16, максимальное количество безоблачных дней – 3 дня в месяц зафиксированы в марте, а в ноябре не было ни одного ясного дня. Пасмурных дней за год – 197, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – в ноябре и декабре – 22 дня, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в июле – 12 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 4,2 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в ноябре – 6,5 балла, минимальное в апреле – 2,9 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 110 дней в году. Максимум – 14 дней в апреле, минимум – 3 дня в ноябре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 58 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в ноябре – 12 дней, минимальное – 1 день в июне и июле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно.

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 42% за год и до 60% в ноябре. (прил.Б рис.9) Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 0,1% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, но если в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше процента от всех видов облачности, то в летние месяцы они составляют до 20% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается чаще – от 5% зимой до 25% в июле.

2.1.3 Сыктывкар (Республика Коми)

Республика расположена на северо-востоке Европейской части Российской Федерации в пределах Печорской и Мезенско-Вычегодской низменностей, Среднего и Южного Тимана, западных склонов Уральских гор (Северный, Приполярный и Полярный Урал).

Город Сыктывкар приравнен к районам Крайнего Севера с умеренно-континентальным типом климата, которому свойственна холодная и продолжительная зима и короткое лето.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1818 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.15) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.В рис.1,2).

Минимальная среднемесячная температура в течение года наблюдается в январе $-15,2^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум наблюдался в январе 1973 года и составлял $-46,6^{\circ}\text{C}$. Максимальная средняя температура наблюдается в июле $+16,8^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум наблюдался в июне 1963г и составлял $+35,3^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в апреле и октябре.

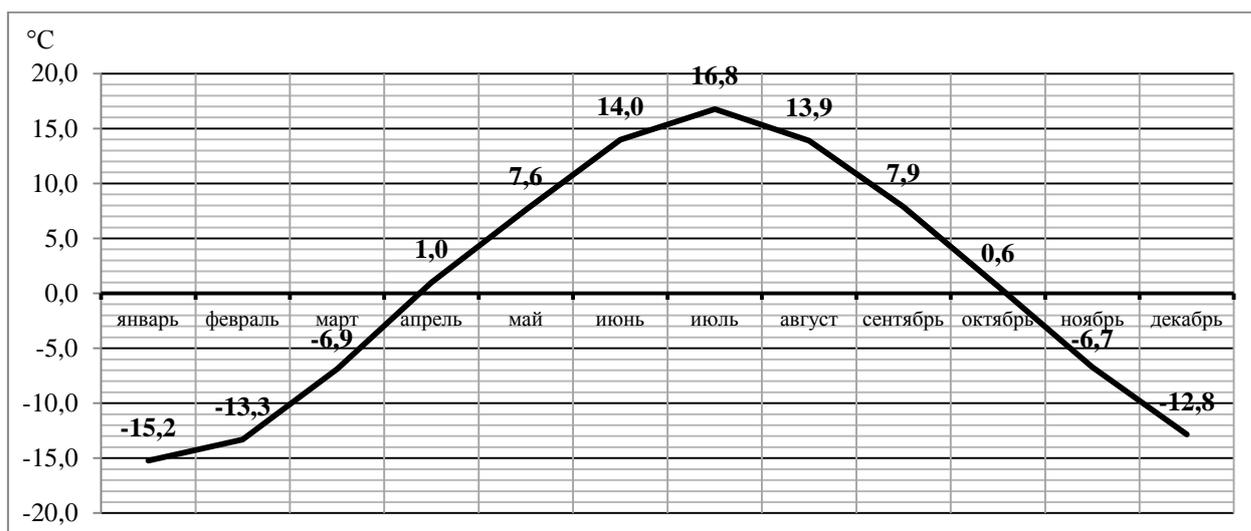


Рисунок 15 – Годовой ход средней температуры за период с 1818 по 2016гг

Осадков за период с 1950 до 2015 выпадало в среднем 646 мм в год. Летом наблюдался максимум в июле, когда в среднем выпадает 74 мм осадков. Минимальная норма осадков в феврале – 35 мм. (рис.16, прил.В рис.3,4) Как видно из графиков в среднем общее количество осадков за выбранный период увеличилось примерно на 100 мм за год

Дождь в Сыктывкаре наблюдался в течение почти всего года, за исключением февраля, снег – в период с сентября по май. По количеству дней с дождем преобладает август – в среднем 21 день за месяц. Минимум дождливых дней приходится на зимние месяцы – примерно 1 день раз в 5 лет. Максимум снежных дней наблюдался в январе – 24 дня.

Снежный покров держится с сентября по май и составляет в сумме 182 дня. Максимум дней со снегом наблюдается в декабре, январе и марте – 31

день, 1 раз за 5 лет снег наблюдался в сентябре. Наибольшая средняя высота покрова приходится на март – 71 см, минимальная на май – 1 см. Максимальная высота наблюдалась в марте – 127 см.

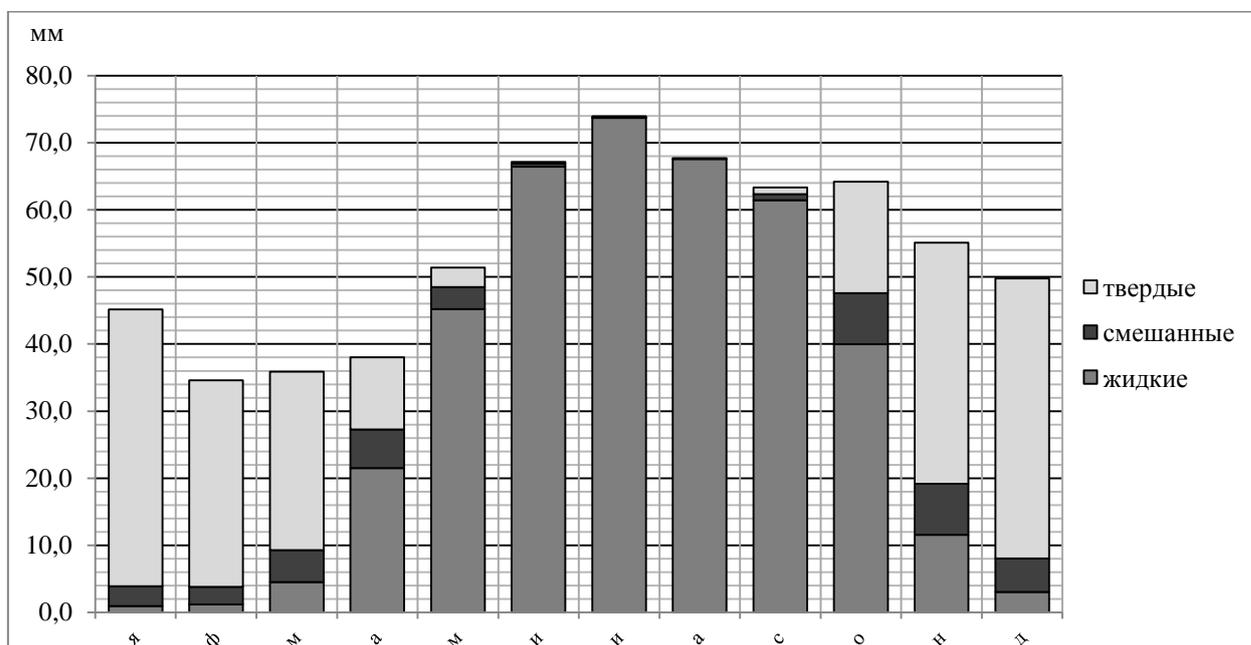


Рисунок 16 – Годовой ход количества осадков различного типа

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход (рис.17). В среднем значение влажности находится на отметке 78%, меняясь от максимума 86% в октябре и ноябре до минимального значения 64% в мае.

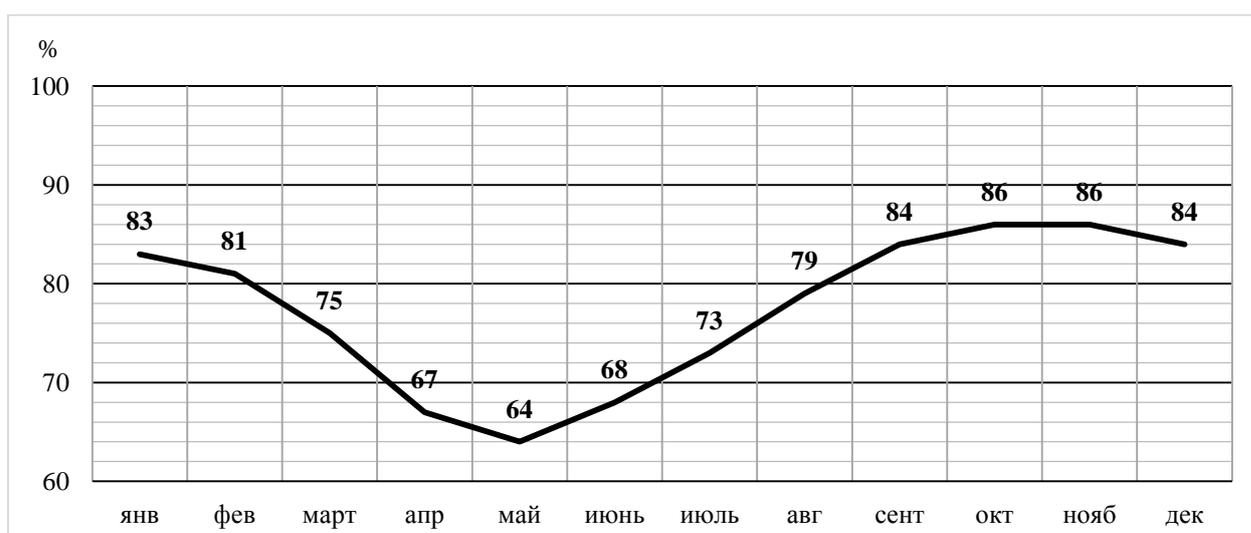


Рисунок 17 – Годовой ход влажности воздуха

На рис. 18 представлен годовой ход среднемесячного давления в период с 1966 по 2016гг. Максимум среднего давления приходится на февраль и составляет 1002 гПа, а минимум наблюдается в июне – 997 гПа. Изменение среднегодового давления за весь выбранный период представлен в прил.В на рис.5.

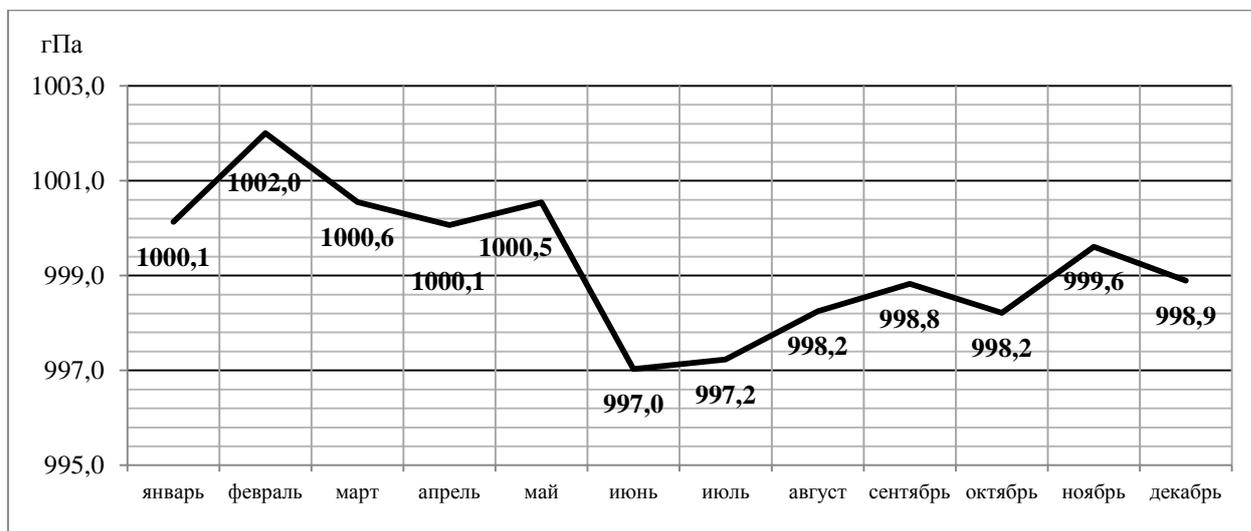


Рисунок 18 – Годовой ход атмосферного давления

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.19 и в прил.В на рис 6. Средняя скорость ветра составляет 2,6 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в июле и августе – 2,2 м/с, максимальная – в октябре, январе и марте – 2,8 м/с.

Чаще всего за год ветер дует с юга – 26% случаев и преобладает почти весь год, кроме июля, когда преобладает северный ветер. На втором месте по повторяемости юго-западный ветер – 17% случаев за год. Максимальная повторяемость за месяц 36-38% принадлежит южному ветру и зафиксирована с декабря по март.

На рис. 20 представлен годовой ход среднемесячной суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1931 по 2016гг.

За год в среднем в Сыктывкаре солнце светит в течение 1554 часов. В годовом ходе максимум приходится на июль и составляет в среднем 290,7 часов, минимальное количество солнца наблюдается в декабре – в среднем

около 8 часов за месяц. В прил.В. на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1931 по 2016гг.

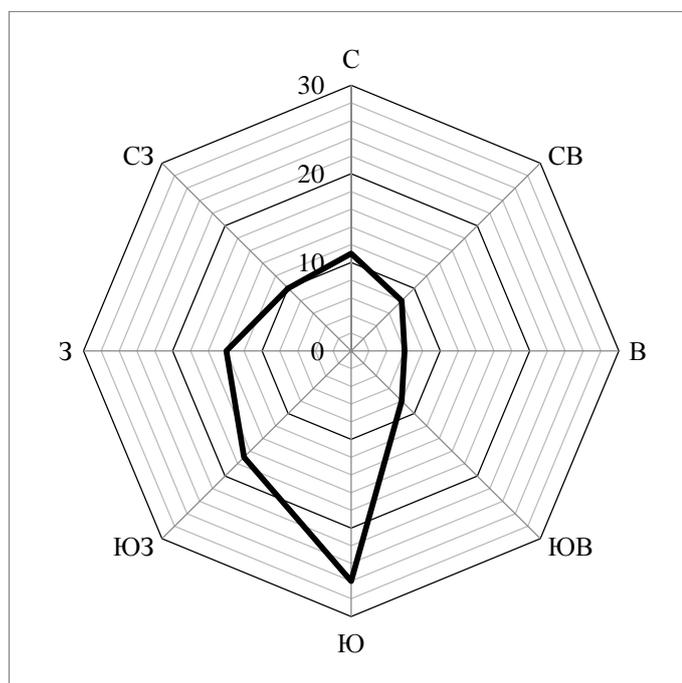


Рисунок 19 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

В среднем за год облачность над городом составляет 7,9 балла, максимальное количество облаков наблюдается в октябре и ноябре – 8,8 балла, а минимальное в апреле – 7,2 балла. (прил.В рис.8)

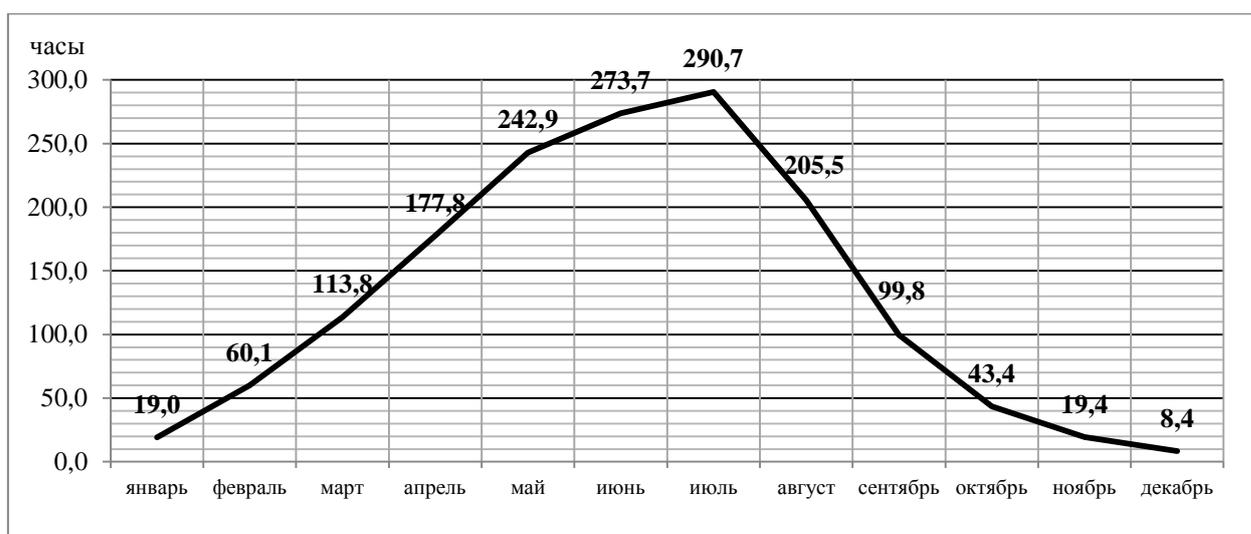


Рисунок 20 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

Полностью ясных дней в среднем за год – 10, максимальное количество безоблачных дней – 2 дня в месяц зафиксированы в феврале и марте, а в июне, июле, октябре и ноябре не было ни одного ясного дня. Пасмурных дней за год – 214, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – в октябре – 24 дня, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в июле – 13 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 4,6 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в октябре – 6,9 балла, минимальное в апреле – 3,3 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 105 дней в году. Максимум – 13 дней в апреле, минимум – 4 дня в октябре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 81 день в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в октябре и ноябре – 14 дней, минимальное – 3 дня в апреле, июне и июле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно.

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 36% за год и 53% в октябре. (прил.В рис.9) Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 1% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше 0,2% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 26% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается: минимум - 4% в декабре, максимум – 20% в июне и июле.

2.1.4 Воркута (Республика Коми)

Город Воркута расположен на территории Республики Коми и относится к районам Крайнего Севера. Климат Воркуты субарктический, но смягчается влиянием Полярного Урала и западного сектора Арктики. Зимой

Сибирский антициклон почти не оказывает влияния на территории Воркуты и в результате прохождения теплых фронтов наблюдаются частые колебания температуры от -40°C до плюсовых значений. В теплое время года, которое составляет около 70 суток, большое количество пасмурных дней, что объясняется совокупностью влияния холодных и влажных фронтов,двигающихся с Арктики и теплых фронтов с Атлантики.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1959 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.21) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.Г рис.1,2).

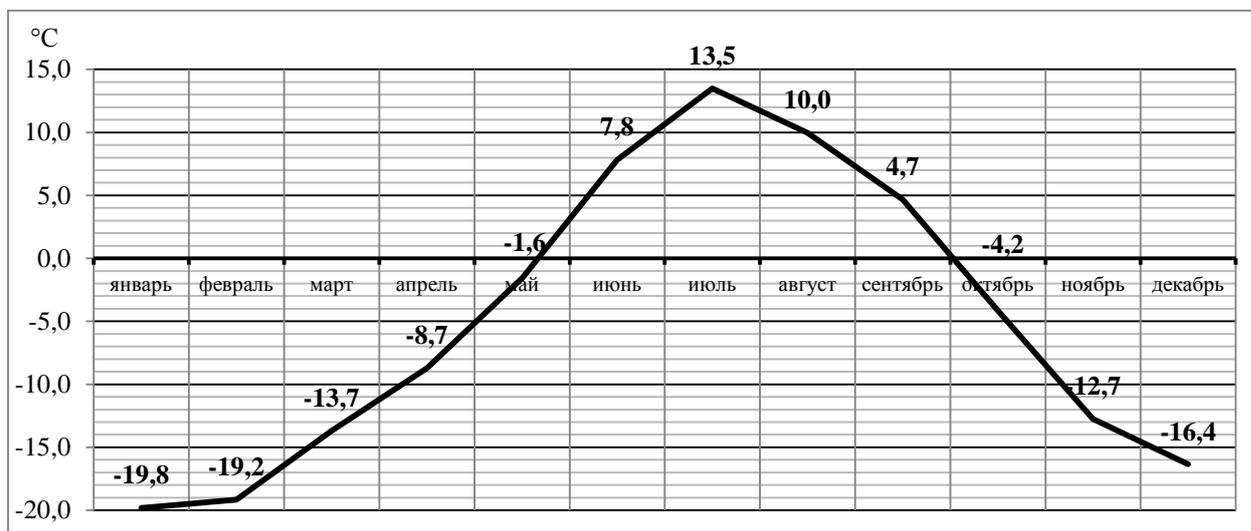


Рисунок 21 – Годовой ход средней температуры за период с 1959 по 2016гг

Минимальная средняя температура за год наблюдается в январе - $19,8^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум наблюдался в декабре 1978 года и составлял $-52,0^{\circ}\text{C}$. Максимальная средняя температура наблюдается в июле $+13,5^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум наблюдался в июле 1990 г и составлял $+33,8^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в мае и в начале октября.

Осадков за период 1960 по 2015гг выпадало в среднем 737 мм в год. Летом наблюдался максимум в августе, когда в среднем выпадает 78,4 мм осадков. Минимальное количество осадков приходится на апрель – 43,8 мм. (рис. 22, прил.Г рис.3,4)

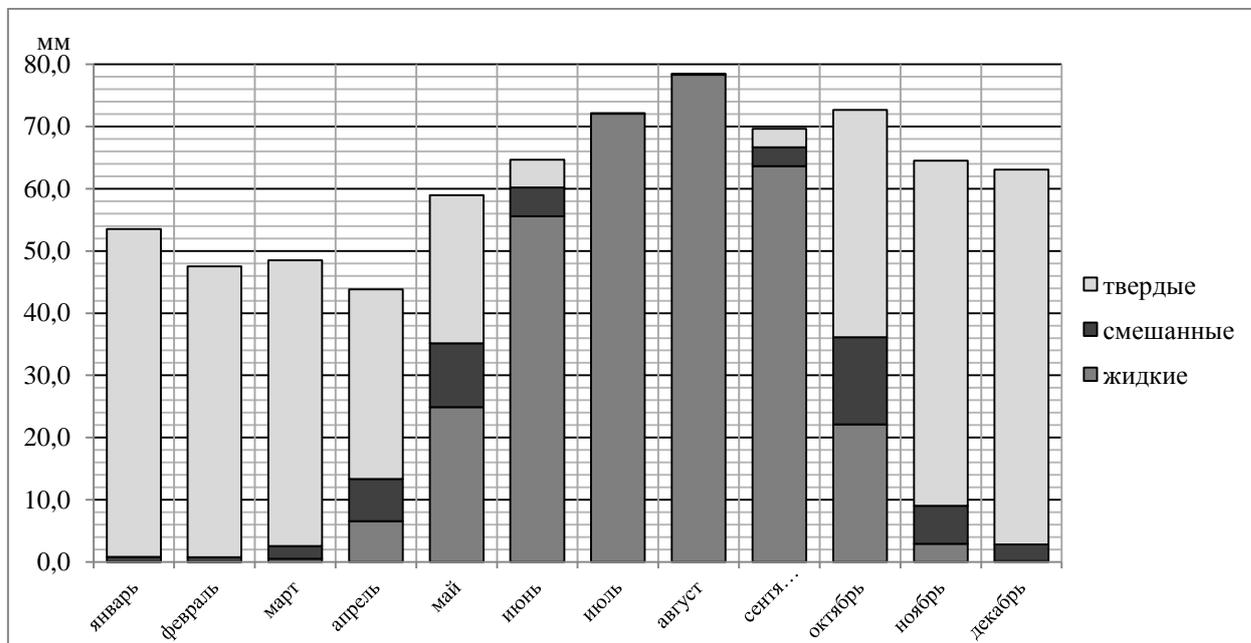


Рисунок 22 – Годовой ход количества осадков различного типа

Как видно из графиков в приложении общее количество осадков за выбранный период незначительно снижается примерно на 10 мм в год в основном за счет снижения количества твердых осадков, что может объясняться повышением среднегодовой температуры за этот период примерно на 1,5°C.

Дождь наблюдался с апреля по октябрь, снег – в течение всего года. По количеству дней с дождем преобладает август – среднее количество дней с дождем – 22. Максимум снежных дней наблюдался в декабре – 26 дней. В июне и сентябре твердые осадки в среднем наблюдались 4 дня в месяц. Также один раз за 10 лет снег наблюдался в июле и августе.

Снежный покров держится с сентября по июнь и составляет в сумме 215 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в декабре – 29, минимум в сентябре – в среднем 1 раз в месяц. Наибольшая средняя высота покрова

приходится на апрель – 84 см, минимальная на июнь – 4 см. Максимальная высота наблюдалась в марте и апреле – 180 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход (рис.23). В среднем значение влажности находится на отметке 81%, меняясь от максимума 88% в октябре до минимального значения 72% в июне.

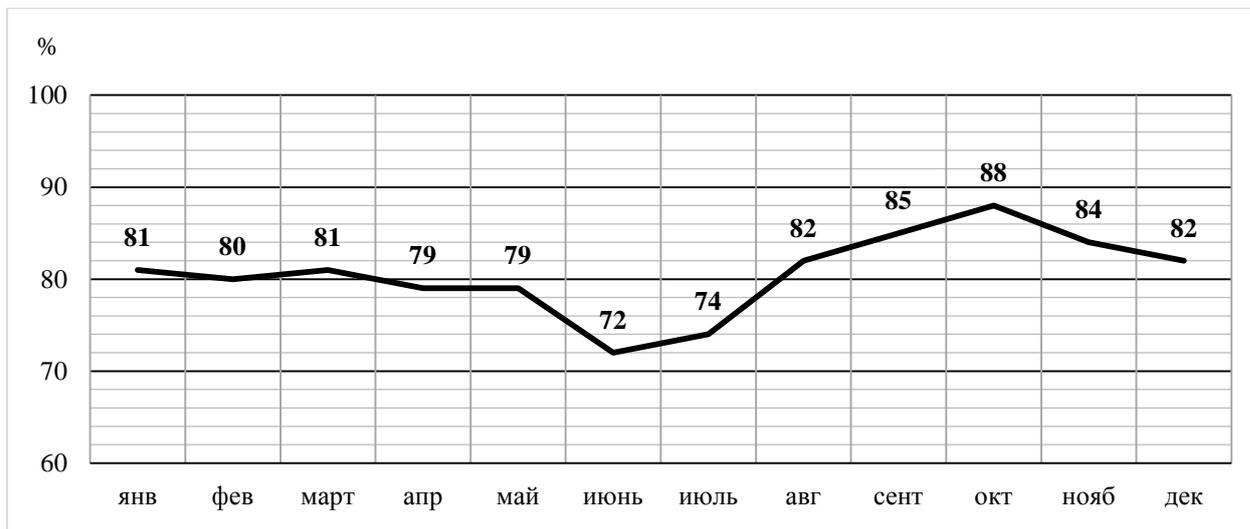


Рисунок 23 – Годовой ход влажности воздуха

На рис. 24 представлен годовой ход среднемесячного давления воздуха в период с 1961 по 2016гг. Минимальное среднее давление наблюдается в октябре и составляет 995,1 гПа, а максимальные значения приходятся на февраль и май – 1000,3 и 1000,1гПа соответственно. Изменение среднего за год атмосферного давления за весь период представлено в прил.Г на рис.5.

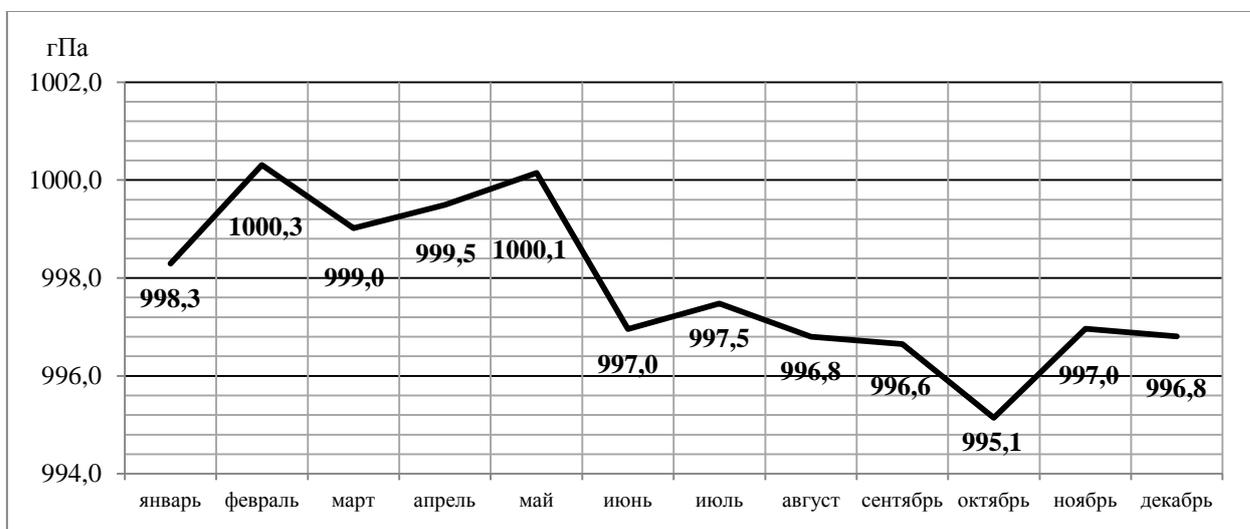


Рисунок 24 – годовой ход атмосферного давления

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.25 и в прил.Г. на рис.6. Средняя скорость ветра составляет 5,3 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в августе – 4,3 м/с, максимальная – в январе – 6,0 м/с.

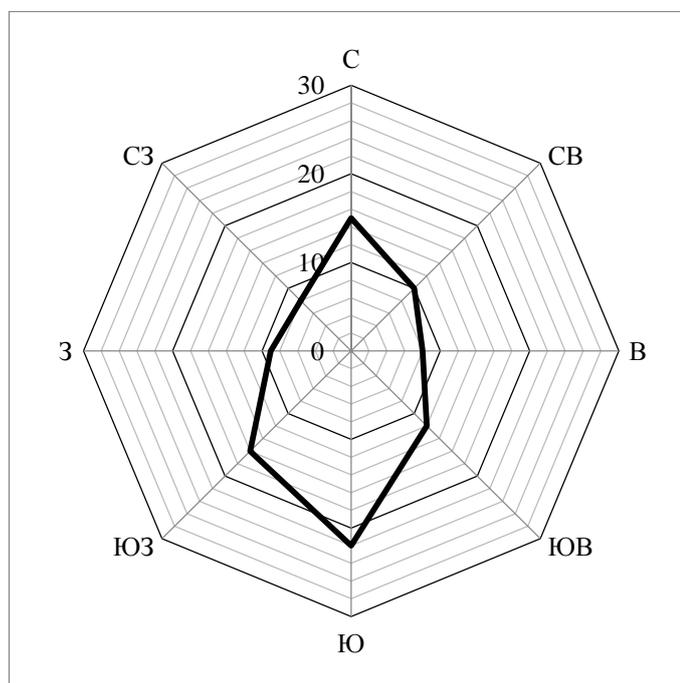


Рисунок 25 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

Чаще всего за год ветер дует с юга – 22% случаев и преобладает сентября по апрель, с мая по август преобладает северный ветер. На втором месте по повторяемости юго-западный ветер – 16% случаев за год. Максимальная повторяемость за месяц 33-34% принадлежит южному ветру и зафиксирована с декабря по февраль.

На рис. 26 представлен годовой ход среднемесячной суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1961 по 2016гг.

За год в среднем в Воркуте солнце светит 1388 часов. В годовом ходе максимум наблюдается в июле – 277,5 часов, а в декабре солнца практически не бывает. В прил.Г на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1961 по 2016гг.

В среднем за год облачность над городом составляет 7,7 балла, максимальное количество облаков наблюдается в октябре – 8,7 балла, а минимальное в феврале – 6,8 балла. (прил.Г рис.8) Полностью ясных дней в

среднем за год – 25, максимальное количество безоблачных дней – 3 дня в месяц зафиксированы с декабря по апрель.

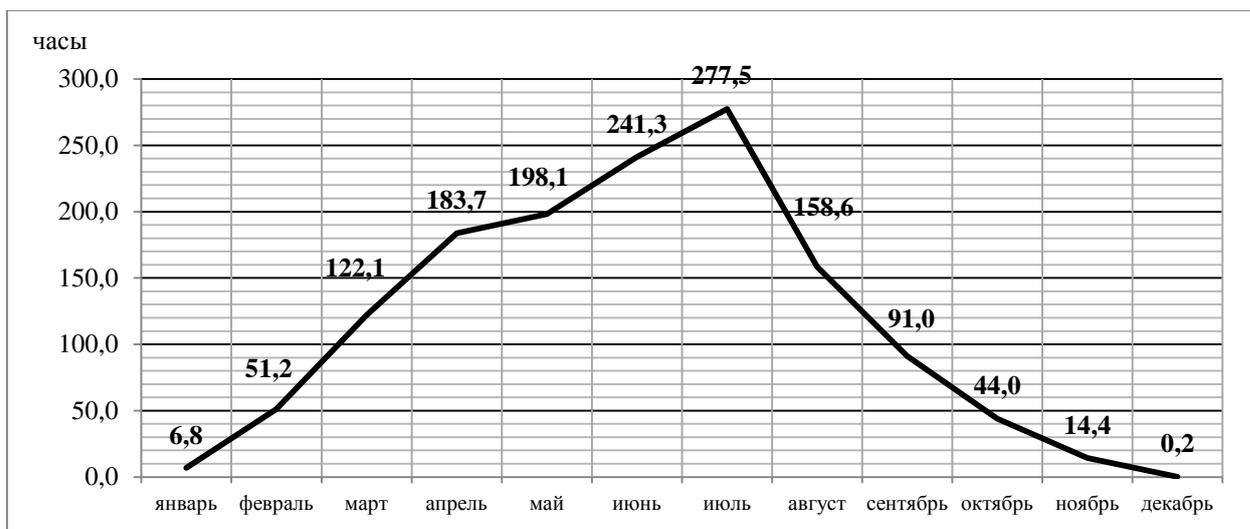


Рисунок 26 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

Пасмурных дней за год – 215, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – в октябре – 23 дня, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в феврале и апреле – в среднем 14 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 4,6 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в октябре – 6,5 балла, минимальное в феврале – 2,6 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 119 дней в году. Максимум – 15 дней с января по март, минимум – 4 дня в октябре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 93 день в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в октябре – 14 дней, минимальное – 3 дня в феврале и апреле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.Г рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается высококучевая – 30% за год и 37% в июле. Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 0,3% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше 0,1% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 10% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается: минимум - 8% в феврале, максимум – 24% в мае.

2.1.5 Архангельск (Архангельская область)

Область располагается на севере Восточно-Европейской равнины. Значительная часть территории относится к районам Крайнего Севера. Климат над равнинной частью территории умеренно-континентальный, переходящий на побережье в умеренно морской, на северо-востоке области – субарктический. Из-за частой смены воздушных масс из Арктики и средних широт погода в области неустойчивая.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1813 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.27) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.Д рис.1,2).

В годовом ходе минимальная средняя температура наблюдается в январе $-13,1^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум наблюдался в январе 1885 года и составлял $-45,2^{\circ}\text{C}$. Максимальная средняя температура за год наблюдается в июле $+15,8^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум наблюдался в июле 1972г и составлял $+34,4^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в апреле и октябре.

Осадков за период с 1936 по 2015гг выпадало в среднем 664 мм в год. Максимум наблюдается в августе и октябре, когда в среднем выпадает 70 мм

осадков. Минимальная норма осадков в апреле – 39 мм. (рис.28, прил.Д рис.3,4)

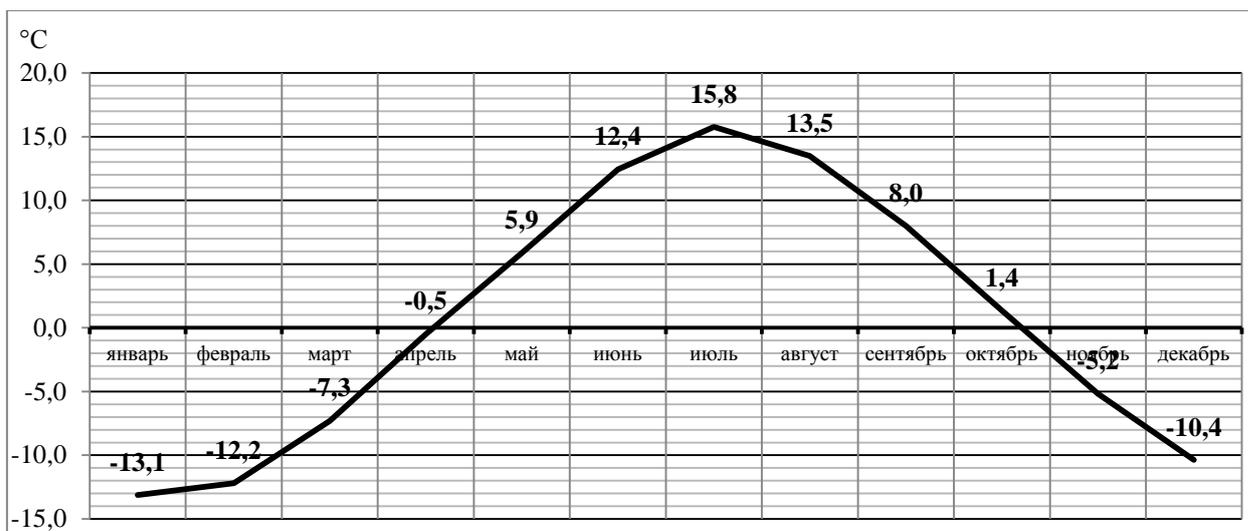


Рисунок 27 – Годовой ход средней температуры воздуха за период с 1813 по 2016гг

Дождь наблюдался в течение всего года, снег – с сентября по июнь. По количеству дней с дождем преобладает август и сентябрь – среднее количество дней с дождем – 20. Максимум снежных дней наблюдался в январе – 25 дней. В сентябре твердые осадки в среднем наблюдались менее, чем раз в 3 года. Также один раз за 5 лет снег наблюдался в июне.

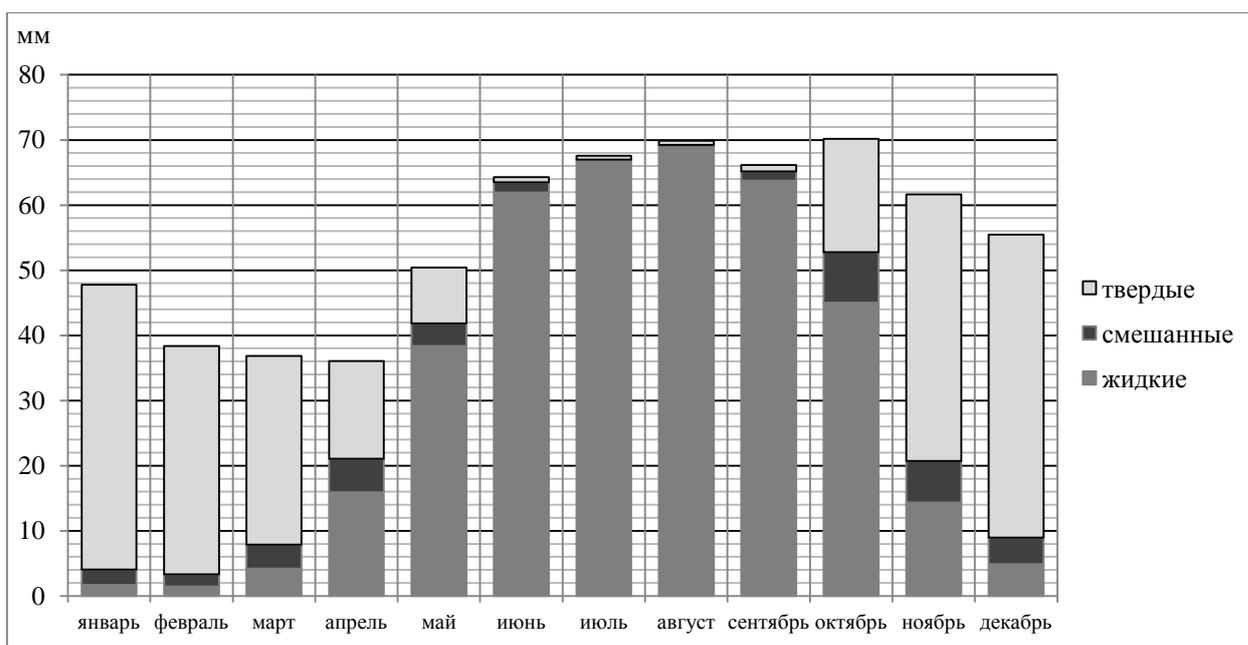


Рисунок 28 – Годовой ход количества осадков различного типа

Снежный покров держится с октября по июнь и составляет в сумме 180 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в декабре, январе и марте – 31, минимум в июне – в среднем 1 раз за 10 лет. Наибольшая средняя высота покрова приходится на март – 48 см, минимальная на май – 1 см. Максимальная высота наблюдалась в марте – 102 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.29) В среднем значение влажности находится на отметке 80%, меняясь от максимума 89% в ноябре до минимального значения 68% в мае.

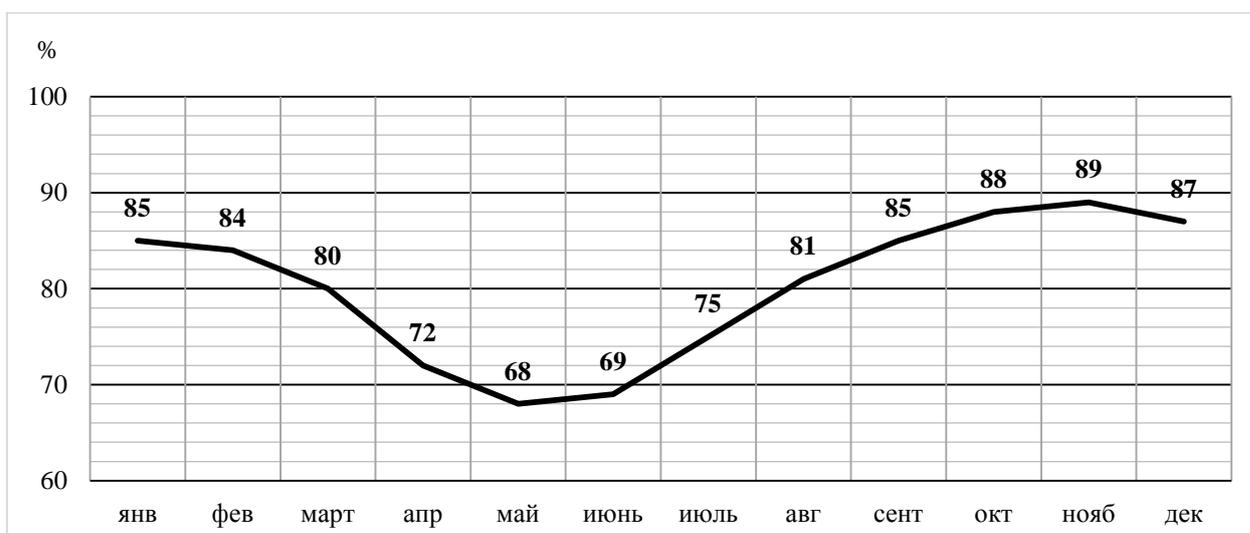


Рисунок 29 – Годовой ход влажности воздуха

На рис.30 представлен годовой ход среднемесячного атмосферного давления в период с 1966 по 2016гг. Максимальное давление наблюдается в мае – 1014гПа, минимальное давление – в декабре – 1008,5 гПа. Изменение среднего за год атмосферного давления за весь период представлено в прил.Д на рис.5.

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.31 и в прил.Д на рис.6. Средняя скорость ветра составляет 2,7 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в августе – 2,3 м/с, максимальная – в октябре – 2,9 м/с.

Чаще всего за год ветер дует с юго-востока – 21% случаев и преобладает почти весь год, кроме июня, когда преобладает северный и северо-западный ветер. На втором месте по повторяемости южный ветер –

16% случаев за год. Максимальная повторяемость за месяц 29% принадлежит юго-восточному ветру и зафиксирована в январе.

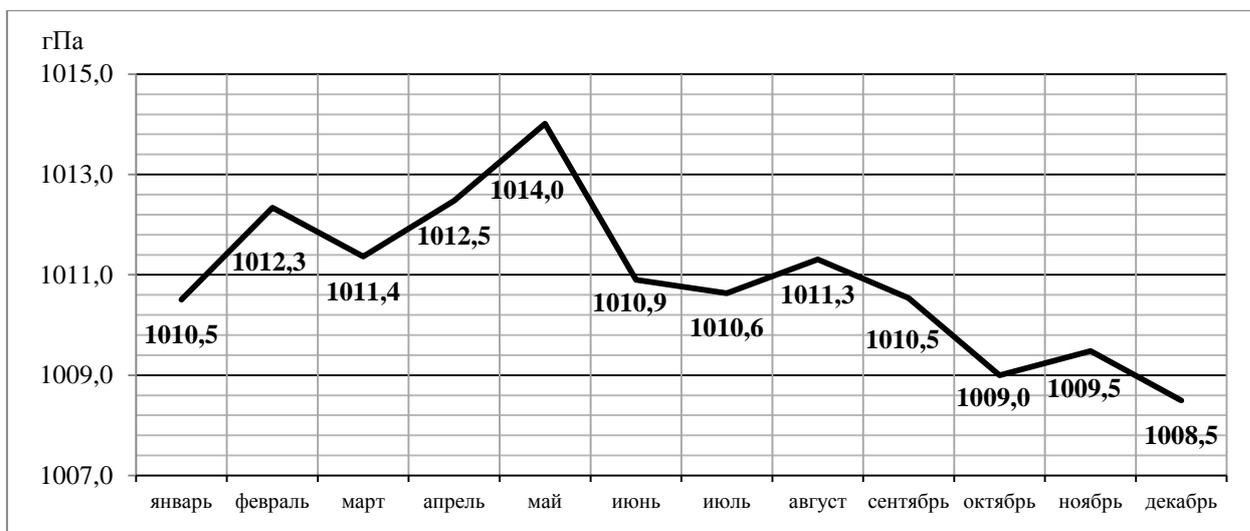


Рисунок 30 – Годовой ход атмосферного давления

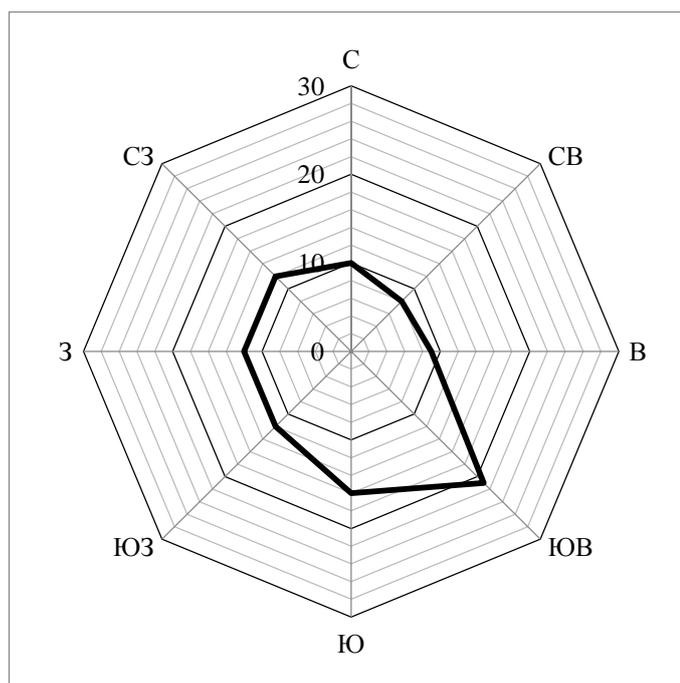


Рисунок 31 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

На рис.32 представлен годовой ход среднемесячной суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1937 по 2016гг.

За год в среднем продолжительность солнечного сияния в Архангельске составляет 1621 час. В течение года максимум солнечного

сияния приходится на июль – 303 часа, а минимум солнца наблюдается в декабре – 3,4 часа. В прил.Д на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1937 по 2016гг.

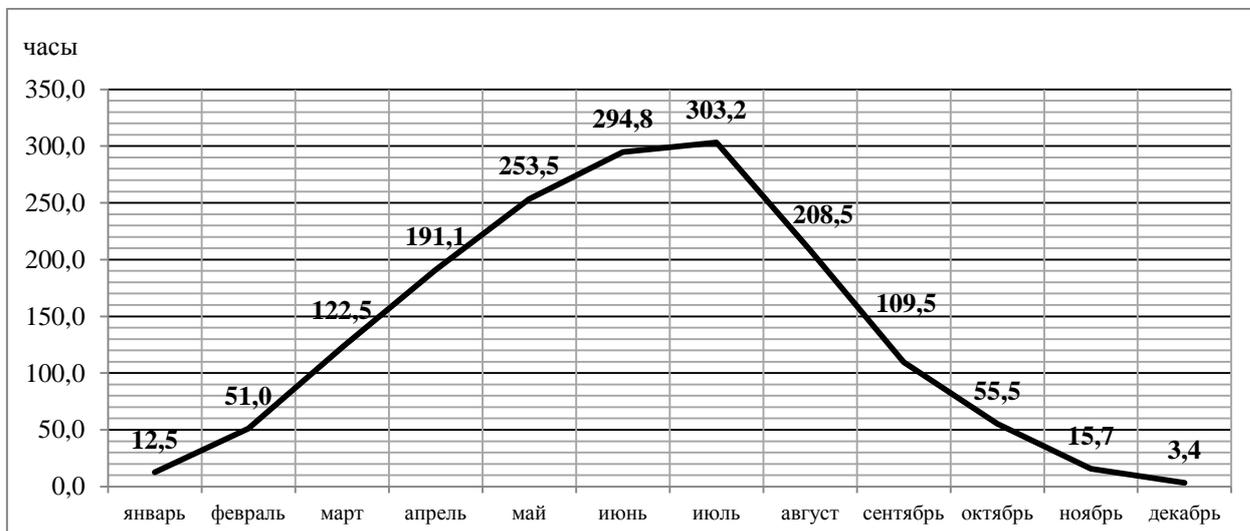


Рисунок 32 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

В среднем за год облачность над городом составляет 7,7 балла, максимальное количество облаков наблюдается в ноябре – 8,6 балла, а минимальное в апреле – 7,0 балла. (прил.Д.рис.8) Полностью ясных дней в среднем за год – 12, максимальное количество безоблачных дней – 2 дня в месяц зафиксированы в марте, а в октябре не было ни одного ясного дня.

Пасмурных дней за год – 202, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – в ноябре – 22 дня, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в апреле, июне и июле – 13 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 4,9 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в ноябре – 7,0 баллов, минимальное в апреле – 3,5 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 92 дня в году. Максимум – 12 дней в апреле, минимум – 3 дня в октябре и ноябре. Нижний

ярус был полностью затянут облаками 88 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в ноябре – 16 дней, минимальное – 2 дня в июле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.Д рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается высококучевая – 31% за год и 47% в августе. Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 0,8% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше 0,1% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 21% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается: минимум – 13% в марте и апреле, максимум – 19% в июле и сентябре.

2.1.6 Нарьян-Мар (Ненецкий автономный округ)

Округ расположен на севере Восточно-Европейской равнины и большая его часть – за Полярным кругом, поэтому климат относится к субарктическому типу. Из-за частой смены арктических и атлантических воздушных масс погоде характерна постоянная изменчивость. Более 90% территории относится к зоне тундры и лесотундры, 8% относится к зоне тайги.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1927 по 2015гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.33) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.Е рис.1,2).

Средняя температура воздуха в Нарьян-Маре изменялась от -17,2°С до +13,0°С. Минимальная температура за год наблюдается в январе, абсолютный минимум наблюдался в декабре 1978 года и составлял -47,6°С.

Максимальная температура за год наблюдается в июле, абсолютный максимум наблюдался в июне 1990г и составлял +33,9°C. Переход средней температуры через ноль наблюдается в мае и октябре.

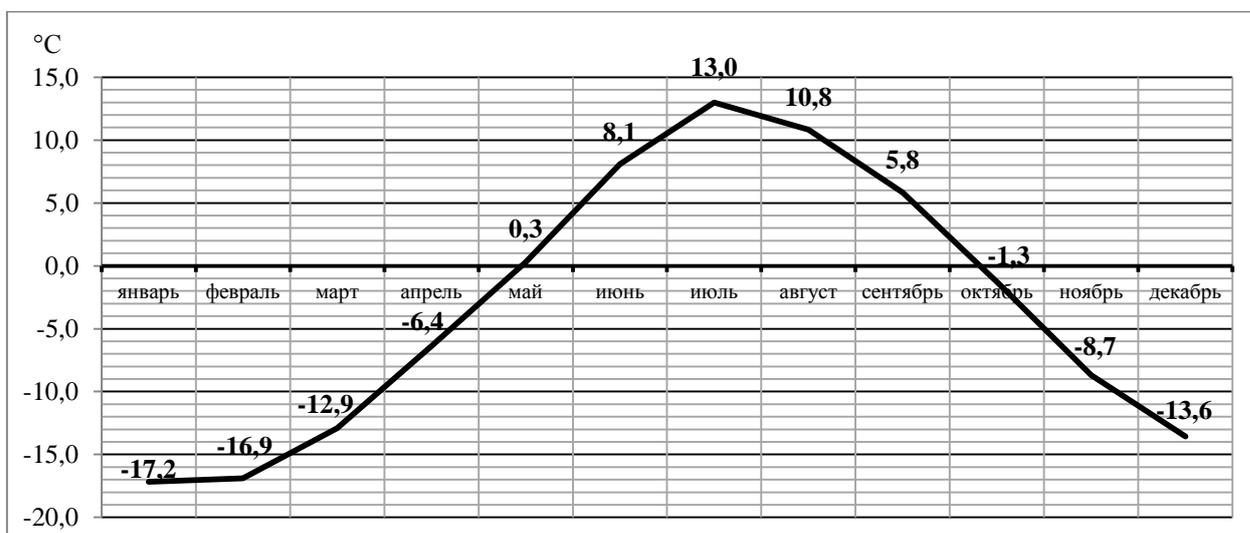


Рисунок 33 – Годовой ход средней температуры воздуха за период с 1927 по 2015гг

Осадков за период с 1948 по 2015гг выпадало в среднем 568 мм в год. Летом наблюдался максимум в августе, когда в среднем выпадает 68,6 мм осадков. Минимальная количество осадков в феврале – 30,2 мм. (рис. 34, прил.Е рис.3,4)

Дождь наблюдался во все месяцы, кроме февраля и декабря, снег – кроме июля и августа. По количеству дней с дождем преобладает август – среднее количество дней с дождем – 25. Максимум снежных дней наблюдался в декабре и январе – 24 дней. В сентябре твердые осадки в среднем наблюдались 1 день в месяц.

Снежный покров держится с сентября по июнь и составляет в сумме 219 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в декабре, январе и марте – 31, минимум в сентябре и июне – в среднем 1 раз в месяц. Наибольшая средняя высота покрова приходится на октябрь – 62 см, минимальная на октябрь – 4 см. Максимальная высота наблюдалась в марте и апреле – 93 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.35) В среднем значение влажности находится на отметке 81%, меняясь от максимума 88% в октябре до минимального значения 72% в июне.

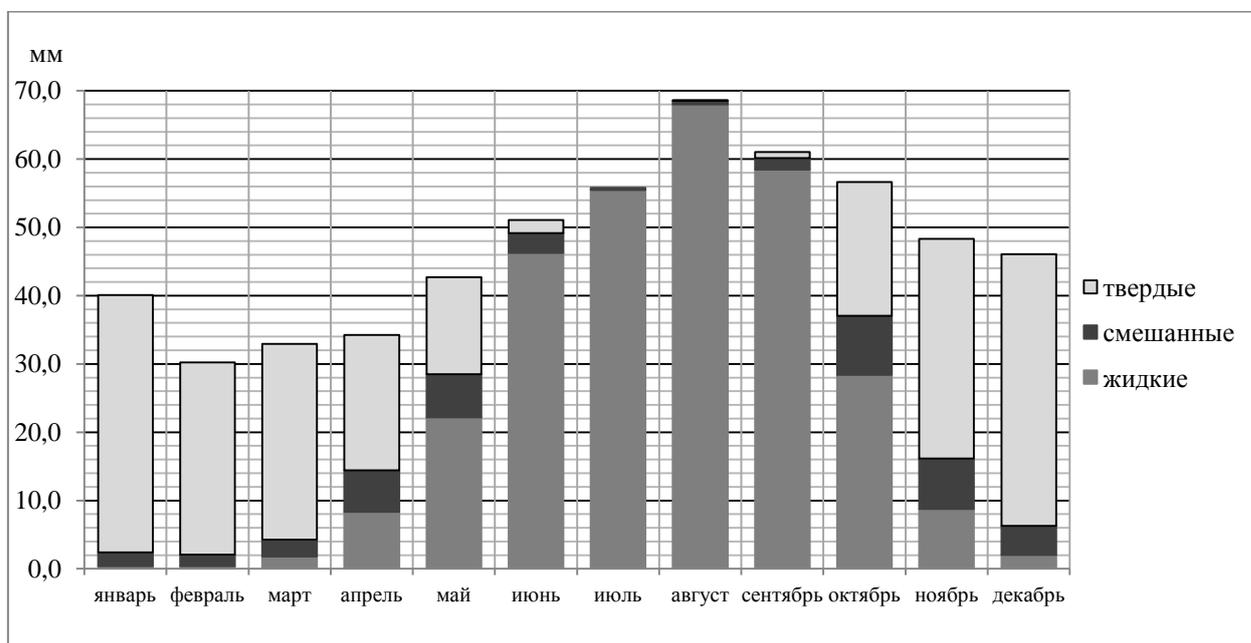


Рисунок 34 – Годовой ход количества осадков различного типа

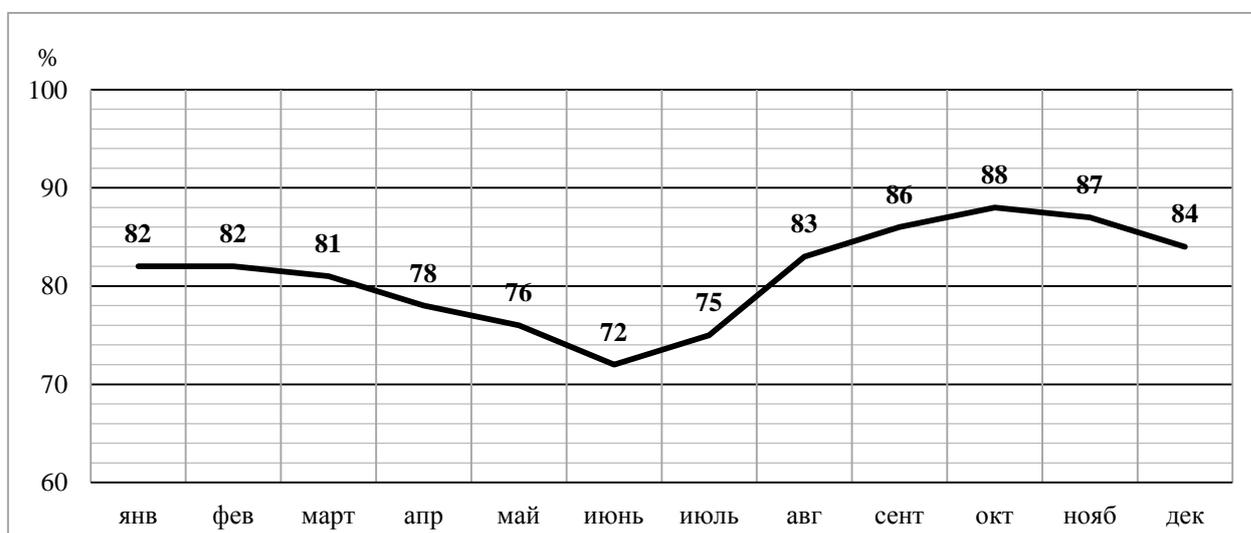


Рисунок 35 – Годовой ход влажности воздуха

На рис.36 представлен годовой ход среднемесячного давления за период с 1966 по 2016гг. Максимум среднего значения приходится на май и составляет 1013,5 гПа, минимум – на октябрь и декабрь 1006,6 гПа. Изменение среднегодового давления воздуха представлено в прил.Е на рис.5.

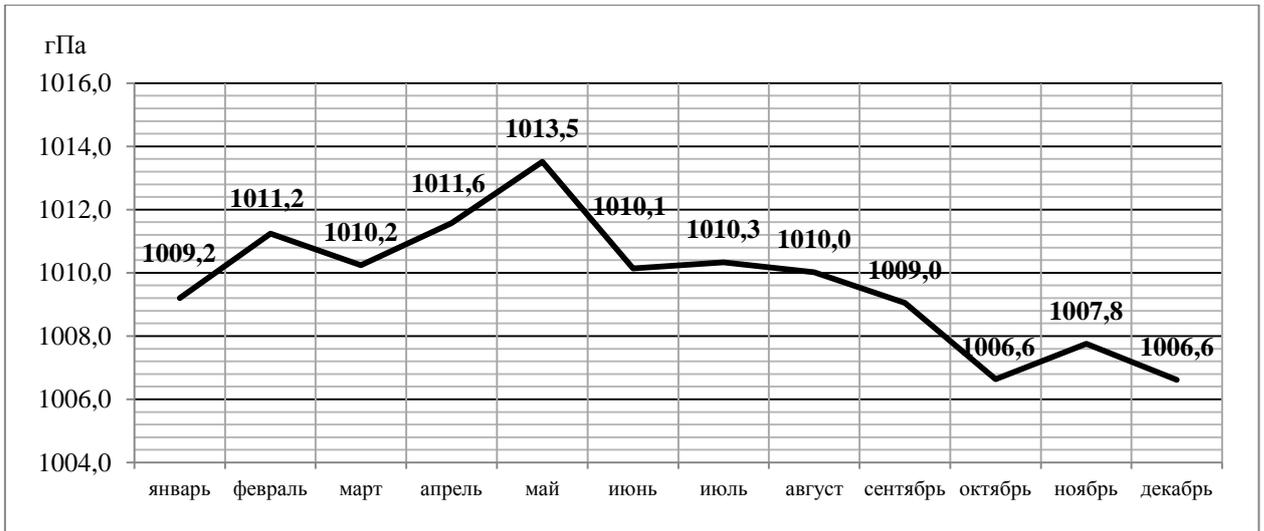


Рисунок 36 – Годовой ход атмосферного давления.

Ветровой режим Нарьян-Мара представлен на рис.37 и в прил.Е на рис.6. Средняя скорость ветра составляет 3,6 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в августе и сентябре – 3,3 м/с, максимальная – в марте, мае и июне – 2,8 м/с.

Чаще всего за год ветер дует с юга и юго-запада – 18 и 19% случаев и преобладает с сентября по март, в апреле преобладает западный ветер, в мае – восточный, в летние месяцы преобладает северный ветер.

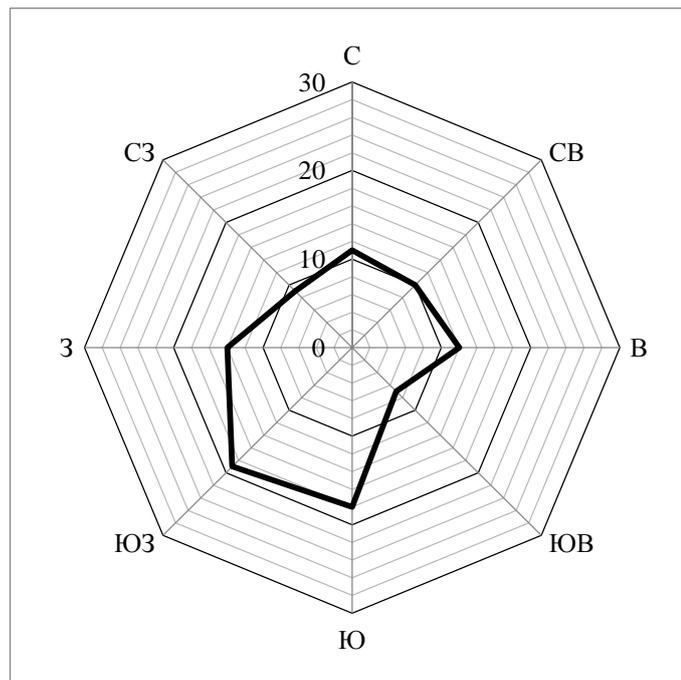


Рисунок 37 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

На рис.38 представлен годовой ход среднемесячной суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1966 по 2016гг.

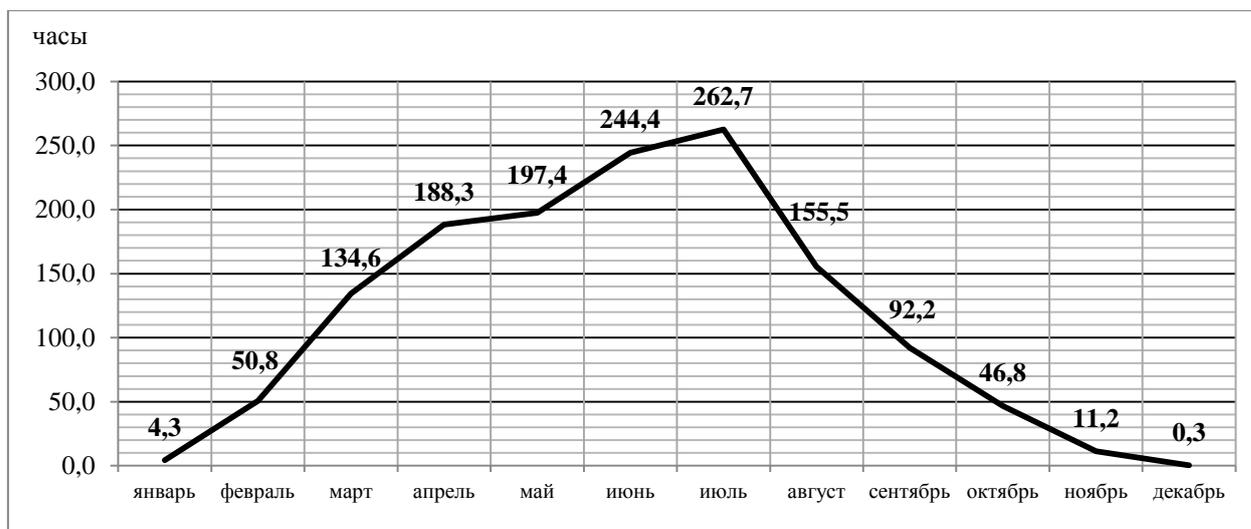


Рисунок 38 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

В среднем за год в Нарьян-Маре солнце светит 1388 часов с максимумом в июле – 262,7 часа и минимумом в декабре, когда солнца практически не видно. В прил.Е на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за выбранный период.

В среднем за год облачность над городом составляет 7,9 балла, максимальное количество облаков наблюдается в августе – 8,5 балла, а минимальное в феврале – 7,3 балла. (прил.Е рис.8) Полностью ясных дней в среднем за год – 12, максимальное количество безоблачных дней – 2 дня в месяц зафиксированы с января по апрель, а в мае и с августа по октябрь не было ни одного ясного дня. Пасмурных дней за год – 217, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – в августе – 22 дня, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в феврале – 14 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 5,5 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в октябре – 6,7 балла, минимальное в феврале – 4,3 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 76 дней в году. Максимум – 9 дней с февраля по апрель, минимум – 3 дня в сентябре и октябре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 112 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в августе и октябре – 13 дней, минимальное – 5 дней в феврале и апреле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.Е рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 39% за год и 51% в августе и сентябре. Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 0,2% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше 0,1% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 19% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается: минимум – 16% в феврале, максимум – 35% в августе.

2.1.7 Вологда (Вологодская область)

Территория Вологодской области находится на северо-востоке Восточно-Европейской равнины. Рельеф области холмистый с чередующимися низменностями, грядами и возвышенностями с множеством озер, рек и болот. Климат области относится к умеренно континентальному типу с коротким теплым летом и продолжительной холодной зимой.

Теплый морской воздух, который приносят циклоны из Атлантики, чередуется с арктическими воздушными массами, приходящими с Северного Ледовитого океана, что влияет на неустойчивость погоды с возможными морозами весной и оттепелями в холодный период года.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1891 по 2015гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.39) и

изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.Ж рис.1,2).

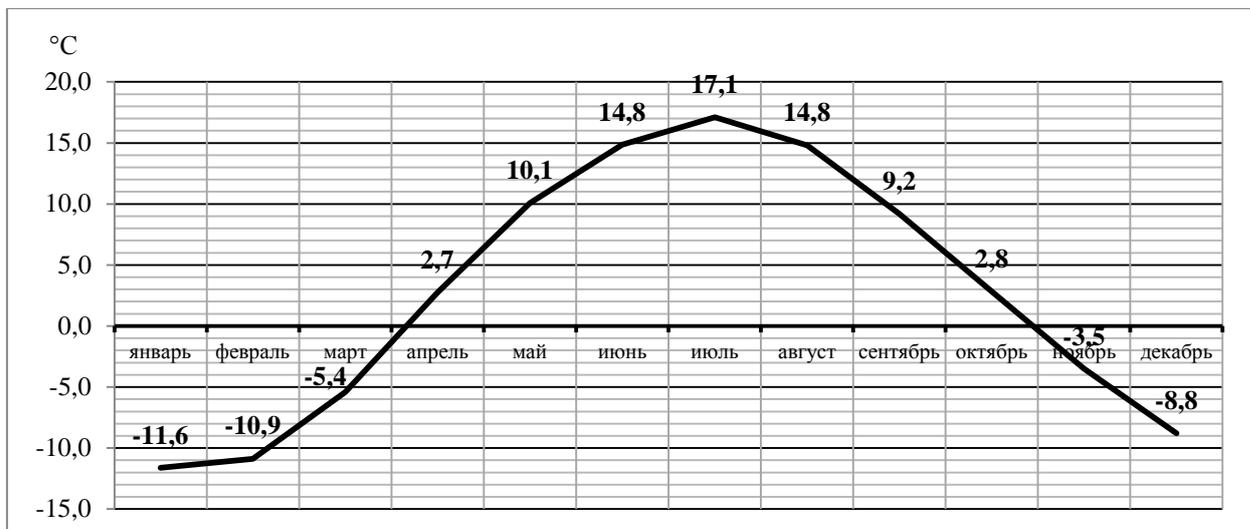


Рисунок 39 – Годовой ход средней температуры воздуха за период с 1891 по 2015гг

Средняя температура воздуха в Вологде изменялась от $-11,6^{\circ}\text{C}$ в январе до $+17,1^{\circ}\text{C}$ в июле. Абсолютный минимум наблюдался в январе 1940 года и составлял $-47,1^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум наблюдался в августе 2010г и составлял $+36,4^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в апреле и в конце октября.

Осадков за период с 1939 по 2015гг выпадало в среднем 626 мм в год. Летом наблюдался максимум в августе, когда в среднем выпадает 70 мм осадков. Минимальная норма осадков в марте – 33,5 мм. (рис.40, прил.Ж рис.3,4) Дождь наблюдался в течение всего года, снег – с сентября по май. По количеству дней с дождем преобладает август – среднее количество дней с дождем – 19. Максимум снежных дней наблюдался в январе – 23 дня. В сентябре твердые осадки в среднем наблюдались один раз за 10 лет.

Снежный покров держится с сентября по май и составляет в сумме 154 дня. Максимум дней со снегом наблюдается в январе – 31, минимум в сентябре – в среднем 1 раз за 10 лет. Наибольшая средняя высота покрова

приходится на февраль – 38 см, минимальная на октябрь – 1 см. Максимальная высота наблюдалась в марте – 70 см.

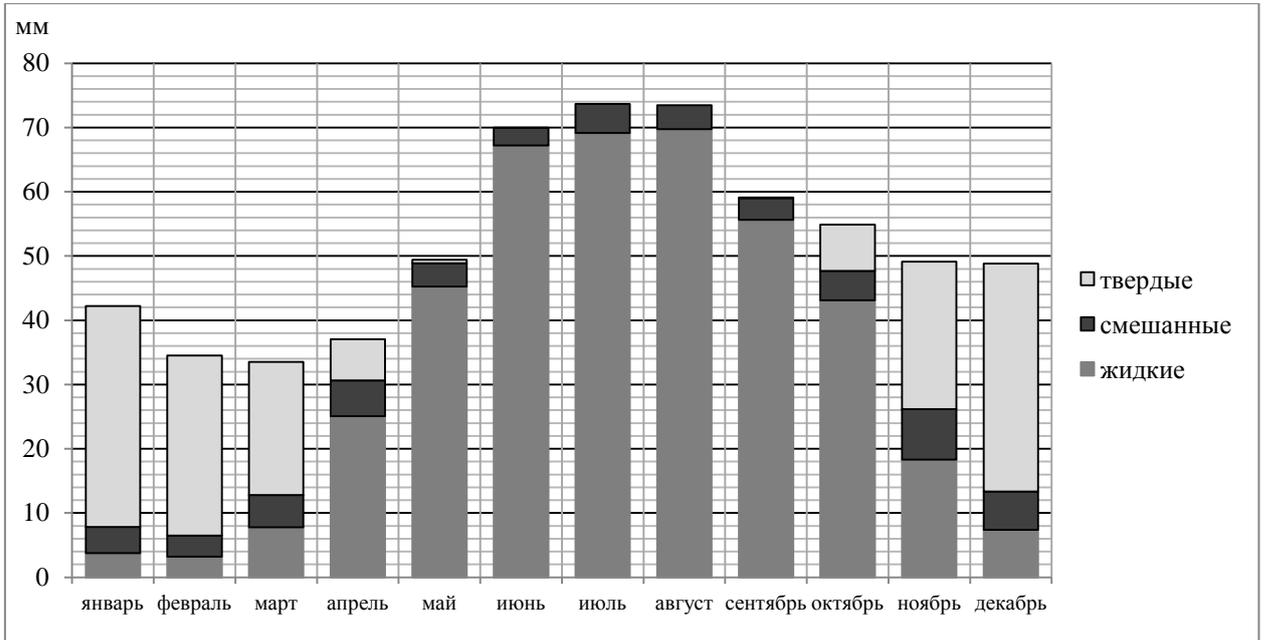


Рисунок 40 – Годовой ход количества осадков различного типа

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.41) В среднем значение влажности находится на отметке 80%, меняясь от максимума 88% в ноябре до минимального значения 65% в мае.

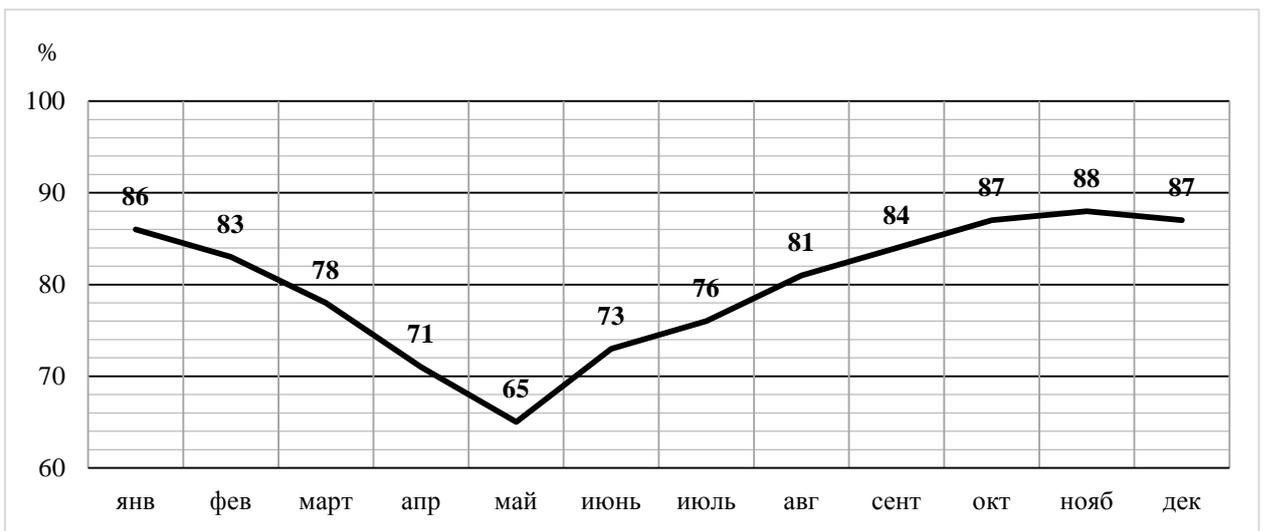


Рисунок 41 – Годовой ход влажности воздуха

На рис.42 представлен годовой ход среднего за месяц атмосферного давления за период с 1936 по 2016гг. Максимальные значения наблюдаются в

ноябре и феврале – 1000,6 и 1000,4 гПа соответственно, а минимум в июле 996,6 гПа. Изменение среднего за год атмосферного давления за выбранный период представлено в прил.Ж на рис.5.

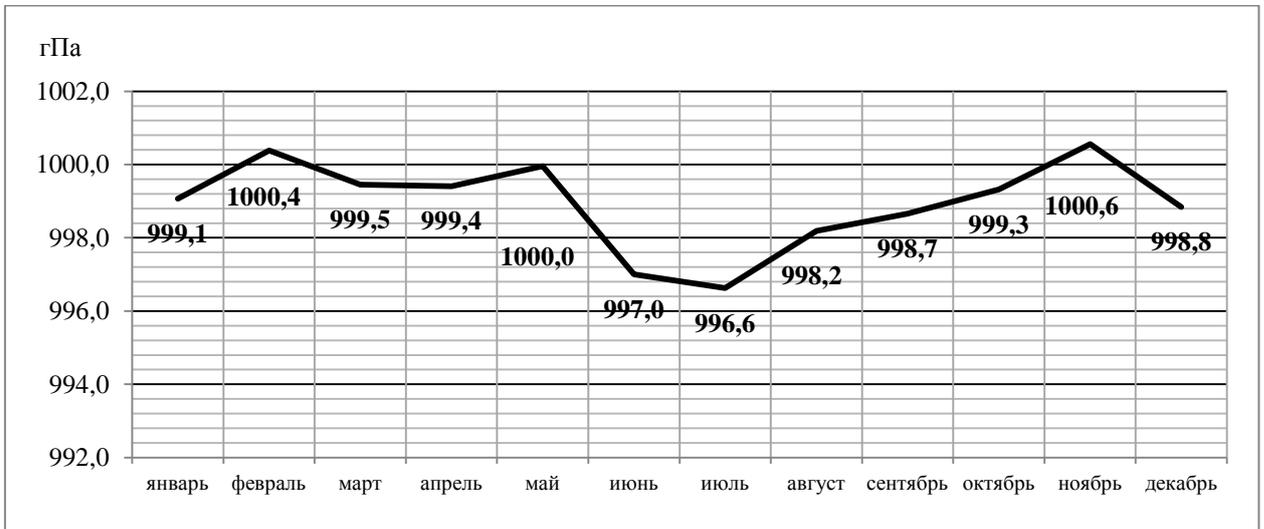


Рисунок 42 – Годовой ход атмосферного давления

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.43 и в прил.Ж рис.6. Средняя скорость ветра составляет 3,0 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в июле и августе – 2,5 м/с, максимальная – в январе и феврале – 3,3 м/с.

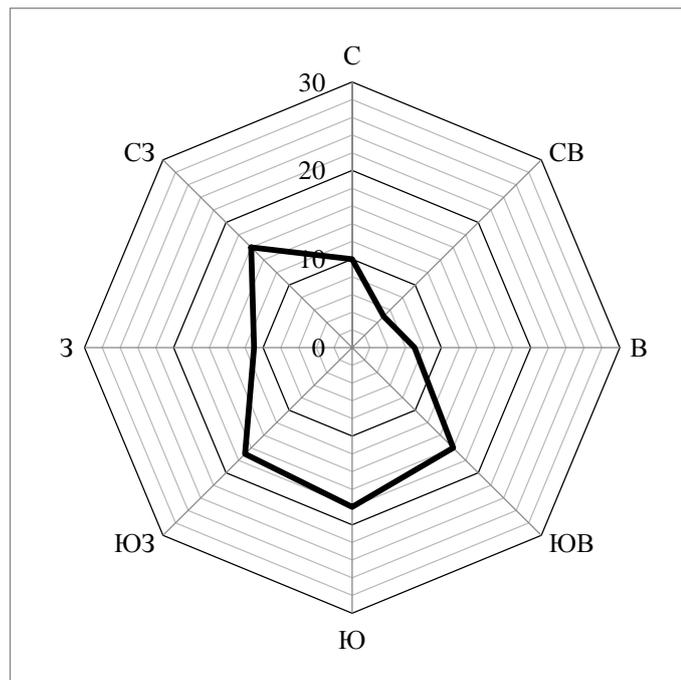


Рисунок 43 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

Чаще всего за год ветер дует с юга – 18% случаев и преобладает с сентября по март, с апреля по август преобладает северный ветер. Максимальная повторяемость за месяц 23-24% принадлежит южному ветру и зафиксирована в ноябре и декабре.

На рис.44 представлен годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1925 по 2016гг.

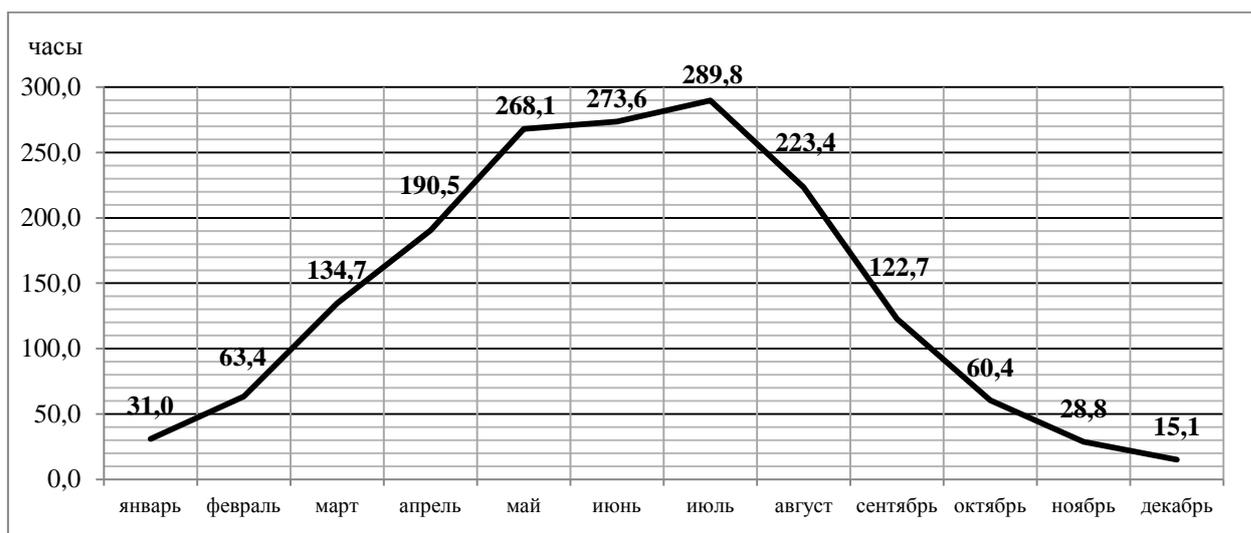


Рисунок 44 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

В течение года наибольшая продолжительность солнечного сияния приходится на июль 290 часов, а меньше всего солнца в декабре – 15 часов. Суммарная среднегодовая продолжительность солнечного сияния составляет 1701 час. В прил.Ж на рис.7 представлено изменение средней суммарной продолжительности солнечного сияния за выбранный период.

В среднем за год облачность над городом составляет 7,4 балла, максимальное количество облаков наблюдается в ноябре и декабре – 8,6 балла, а минимальное в июле – 6,5 балла. (прил.Ж рис.8) Полностью ясных дней в среднем за год – 19, максимальное количество безоблачных дней – 3 дня в месяц зафиксированы в марте и апреле, а с июня по декабрь по 1 ясному дню. Пасмурных дней за год – 186, максимальное количество дней с

полностью затянутыми облаками небом – в декабре – 23 дня, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в июле – 10 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 4,5 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в ноябре – 6,4 балла, минимальное в марте – 3,4 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 100 дней в году. Максимум – 13 дней в марте, минимум – 5 дней в октябре и ноябре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 67 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в ноябре – 13 дней, минимальное – 2 дня в мае и июле.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.Ж рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается высококучевая 27% за год, на втором месте по повторяемости слоисто-кучевая облачность – 26%. Но при этом максимальная повторяемость за месяц – 41% приходится на высокослоистую форму облачности в январе. Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 1% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в зимний период повторяемость кучевых облаков меньше 0,1% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 27% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается: минимум - 3% в феврале, максимум – 34% в июне.

2.1.8 Мурманск (Мурманская область)

Мурманская область располагается в северо-западной части России. Большая часть территории области лежит за Северным полярным кругом и 70% расположена на Кольском полуострове, омывается Баренцевым и Белым морями. Северная часть области относится к субарктическому типу климата, на который оказывает смягчающее влияние северо-восточное продолжение

Гольфстрима – Северо-Атлантическое течение, поэтому температура зимой выше, чем в центре области.

Для погоды на территории области характерны большая влажность и сильный ветер с порывами до 60 м/с, заморозки в летний период и снегопады в июне.

Мурманск расположен на восточном побережье Кольского залива Баренцева моря в атлантико-арктической зоне умеренного климата, на формирование которого влияет теплое Северо-Атлантическое течение. Это крупнейший город, расположенный за Северным полярным кругом и один из крупнейших портов Российской Федерации.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1919 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.45) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.И рис.1,2).

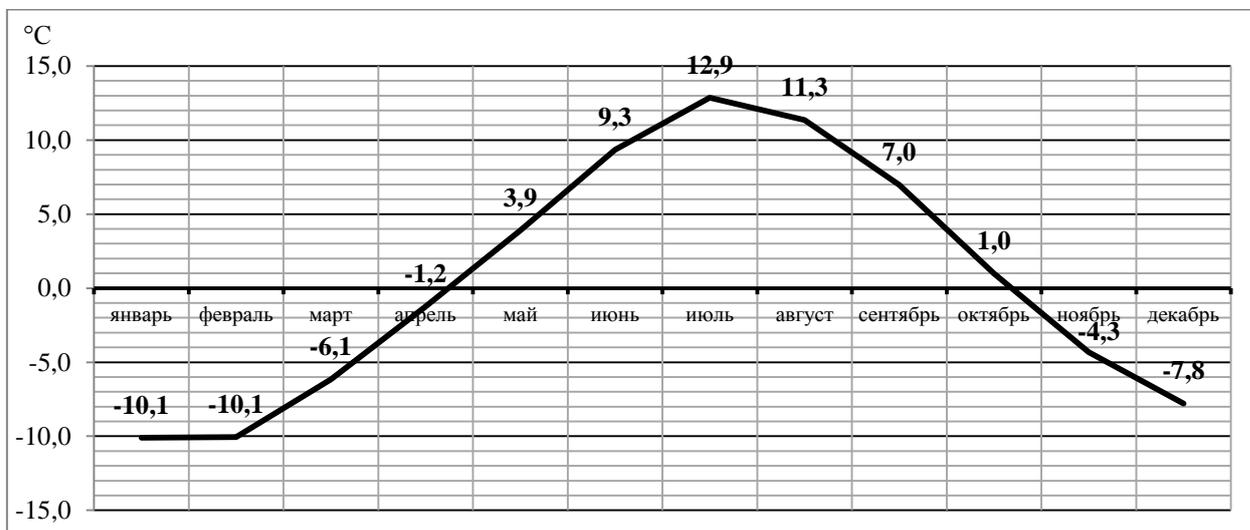


Рисунок 45 – Годовой ход средней температуры воздуха за период с 1919 по 2016гг

Средняя температура воздуха в Мурманске изменялась от $-10,1^{\circ}\text{C}$ в январе и феврале до $+12,9^{\circ}\text{C}$ в июле. Абсолютный минимум наблюдался в январе 1985 года и составлял $-39,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум наблюдался в

июле 1972г и составлял $+32,9^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в апреле и октябре.

Осадков за период с 1936 по 2015гг выпадало в среднем 592 мм в год. Летом наблюдался максимум в июле, когда в среднем выпадает 70 мм осадков. Минимальная норма осадков в марте – 32 мм. (рис.46, прил.И рис.3,4) Дождь наблюдался в течение всего года, снег – с сентября по июнь. По количеству дней с дождем преобладает август – среднее количество дней с дождем – 23. Максимум снежных дней наблюдался в январе – 25 дней. В сентябре снег в среднем наблюдался раз в 5 лет.

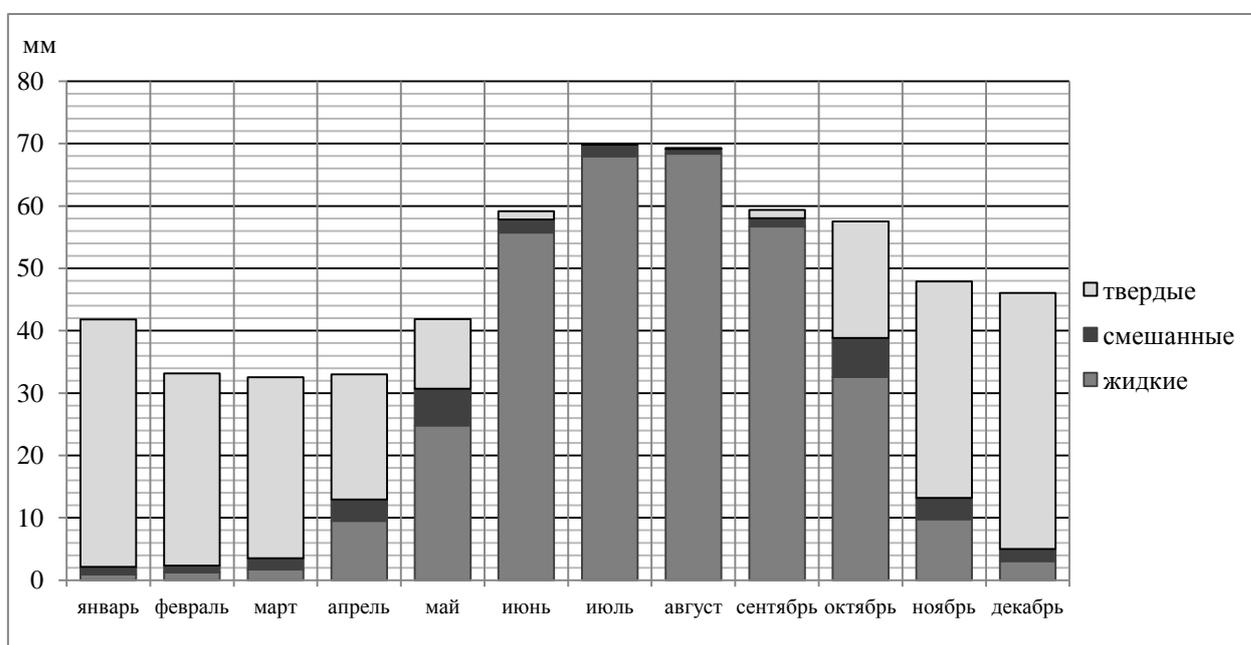


Рисунок 46 – Годовой ход количества осадков различного типа

Снежный покров держится с сентября по июнь и составляет в сумме 189 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в декабре, январе и марте – 31, минимум в июне – в среднем 1 день раз в 5 лет. Наибольшая средняя высота покрова приходится на апрель – 30 см, минимальная на май – 2 см. Максимальная высота наблюдалась в феврале – 84 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.47) В среднем значение влажности находится на отметке 79%, меняясь от максимума 86% в ноябре до минимального значения 70% в июне.

На рис.48 представлен годовой ход среднего за месяц давления в период с 1966 по 2016гг. Максимальное давление наблюдается в мае 1009 гПа, а минимальное в декабре 998,6 гПа. Изменение среднего давления за год в течение выбранного периода представлено в прил.И рис.5.

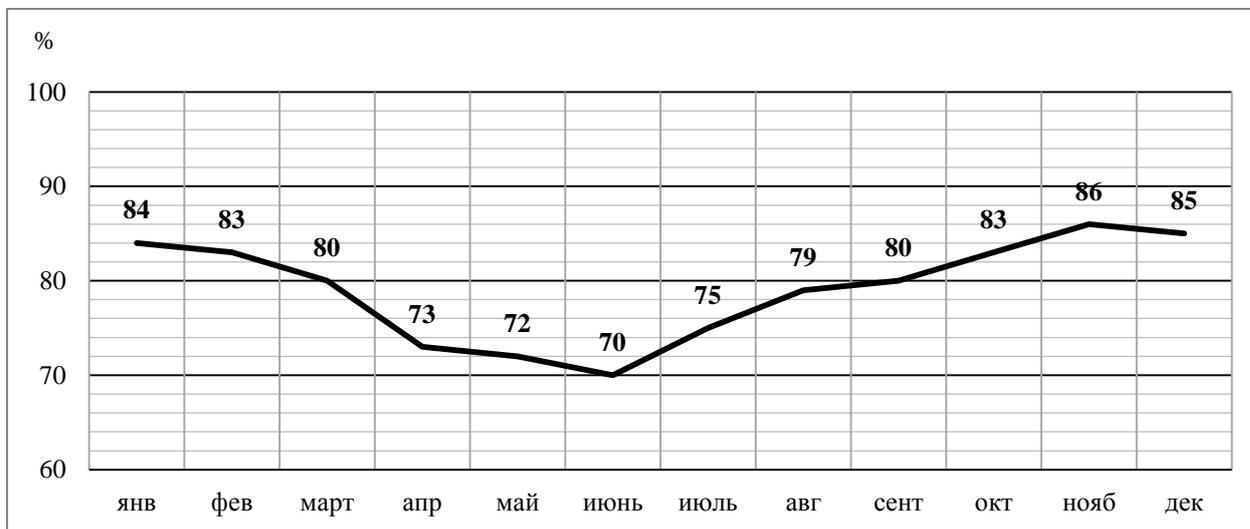


Рисунок 47 – Годовой ход влажности воздуха

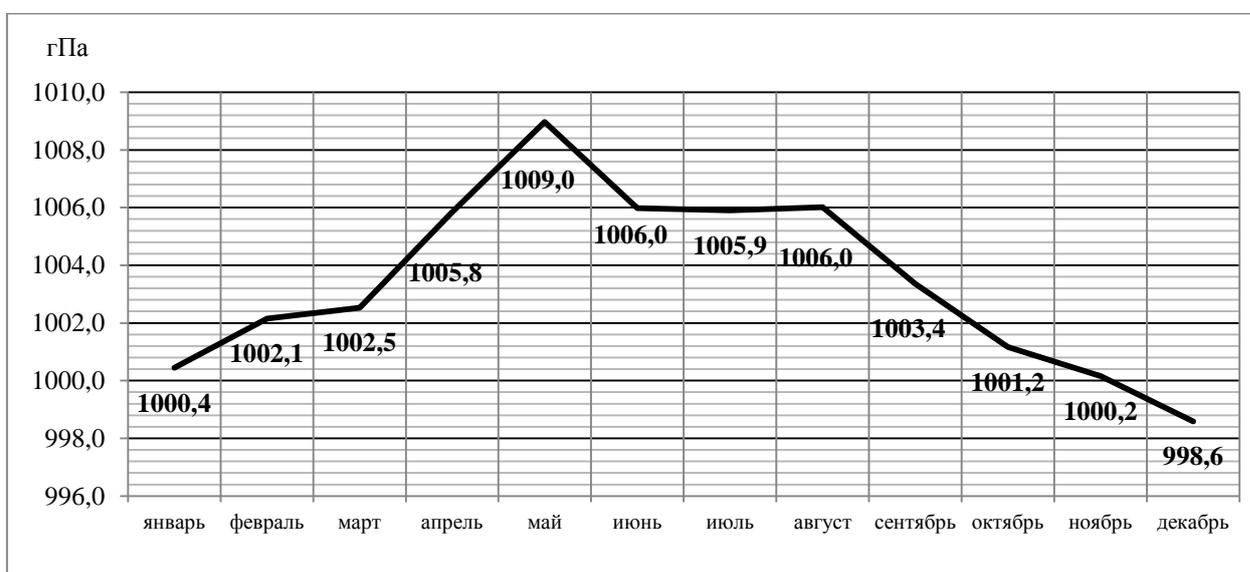


Рисунок 48 – Годовой ход атмосферного давления

Ветровой режим по сезонам представлен в прил.И на рис.6. Средняя скорость ветра составляет 4,6 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в августе – 3,7 м/с, максимальная – в январе и феврале – 5,4 м/с.

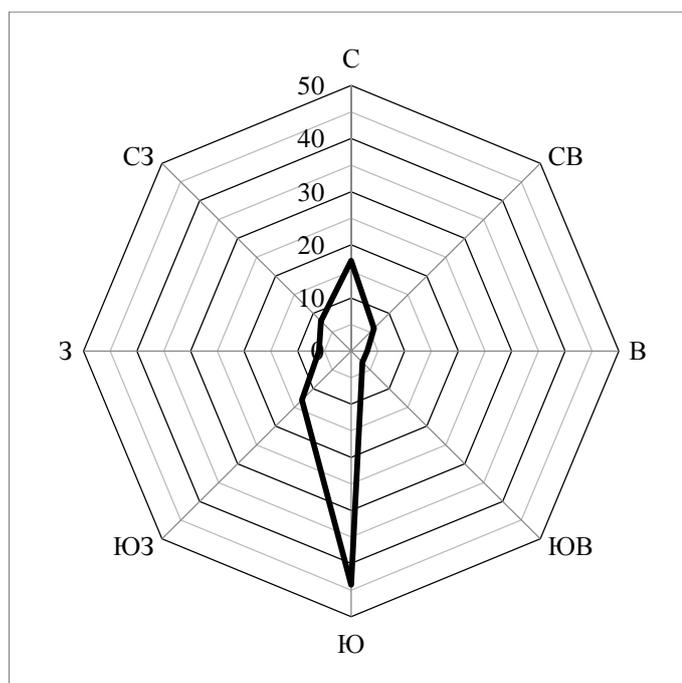


Рисунок 49 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

Чаще всего за год ветер дует с юга – 44% случаев и преобладает с сентября по апрель. На втором месте по повторяемости северный ветер – 17% случаев за год, он преобладает с мая по август. Максимальная повторяемость за месяц 66% принадлежит южному ветру и зафиксирована в феврале. (рис.49)

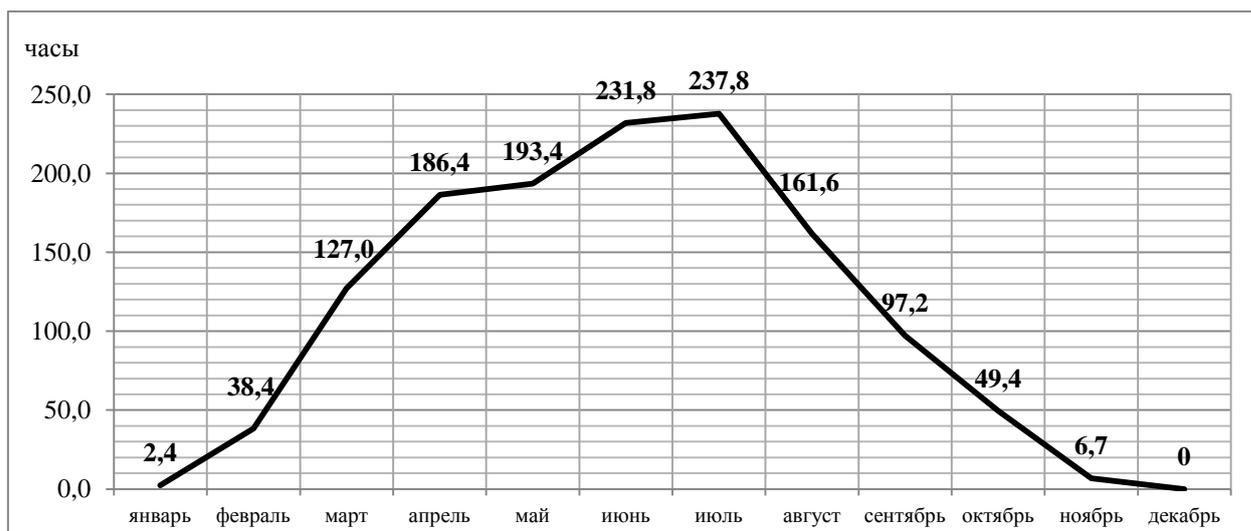


Рисунок 50 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

На рис. 50 представлен годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния с 1961 по 2016гг. Максимум наблюдается в августе – 237,8 часов, а в декабре солнце не появляется вообще. Всего за год суммарное солнечное сияние продолжается в среднем 1332 часа. Изменение среднегодовой продолжительности за выбранный период представлено в прил.И на рис.7.

В среднем за год облачность над городом составляет 7,9 балла, максимальное количество облаков наблюдается в мае и июне – 8,4 балла, а минимальное в феврале – 7,2 балла. (прил.И рис.8) Полностью ясных дней в среднем за год – 13, максимальное количество безоблачных дней – 2 дня в месяц зафиксированы в январе и марте, а в июне не было ни одного ясного дня. Пасмурных дней за год – 214, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом – в мае и августе – 21 день, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в феврале – 13 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 5,9 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в августе и октябре – 6,7 балла, минимальное в феврале – 4,6 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 44 дня в году. Максимум – 7 дней в марте, минимум – 2 дня в мае, июне, и с августа по октябрь. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 105 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в мае и августе – 12 дней, минимальное – 4 дня в феврале.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.И рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 61% за год и 70% в сентябре. Реже всех наблюдается слоисто-дождевая облачность – 1% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года. В зимний период кучевых облаков не наблюдалось, в

летние месяцы они составляют до 25% в июле. Кучево-дождевая облачность на втором месте по повторяемости за год – 44%. Минимум - 38% с февраля по апрель, максимум – 48% в мае и июне.

2.1.9 Псков (Псковская область)

Псковская область располагается между 55° и 59° с.ш. и относится к умеренному типу климата. Относительная близость Атлантического океана оказывает свое влияние на то, что территория области лежит в зоне перехода от морского к континентальному климату, которая определяется амплитудой между средними значениями температуры воздуха в январе и июле. Климат будет морским при амплитуде менее 25° и континентальным, если разница между январем и июлем более 25°. В России на ее Европейской части эта граница проходит через Псковскую, Ленинградскую области и Карелию.

Это несомненно оказывает свое влияние на формирование неустойчивой погоды в течение всего года. Морские черты климата проявляются в теплом и дождливом лете и относительно мягкой зиме, которая становится более продолжительной при продвижении к востоку области, а также в значительном количестве облачных дней.

На погоду также влияет повышенная циклоническая деятельность – за год над территорией проходит в среднем около 130 циклонов, что определяет погоду в течении более 120 дней. В зимний период это проявляется в виде оттепелей с осадками, пасмурными днями, туманами. В теплый период года это обуславливает прохладную погоду, облачную и дождливую.

Около 50 дней за год погоду определяет прохождение антициклонов с жаркими и безоблачными днями летом и морозами – зимой.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1874 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.51) и

изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.К рис.1,2).

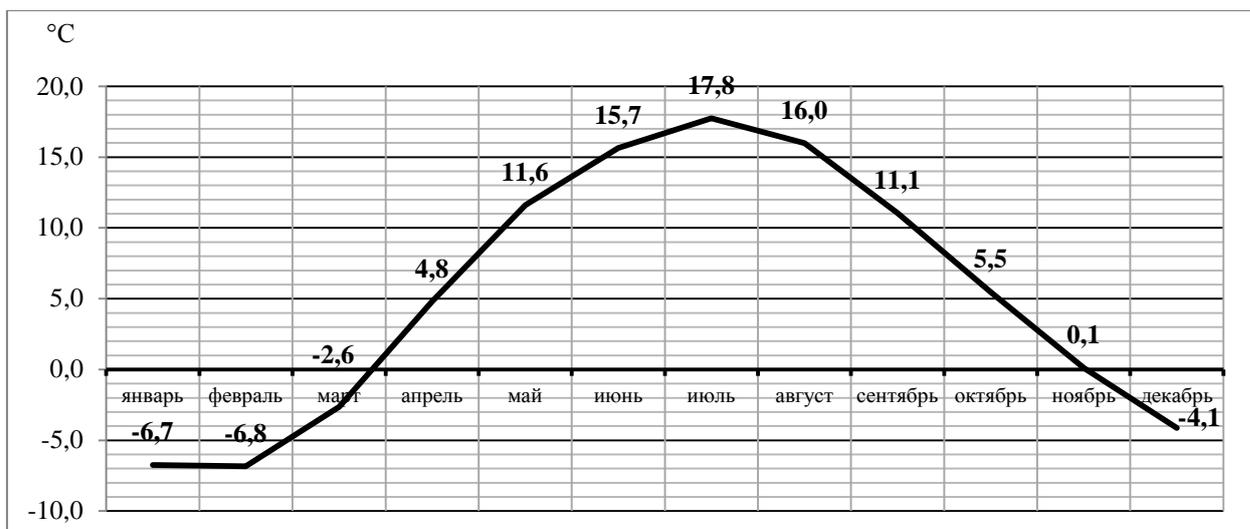


Рисунок 51 – Годовой ход средней температуры воздуха за период с 1874 по 2016г

Средняя температура воздуха в Пскове изменялась от $-6,8^{\circ}\text{C}$ в феврале до $+17,8^{\circ}\text{C}$ в июле. Абсолютный минимум наблюдался в январе 1940 года и составлял $-40,6^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум наблюдался в июне 1936г и составлял $+35,6^{\circ}\text{C}$. Переход средней температуры через ноль наблюдается в марте и ноябре.

Осадков в среднем выпадало 700 мм в год. Максимум наблюдался августе – 93 мм осадков. Минимальное количество осадков в апреле – 33 мм. (прил.К рис.3,4) Дождь наблюдался в течение всего года, снег – с октября по май. По количеству дней с дождем преобладает август – среднее количество дней с дождем – 17. Максимум снежных дней наблюдался в январе – 16 дней. В мае твердые осадки в среднем наблюдались 1 раз в 5 лет.

Снежный покров держится с октября по апрель и составляет в сумме 116 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в январе – 28, минимум в октябре – в среднем 1 раз в месяц. Наибольшая средняя высота покрова приходится на феврале – 19 см, минимальная на апрель – 1 см. Максимальная высота наблюдалась в феврале – 81 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.52). В среднем значение влажности находится на отметке 80%, меняясь от максимума 89% в декабре до минимального значения 67% в мае.

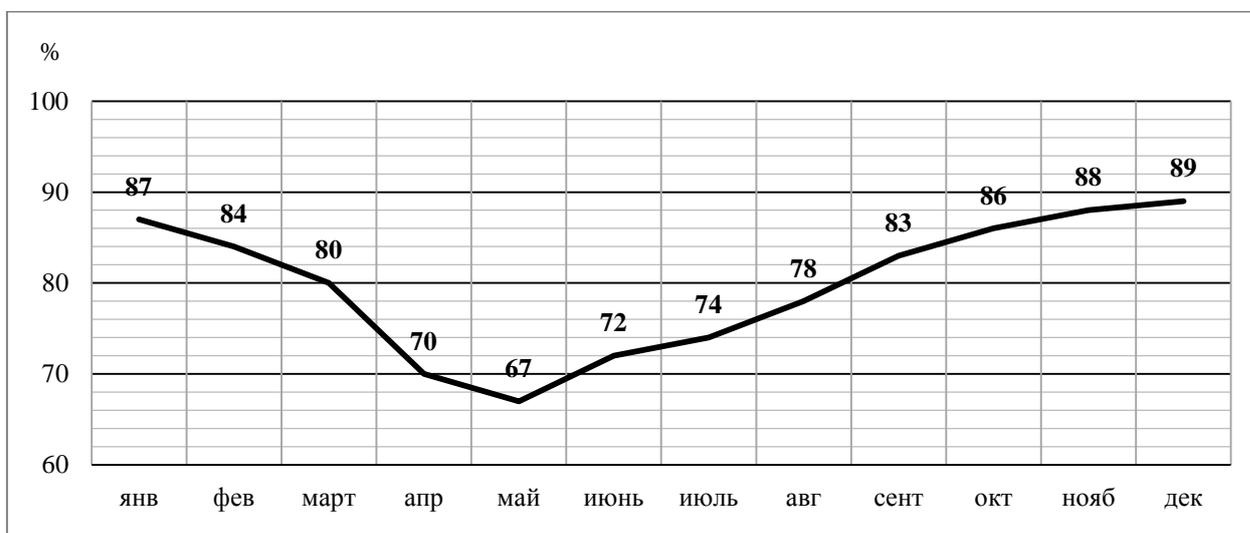


Рисунок 52 – Годовой ход влажности воздуха

На рис. 53 представлен годовой ход среднего давления воздуха за период с 1945 по 2016гг. Давление в течение года меняется неравномерно с ярко выраженными минимумами в июле и в декабре 1006,7 и 1007,4 гПа и несколькими максимумами, достигающими почти 1010 гПа в феврале, мае и октябре. Изменение среднего за год атмосферного давления представлено в прил.К на рис.5.

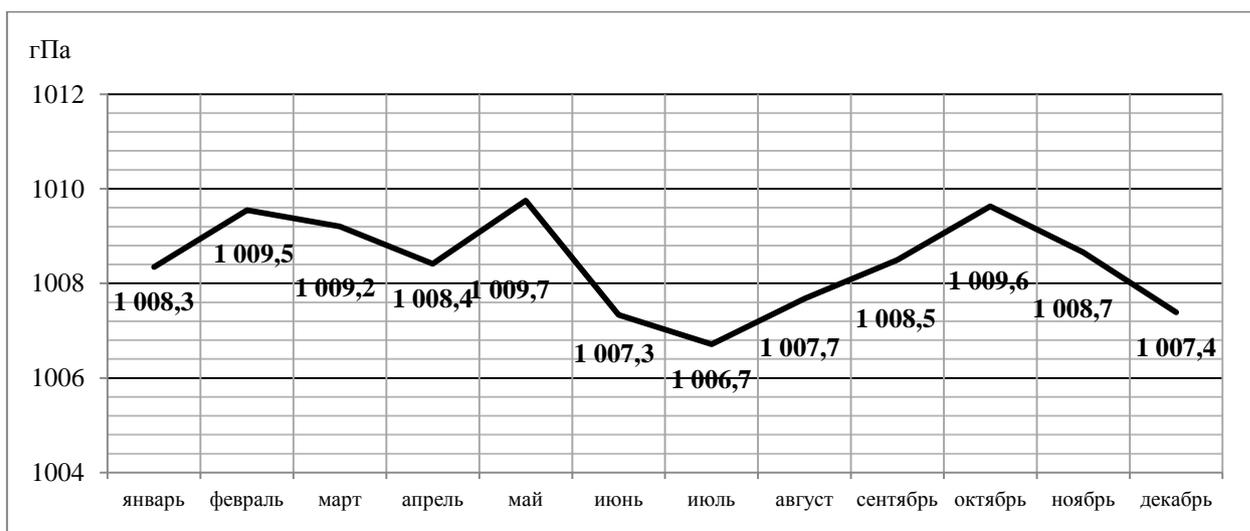


Рисунок 53 – Годовой ход атмосферного давления

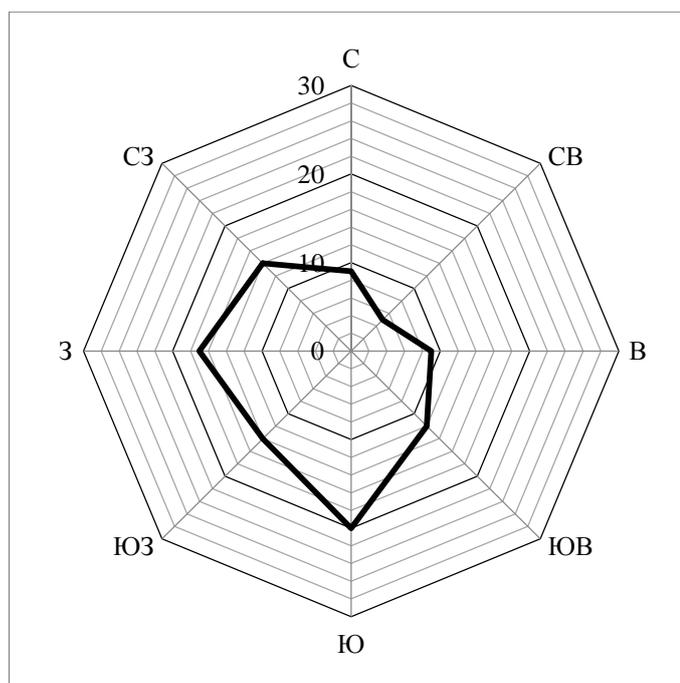


Рисунок 54 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.54 и в прил.К на рис.6. Средняя скорость ветра составляет 2,4 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в июле и августе – 1,9 м/с, максимальная – в январе – 2,9 м/с.

Чаще всего за год ветер дует с юга – 20% случаев и преобладает с сентября по апрель. На втором месте по повторяемости западный ветер – 17% случаев за год, он преобладает с мая по август. Максимальная повторяемость за месяц 27% принадлежит южному ветру и зафиксирована в декабре.

На рис. 55 представлен годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1926 по 2015гг. За год в среднем солнце светит 1778 часов. В годовом ходе максимум приходится на июль – 287,6 часов, а минимум в декабре – 18,6 часов. Изменение средней продолжительности за выбранный период представлено в прил.К на рис.11.

В среднем за год облачность над городом составляет 6,9 балла, максимальное количество облаков наблюдается в декабре – 8,4 балла, а минимальное в мае – 5,8 балла. (прил.К рис.8) Полностью ясных дней в

среднем за год – 25, максимальное количество безоблачных дней – 4 дня в месяц зафиксированы в марте, а с ноября по январь было одному ясному дню в месяц. Пасмурных дней за год – 156, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом с ноября по январь – 21 день, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в июле и августе – 7 дней за месяц.

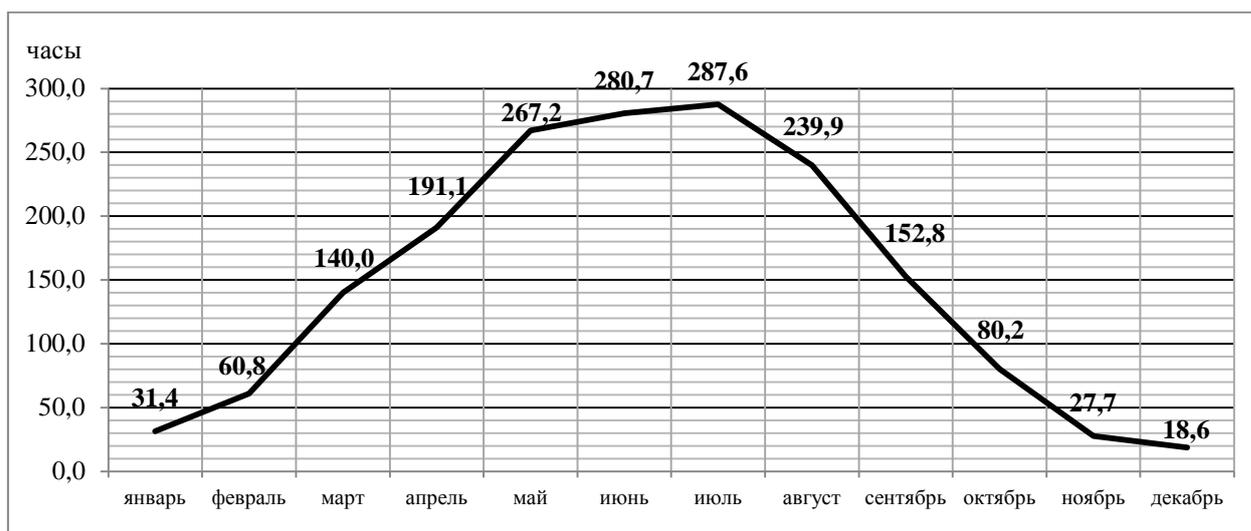


Рисунок 55 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 5 баллов, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в октябре – 6,9 балла, минимальное в апреле – 3,3 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 82 дня в году. Максимум – 11 дней в апреле, минимум – 3 дня в ноябре и декабре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 85 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в октябре и декабре – 16 дней, минимальное – 2 дня в мае, июле и августе.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.К рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 37% за год и 45% в октябре. Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 1% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в январе повторяемость кучевых облаков меньше 0,6% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 31% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается минимум - 11% в феврале и марте, максимум – 35% в июне.

2.1.10 Калининград (Калининградская область)

Калининградская область располагается в Центральной Европе и с запада омывается заливами Балтийского моря, поэтому климат относится к умеренному типу и переходит от морского к континентальному.

Средняя температура за год меняется от 7,5°C в юго-западной части области до 6,5°C в северо-восточной части. Летом воздух прогревается в среднем до 26°C, а зимой температура понижается до -23°C.

В результате статистической обработки массива данных среднемесячных температур с 1848 по 2016гг были получены результаты, представленные в виде годового хода средней температуры (рис.56) и изменения среднемесячных температур по сезонам года и среднегодовой температуры за весь выбранный период (прил.Л рис.1,2).

Средняя температура воздуха в Калининграде изменялась от -2,9°C в январе до +17,5°C в июле. Абсолютный минимум наблюдался в феврале 1956 года и составлял -33,3°C. Абсолютный максимум наблюдался в августе 1992г и составлял +36,5°C. Переход средней температуры через ноль наблюдается в марте и декабре.

Осадков за период с 1947 по 2015гг выпадало в среднем 836 мм в год. Максимум наблюдается летом в августе, когда в среднем выпадает 93 мм осадков. Минимальная норма осадков в апреле – 42 мм. (рис. 57, прил.Л рис.3,4) Дождь наблюдался в течение всего года, снег – с октября по апрель.

По количеству дней с дождем преобладает октябрь – среднее количество дней с дождем – 18. Максимум снежных дней наблюдался в январе и феврале – 9 дней. В октябре твердые осадки в среднем наблюдались раз в 5 лет.

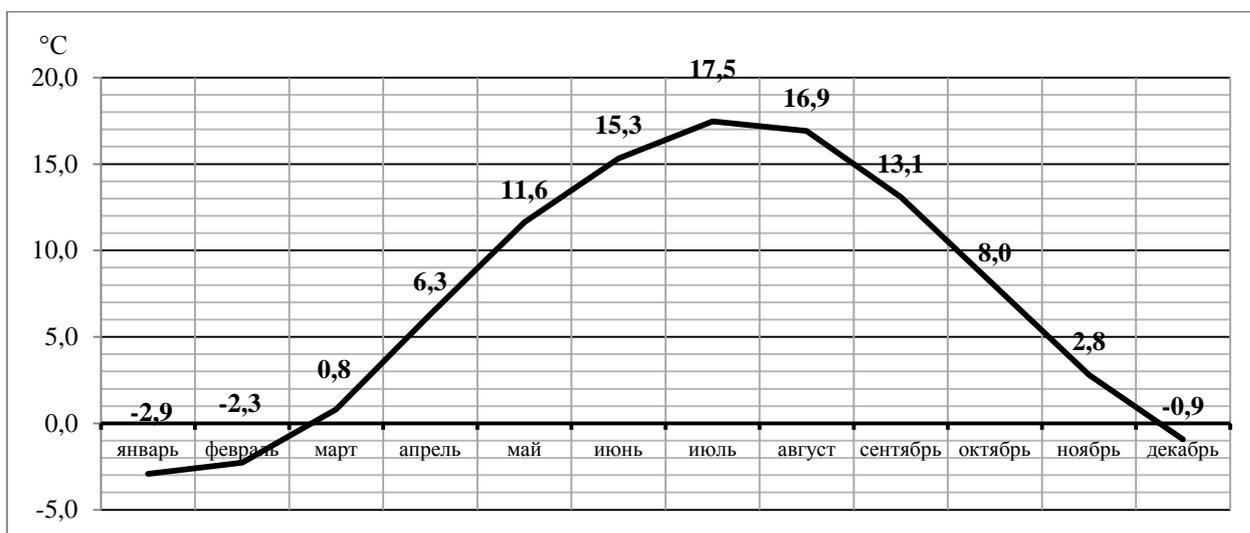


Рисунок 56 – Годовой ход средней температуры воздуха за период с 1848 по 2016гг

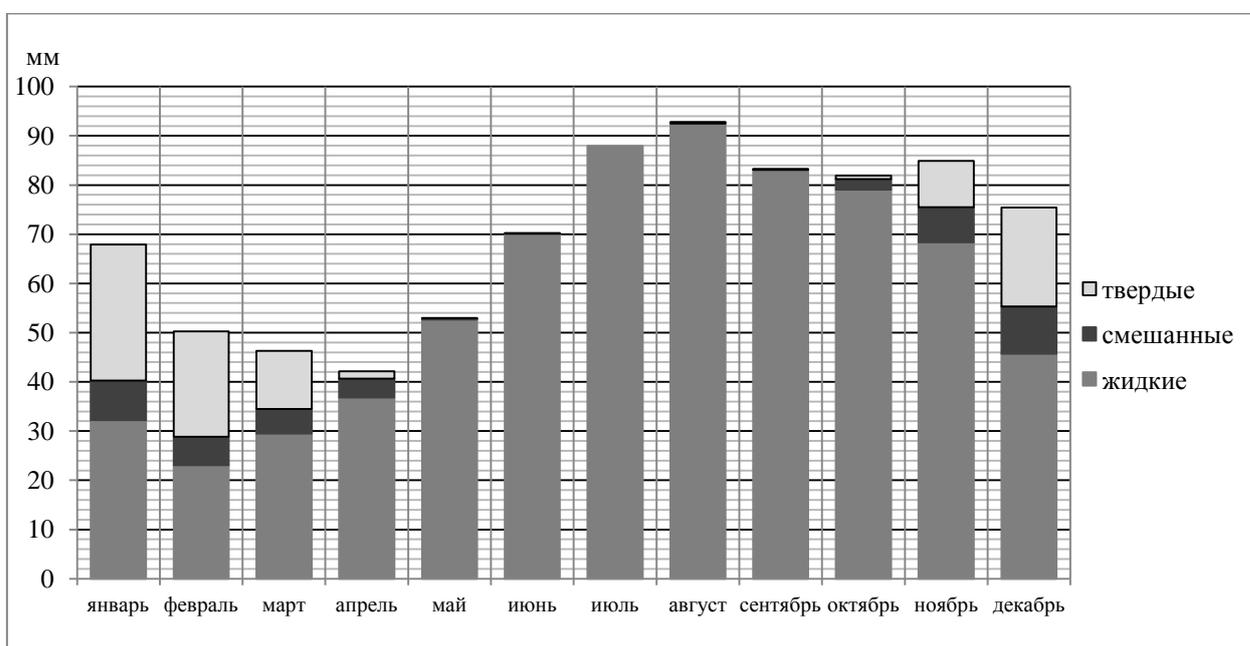


Рисунок 57. Годовой ход количества осадков различного типа

Снежный покров держится с октября по апрель и составляет в сумме 69 дней. Максимум дней со снегом наблюдается в январе – 19, минимум в октябре и апреле – в среднем 1 раз в месяц. Наибольшая средняя высота

покрова приходится на январь и февраль – 7 см, минимальная на ноябрь – 2 см. Максимальная высота наблюдалась в январе – 48 см.

Относительная влажность имеет четко выраженный годовой ход. (рис.58) В среднем значение влажности находится на отметке 79%, меняясь от максимума 87% в декабре до минимального значения 71% в мае.

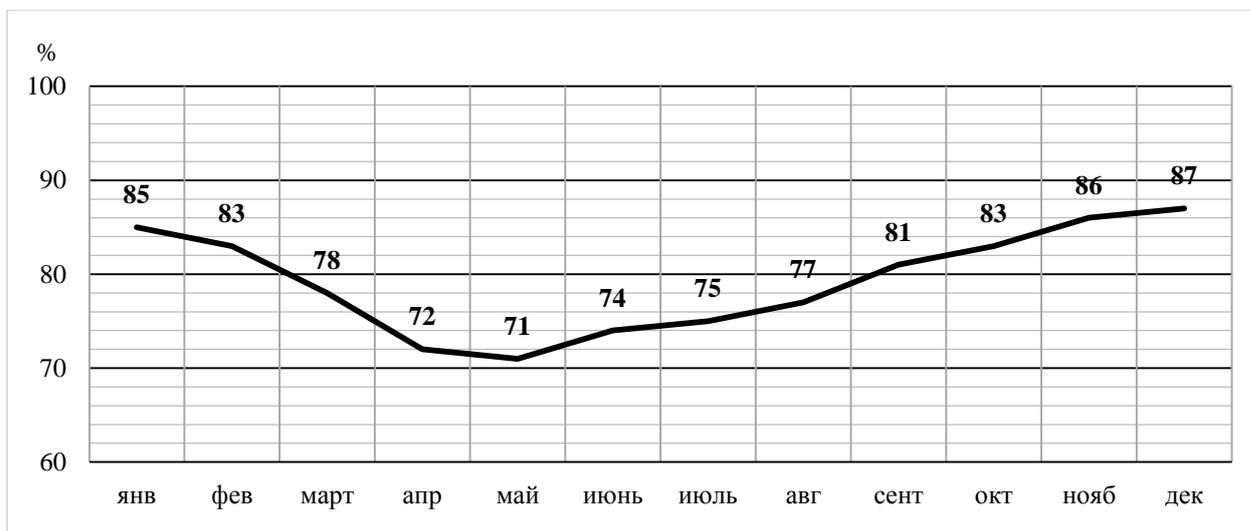


Рисунок 58 – Годовой ход влажности воздуха

На рис.59 представлен годовой ход атмосферного давления за период с 1947 по 2016гг. в прил.Л на рис.5 представлено изменение среднегодового значения давления за выбранный период. В годовом ходе минимумы наблюдаются в июле – 1012,3 гПа, в декабре – 1012,6 гПа и в апреле – 1012,7гПа. Максимумы приходятся на октябрь – 1015,2 гПа, в мае – 1014,3 гПа и в мае – 1014,2 гПа.

Ветровой режим за год и по сезонам представлен на рис.60 и в прил.Л рис.6. Средняя скорость ветра составляет 2,2 м/с, минимальная средняя скорость наблюдается в августе – 1,7 м/с, максимальная – в январе – 2,7 м/с.

Чаще всего за год ветер дует с запада – 21% случаев и преобладает с января по сентябрь, кроме мая, когда преобладает северный ветер. На втором месте по повторяемости юго-западный ветер – 17% случаев за год, он преобладает с июня по сентябрь. Максимальная повторяемость за месяц 36-27% принадлежит южному ветру и зафиксирована в июле.

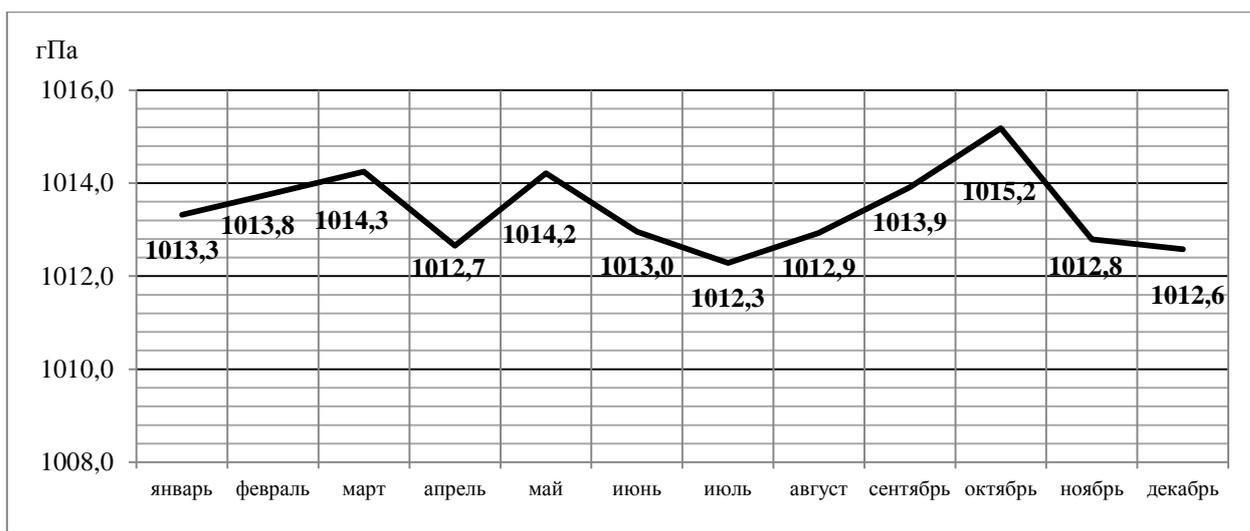


Рисунок 59 – Годовой ход атмосферного давления

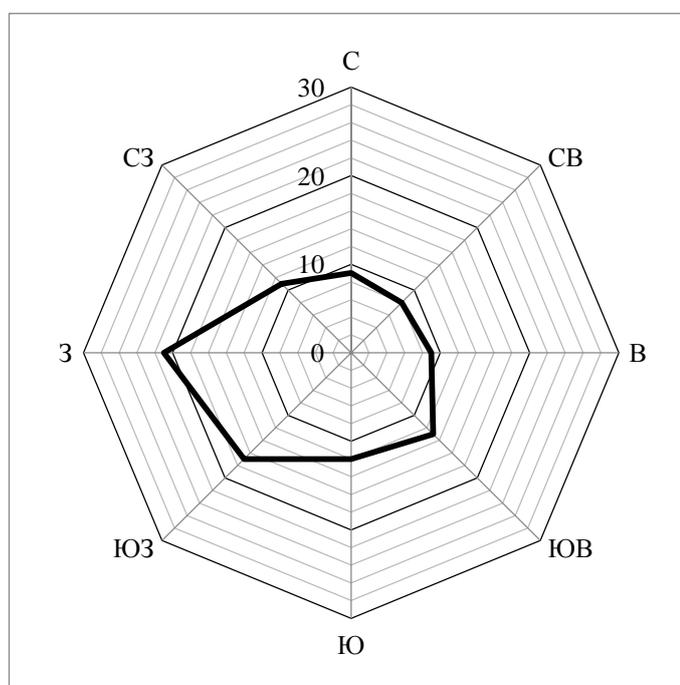


Рисунок 60 – Годовая повторяемость направлений ветра, %

На рис.61 представлен годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния за период с 1906 по 2004гг. Всего за год в среднем продолжительность сияния составляет 1692 часа. Максимум наблюдается в июле – 592 часа, а минимум в декабре – 25 часов. Изменение средней годовой продолжительности за весь выбранный период представлено в прил.Л на рис.7.

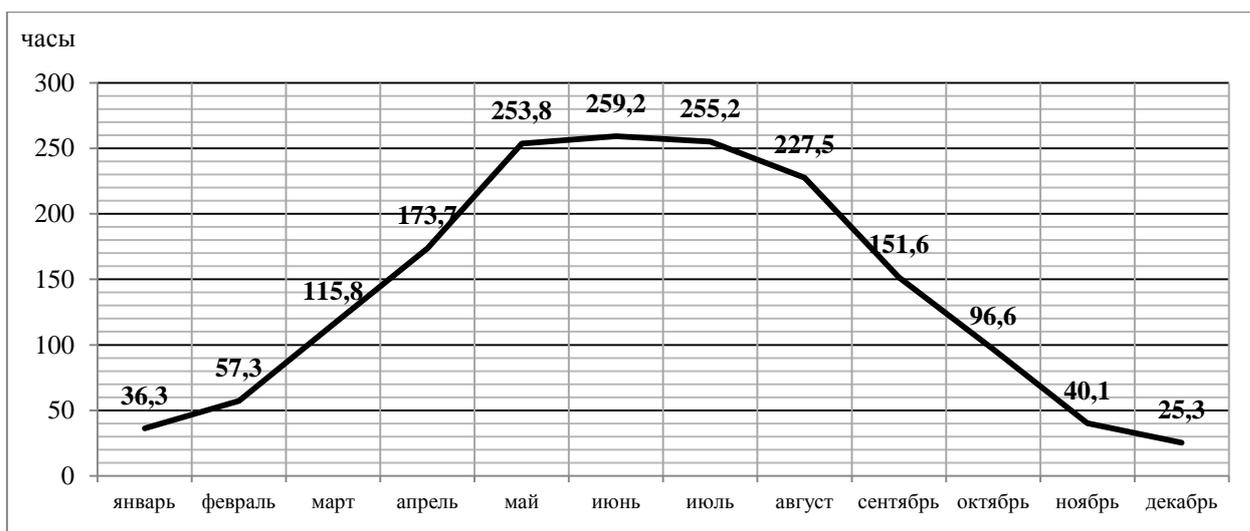


Рисунок 61 – Годовой ход средней суммарной продолжительности солнечного сияния

В среднем за год облачность над городом составляет 6,7 балла, максимальное количество облаков наблюдается в декабре – 8,1 балла, а минимальное в мае – 5,6 балла. (прил.Л рис.8) Полностью ясных дней в среднем за год – 31, максимальное количество безоблачных дней – 4 дня в месяц зафиксированы в апреле и мае, а с ноября по январь было одному ясному дню в месяц. Пасмурных дней за год – 146, максимальное количество дней с полностью затянутыми облаками небом в декабре и январе – 20 дней, минимальное количество пасмурных дней наблюдаются в августе – 6 дней за месяц.

Количество облаков нижнего яруса в среднем за год составляет 4,7 балла, максимальное количество облаков ниже 2 км наблюдается в декабре – 6,9 балла, минимальное в мае – 3,1 балла.

На нижнем ярусе облачность отсутствует в среднем 98 дней в году. Максимум – 14 дней в мае, минимум – 3 дня в ноябре и декабре. Абсолютно затянутый облаками нижний ярус был 75 дней в году. Максимальное количество дней сплошной облачности ниже 2 км в декабре – 14 дней, минимальное – 2 дня в мае, июле и августе.

Для авиации наибольшую сложность для полетов представляют облака нижнего яруса и вертикального развития, поэтому необходимо рассмотреть повторяемость различных форм облачности более подробно. (прил.Л рис.9)

Чаще всего из всех форм облачности наблюдается слоисто-кучевая – 33% за год и 47% в декабре. Реже всех наблюдается перисто-кучевая облачность – 0,5% за год. Конвективные виды облачности наблюдаются в течение всего года, в зимний период повторяемость кучевых облаков 3% от всех видов облачности, в летние месяцы они составляют до 26% в июле. Кучево-дождевая облачность наблюдается: минимум – 4% в апреле, максимум – 7% с августа по ноябрь.

2.2 Общая климатическая характеристика региона

Климат Северо-Западного округа РФ обусловлен расположением его в зоне двух климатических поясов: умеренного и субарктического и относится к умеренно-континентальному типу, при этом его континентальные свойства уменьшаются с востока на запад в сторону Калининградской области. В климате региона в течение года прослеживаются четко выраженные теплый и холодный периоды с переходными сезонами весны и осени.

В теплый период года с апреля по сентябрь на территории наблюдается преимущественно северное направление ветра. Приходящие с Северного Ледовитого океана воздушные массы обуславливают выпадение холодных дождей и влажную прохладную погоду.

В холодный период на северо-западе РФ преобладают западные и юго-западные ветры, приносящие воздушные массы с Атлантического океана. В районе Уральских гор на климат оказывает влияние ветер южного направления, который приносит воздушные массы с континента.

На рис. 62-65 представлено общее распределение годового хода температуры, влажности, повторяемости осадков и направлений ветра по территории Северо-западного региона в районе выбранных городов.

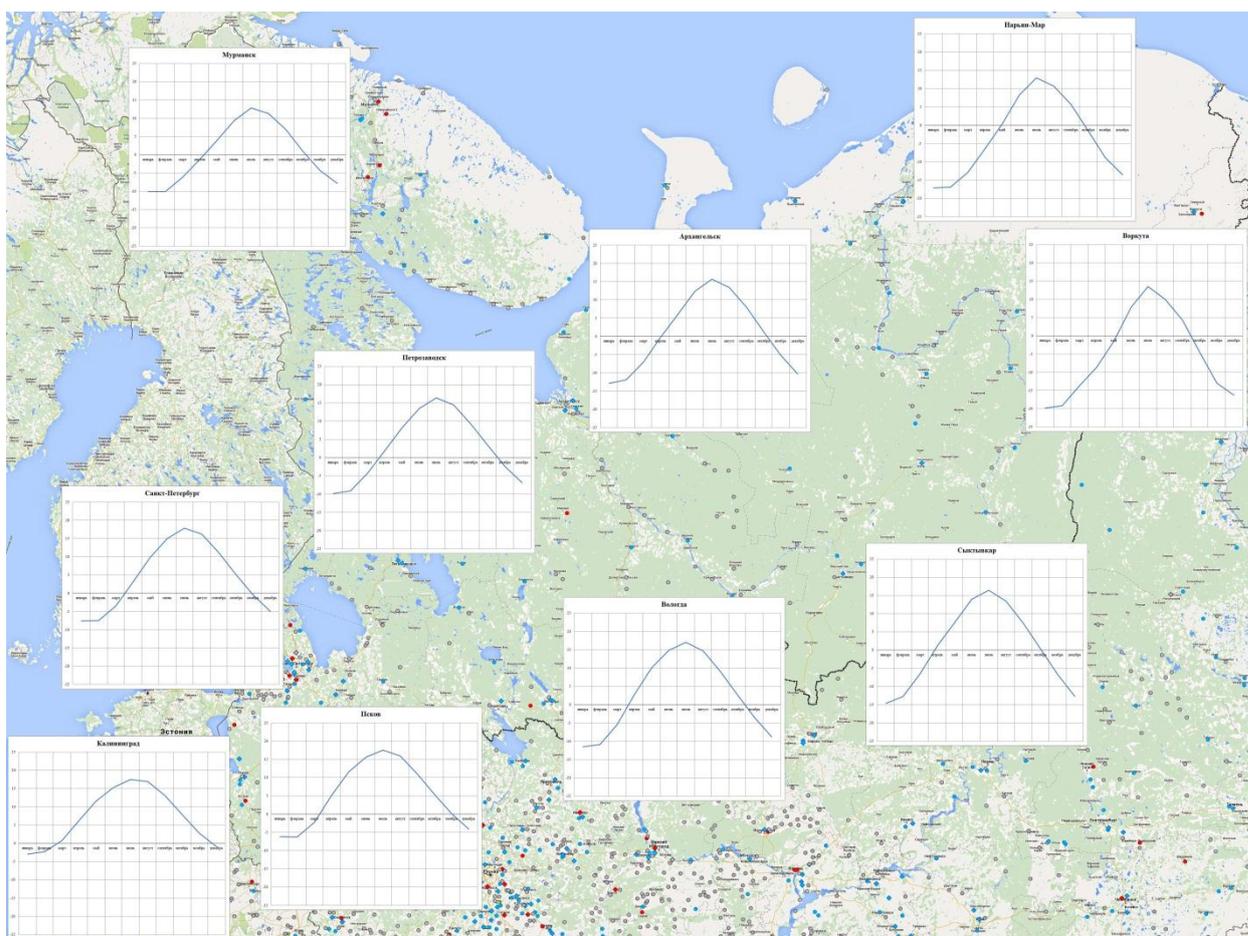


Рисунок 62 – Годовое распределение средней температуры воздуха

Для годового хода температуры характерны максимум в июле и минимум в январе, а амплитуда годового и суточного хода увеличивается от побережья Балтики к Республике Коми. В июле средняя температура уменьшается от $+18^{\circ}\text{C}$ на юге региона до $+13^{\circ}\text{C}$ в районе Мурманска и Нарьян-Мара. В январе средняя температура достигает минимальных значений в Воркуте до -20°C и увеличивается на западе региона до -7°C в Санкт-Петербурге и до -3°C в Калининграде. Годовая амплитуда меняется от 20°C в Калининграде до 34°C в Воркуте

Влажность достигает наибольших средних значений до 90% в Петрозаводске, Пскове и Архангельске. Максимум годового хода в районе Калининграда, Пскова и Санкт-Петербурга наблюдается в январе, при смещении на север максимум уже приходится на ноябрь, а при движении внутрь материка – на октябрь.

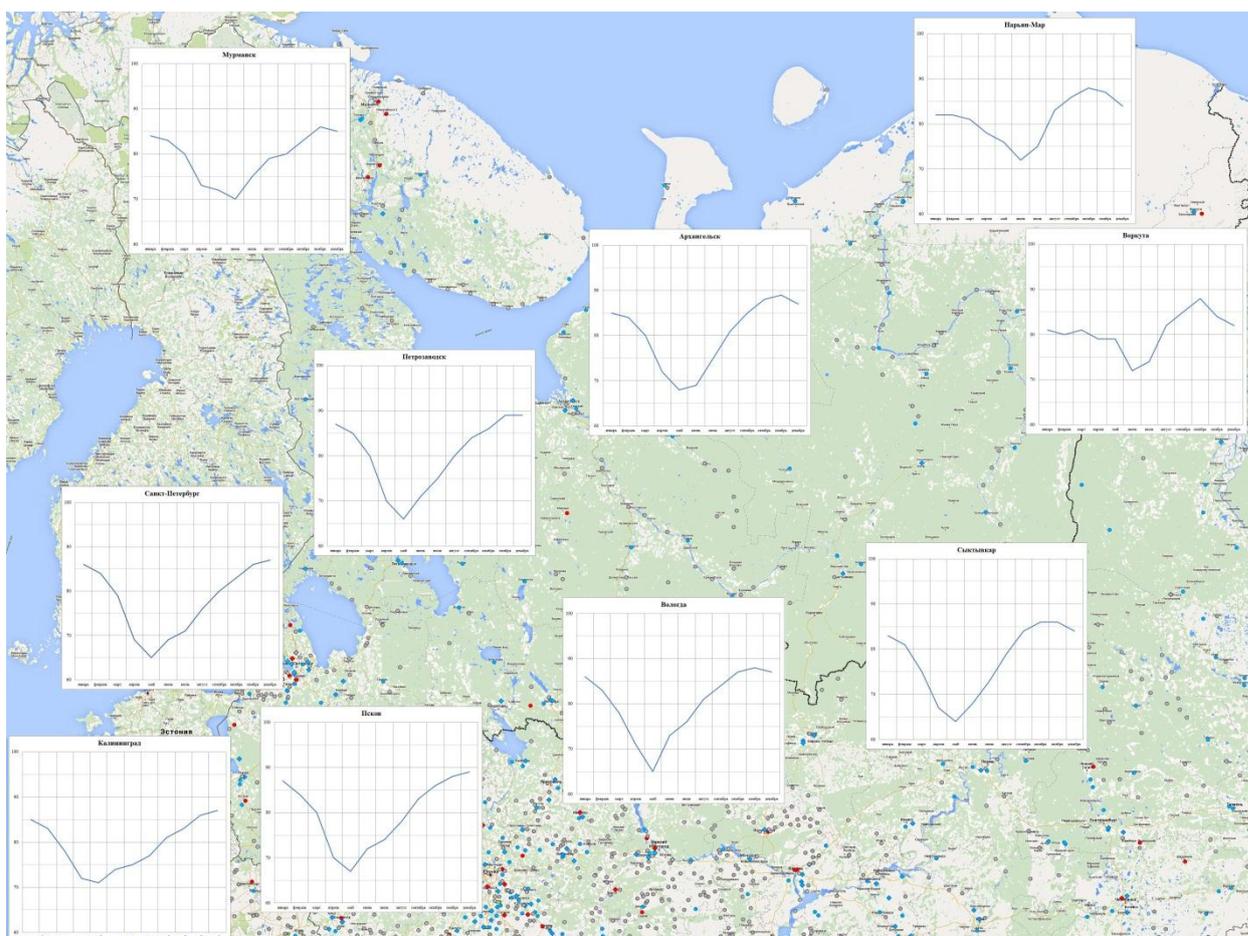


Рисунок 63 – Годовое распределение влажности воздуха

Минимальные значения влажности составляют 64% в Сыктывкаре. В годовом ходе минимум приходится на май, а в Мурманске, Нарьян-Маре и Воркуте смещается на июнь.

Максимальные колебания влажности происходят в Петрозаводске и Вологде до 23%, минимальные – в Калининграде, Мурманске, Нарьян-Маре и Воркуте до 16% в течение года.

Годовое количество осадков на территории меняется от 560-590 мм в Нарьян-Маре и Мурманске и до 840 мм в Калининграде. Наибольшее количество дней с осадками за год наблюдается на севере региона в Нарьян-Маре – почти 300 дней в году, но при этом максимальная норма осадков составляет около 70 мм в июне, так же как и в Мурманске. Меньше этого значения только среднемесячная норма осадков в Воркуте – 63 мм.

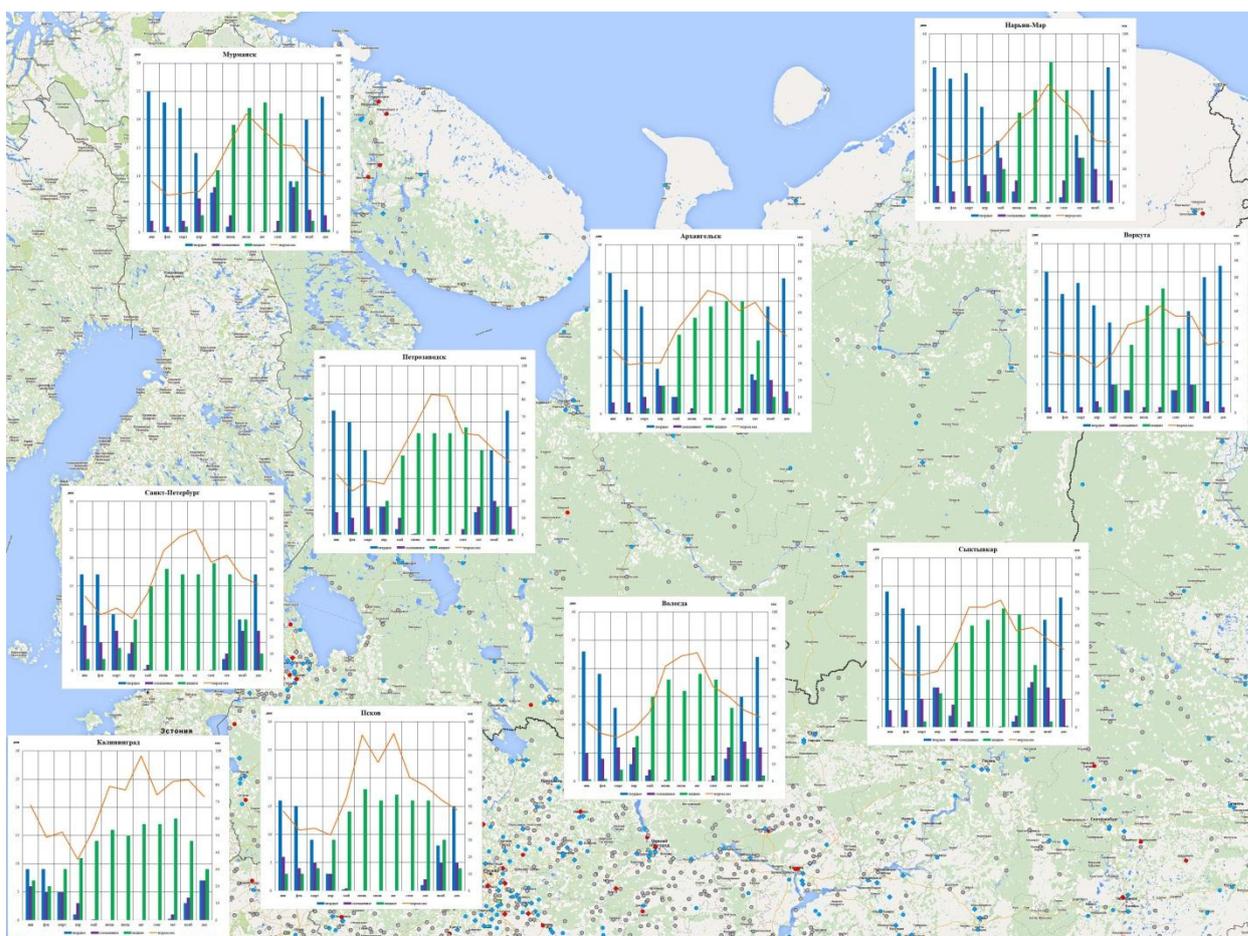


Рисунок 64 – Годовое распределение осадков, повторяемость осадков различного типа (дни) и среднемесячная норма (мм)

Наименьшее количество дней с осадками наблюдается в Калининграде – в среднем 218 дней за год, но среднемесячные нормы осадков в этом городе достигают максимального значения – до 97 мм в августе и здесь же наблюдается максимум дней с дождем в холодное время года.

В Воркуте дождь выпадет в период с октября по апрель, в остальных городах дождь может быть в течение всего года, но в Мурманске и Архангельске дождь в январе встречается примерно раз в 5-6 лет, а в Сыктывкаре и Нарьян-Маре – раз в 10 лет.

Снежные (твердые) осадки в основном выпадают на юге региона в холодное время года с октября по апрель-май. При продвижении на север снег может выпасть и в более теплые месяцы, а в Воркуте твердые осадки

наблюдались и летом – в июне в среднем 4 раза за месяц, а в июле и августе примерно 1 раз в 10 лет.

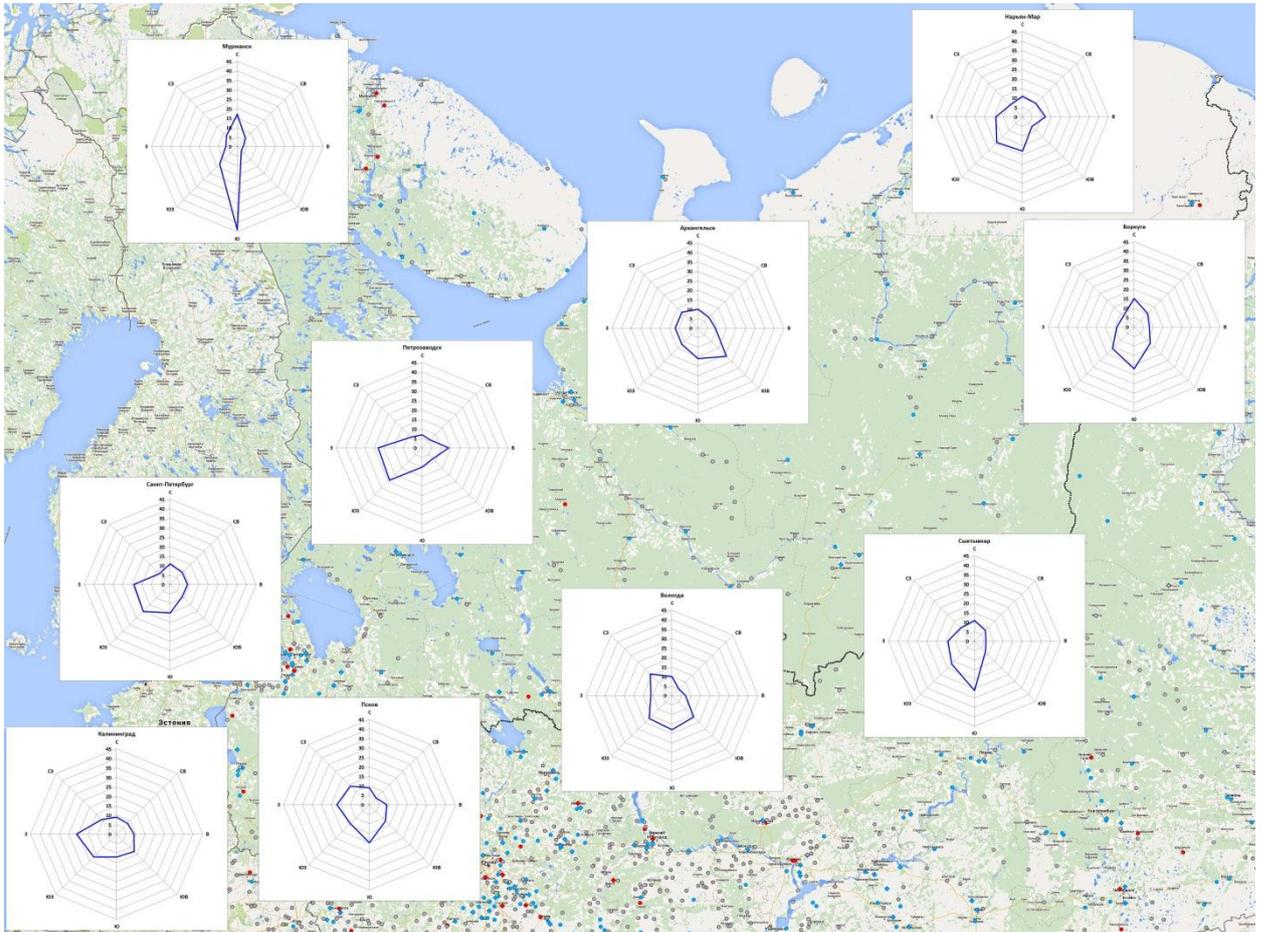


Рисунок 65 – Годовая повторяемость направлений ветра

Ветровой режим в выбранных городах зависит от географического расположения. В Калининграде и Санкт-Петербурге преобладает западный ветер. При продвижении на север и вглубь материка максимум повторяемости постепенно смещается с юго-западного в Петрозаводске на южный и особенно это заметно в Мурманске. В зимний период на это направление приходится до 70% случаев за месяц. В Архангельске преобладает юго-восточный ветер в течение почти всего года.

Частая смена воздушных масс и большая изменчивость погодных условий в совокупности приводит к тому, что Северо-Западный регион является одной из самых сложных для прогнозирования территорий.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ ДЛЯ АВИАЦИИ И СВЯЗАННЫХ С НИМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

3.1 Методика оценки опасных явлений погоды с учетом их продолжительности и связанных с ними метеорисков

Каждое принимаемое людьми решение в любой сфере деятельности связано с риском. Чем больше человечество влияет на природную среду, тем больше нарушается периодичность и ухудшается предсказуемость опасных явлений погоды. Увеличивается влияние тех явлений, которые ранее не принимались во внимание и не относились к опасным.

Для эффективной оценки риска необходимо провести анализ частот возникновения того или иного явления, а также определить и проанализировать причины возникновения этих явлений. Использование соответствующих хронологических данных для идентификации события или ситуации, произошедших в прошлом и допускающих возможность экстраполяции вероятности их появления в будущем, является одним из методов анализа частот для оценки вероятности возникновения нежелательных событий в виде опасных погодных явлений. [43]

Информацию о повторяемости метеоявлений можно получить в результате статистической обработки регулярных и специальных наблюдений за фактической погодой в аэропортах.

Для расчета вероятности попадания ВС в то или иное явление погоды, которое может возникнуть в районе выбранного аэропорта, сначала необходимо найти общие закономерности повторяемости на основе имеющихся данных. К таким закономерностям можно отнести среднее количество проявлений различных погодных явлений. Расчет данного показателя можно представить в следующем виде:

$$P = \frac{\sum_i^N E_i}{N}, \quad (10)$$

где E_i – факт наличия некоторого погодного явления в день наблюдения i , $E_i = \begin{cases} 0, & \text{если явление отсутствовало} \\ 1, & \text{если явление присутствовало} \end{cases}$,

N – количество дней в месяце наблюдения.

Рассмотрев динамику изменений значения данного показателя, можно говорить об установлении риска реализации некоторого погодного явления в последующие схожие временные интервалы.

Однако данный показатель не позволяет оценить вероятность возникновения некоторого природного явления в более детализированном временном промежутке. Следовательно, отсутствует возможность предсказать проявление погодных особенностей в течение дня, что уменьшает точность оценки безопасности погодных условий для осуществления полета.

В процессе диссертационного исследования было разработано 2 программных решения, которые позволяют:

- загружать текстовые документы, содержащие сводки в формате кода METAR или данные регулярных наблюдений за явлениями погоды из архива погоды в формате КН-01 для расшифровки их в общепринятые обозначения, что позволяет работать с этими данными людям, не имеющим специальных знаний;
- проводить сортировку для первичного анализа расшифрованных параметров атмосферы и явлений погоды;
- рассчитывать повторяемость явлений погоды с учетом их продолжительности;
- оценивать метеорологические риски при возникновении опасных явлений или сложных условий погоды, вводя значения возможного ущерба от реализации негативных событий.

На рис. 66 представлена общая блок-схема разработанных программных решений.



Рисунок 66 – Блок-схема разработанной методики оценки риска с помощью программного решения

В качестве исходных данных используются файлы, содержащие данные регулярных сводок METAR в текстовом формате, взятых из архива с электронного ресурса [172]. В начале происходит расшифровка массива сводок METAR и информация представляется в виде таблицы.

В таблице расшифрованного массива представлены следующие данные: 4-буквенный код аэропорта; год, месяц, день и время наблюдения по Гринвичу; направление и скорость ветра, переменное направление ветра; дальность видимости и видимость на ВПП; явления погоды в срок наблюдения; количество облачности и высота ее нижней границы, наличие кучево-дождевой и грозовой облачности; температура воздуха и температура точки росы; атмосферное давление, приведенное к уровню моря.

Данные, предоставляемые в сводках в формате кода METAR, позволяют оценить достаточно точно распределение повторяемости события по временным промежуткам, составляющим 30 минут. Формула оценки показателя риска такого события выглядит следующим образом:

$$P_t = \frac{\sum_i^Y E_{imt}}{\sum_i^Y \sum_j^T E_{imj}},$$

где Y – годы наблюдений,

T – общее количество временных наблюдений,

E_{imt} – факт наличия некоторого погодного явления в месяце m года i момент времени t ,

E_{imj} - факт наличия некоторого погодного явления в месяце m года i момент времени j .

Программа позволяет выполнять сортировку как по названию явления, так и по времени.

Помимо расшифровки и расчетов данных, разработанный программный инструмент позволяет вывести полученные значения параметров атмосферы и явлений погоды в виде различных графиков. С

помощью такого представления информации можно визуально оценить, например, повторяемость высоты нижней границы облачности.

Так же в целях решения задачи по расчетам рисков, было создано еще одно программное решение, где для расчетов используются данные архива срочных наблюдений за явлениями погоды с указаниями сроков начала и окончания явления. [131]

Расчеты риска по исходным данным из архива регулярных наблюдений за явлениями погоды с указанием времени их начала и окончания для учета продолжительности каждого явления относительно продолжительности всего интервала наблюдения производятся по следующим формулам:

$$R = P \cdot C , \quad (11)$$

где R – риск, P – вероятность, C – величина ущерба (последствий),

$$P = \frac{\sum_i^N D_i}{T} , \quad (12)$$

где D_i – часть продолжительности погодного явления i , попадающая в заданный период наблюдения, N – количество погодных явлений данного типа, попадающих в заданный период наблюдения, T – общая продолжительность периода наблюдения. Разбивка на периоды наблюдения производится по месяцам (в годовом цикле) и по 30 минут (в суточном цикле).

Таким образом, можно оценить вероятность возникновения погодного явления в различные временные интервалы в течение суток.

Данные архива с 1966 по 2015 гг получены с сайта Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) и представляют собой

зашифрованные данные наблюдений за явлениями погоды в текстовом формате.

После выбора файла с данными происходит расшифровка и загрузка расшифрованных данных, с возможностью сортировки по любому из столбцов. Таблица содержит следующие данные: синоптический индекс станции; год, месяц, день и срок наблюдения по Гринвичу; атмосферное явление, его интенсивность, время начала и время окончания явления; признаки качества для этих данных, показывающее их достоверность при переносе с бумажных носителей из архива в электронные базы данных; продолжительность явления.

При сохранении значения величины ущерба 100, риск представляется в виде повторяемости в процентах. При необходимости туда можно ввести значение возможного ущерба (например стоимости самолета или экономических потерь от нарушения регулярности полетов) в случае инцидента и получить значение риска в виде потерь. Таким же образом рассчитывается риск с учетом продолжительности явления по времени суток.

Разработанное инструментальное программное средство дает возможность оценить повторяемость того или иного явления погоды в различное время года и суток и оценить метеориски в случае реализации негативного события, что позволяет учитывать метеорологические риски еще на этапах планирования полетов, а также использовать эту информацию в составлении прогнозов при метеорологическом обеспечении полетов для обеспечения безопасности и регулярности воздушного движения.

3.2 Оценка влияния повторяемости опасных явлений погоды на экономическую эффективность полетов ВС на примере аэродрома Сыктывкар

Для примера использования, разработанного автором, программного решения, были взяты данные по количеству самолетовылетов (СВ) и

задержек, отмен и прерывания рейсов по метеорологическим условиям в аэропорту г.Сыктывкар за период с 2012 по 2014 гг. (табл.6)

Всего прерванных полетов, когда экипажи ВС из-за сложных погодных условий не могли посадить самолеты на аэродромы назначения, было 36. Из них чаще всего (12 рейсов) на запасной аэродром уходили АН-24, следующий по повторяемости прерванных полетов – Б737-500 – 7 случаев.

Причинами этих уходов ВС на запасной аэродром стали: ливневой и ливневой мокрый снег, метель – 8 случаев; туман – 7 случаев; боковой ветер – 2 случая, переохлажденный дождь – 1 случай. Дважды НГО была 60 м, один раз 50 м и три случая – ниже 40 м.

Таблица 6 – Регулярность воздушного движения на аэродроме
Сыктывкар

Год	2012	2013	2014
Самолетовылетов всего	14944	15779	16469
С задержкой	146	109	58
Отменено	18	14	11
Уход на запасной аэродром	7	17	12
Всего	171	140	81

Для эффективной оценки риска необходимо провести анализ повторяемости опасного явления погоды. Чтобы получить необходимую информацию по повторяемости и продолжительности сильных снегопадов в районе Сыктывкара были использованы массивы регулярных наблюдений за погодой, созданные по данным, содержащихся на технических носителях Госфонда и содержащий информацию об атмосферных явлениях, их интенсивности и продолжительности на метеорологических станциях России.[131]

В таблице 7 представлены результаты статистической обработки данных наблюдений с 1976 по 2015гг в виде суммарной продолжительности

ливневых снежных осадков и метелей за сказанный период и средней продолжительности этих явлений в часах каждый день.

Как видно из таблицы снежные ливневые осадки могут наблюдаться даже в летние месяцы кроме июля, но в июне эти явления повторялись примерно раз в 2 года, а в августе всего единожды за весь выбранный период в течение 11 минут шел ливневой снег.

Таблица 7 – Общая и средняя продолжительность снежных ливневых осадков и метелей в районе а/д Сыктывкар с 1976 по 2015 гг

Месяц	Общая продолжительность за весь период, часов	Средняя продолжительность, час/день
Январь	1238:09:00	1:01:27
Февраль	1090:35:00	0:59:24
Март	1924:35:00	1:35:31
Апрель	1628:45:00	1:23:32
Май	475:13:00	0:23:35
Июнь	53:13:00	0:02:44
Июль	-	-
Август	0:11:00	0:00:00
Сентябрь	246:18:00	0:12:38
Октябрь	1997:51:00	1:39:09
Ноябрь	2070:26:00	1:46:11
Декабрь	1739:03:00	1:26:18

Безусловно, на каждом аэродроме в зависимости от интенсивности воздушного движения метеорологические риски от одного и того же опасного явления погоды будут разные. И даже на одном аэродроме они будут меняться, если увеличивается или уменьшается объём воздушных перевозок. Все необходимые данные по этому вопросу руководству

авиапредприятия может предоставить авиационная метеорологическая служба.

Для приблизительной оценки экономических потерь при посадке самолета на запасном аэродроме, был произведен расчет по действующим тарифам, представленным на сайте авиакомпании Комиавиатранс. [135] В таблице 8 содержатся ставки и тарифы за наземное обслуживание, в таблице 9 представлен расчет расходов с учетом взлетной массы и количества пассажиров в выбранных самолетах.

Таблица 8 – Ставки сборов и тарифы за наземное обслуживание в аэропорту Сыктывкар.

Наименование сборов и тарифов	Тариф
Сбор за взлет-посадку, руб./т взл. массы	566
Сбор за обеспечение авиационной безопасности, руб/т взл. массы	153
Сбор за пользование аэровокзалом, на одного взрослого пассажира (12 лет и старше), руб/пас	57
Ставки за коммерческое обслуживание, руб/пас	126

Таблица 9 – Расходы с учетом взлетной массы ВС и количества пассажиров

Тип ВС	Ан-24	Б737-500
Максимальная взлетная масса, кг	21000	52390
Количество пассажиров	52	132
Сбор за взлет-посадку	11860	29653
Сбор за обеспечение авиационной безопасности	3213	8016
Трап	1219	1219
Подача автобуса к трапу (МАЗ-107466)	1258	1258
Расходы за коммерческое обслуживание	6552	16632
Сбор за пользование аэровокзалом	2964	7524

Тариф за обеспечение приёмки и выпуска	706	2783
Предоставление навигационного расчета	594	594
Всего	28366	67679

Помимо расходов, полученных в результате данных расчетов, необходимо еще учесть затраты на обработку ВС противообледенительной жидкостью (ПОЖ), т.к. рассматриваемые случаи прерванных полетов происходили в холодное время года в условиях сильных снежных осадков. В таблице 10 представлены тарифы за очистку, противообледенительную обработку ВС и предоставление спецтранспорта в аэропорту Сыктывкара.

Таблица 10 – Расчет стоимости дополнительной антиобледенительной обработки ВС

Наименование сборов (тарифов)	АН-24	Б737-500
Тариф за очистку от снега и льда обметанием, руб/ВС	1940	4230
Тариф за устранения обледенения горячей водой, руб/ВС	-	5816
Тариф за устранение обледенения "Арктикой" с применением установки УНА, руб/ВС	1676	3047
Тариф за противообледенительную обработку воздушных судов с использованием спецмашины WGCB40E, руб/ВС	9553	12765
Предоставление спецавтомшины WGCB40E для обработки противообледенительной жидкостью, руб/ВС	9463	10879
Предоставление спецавтомшины WGCB40E для очистки воздушных судов от снега и льда горячей водой, руб/ВС	8533	9810
Предоставление СПО-15 для устранения обледенения, руб/ВС	756	992
Предоставление спецавтотранспорта для устранения обледенения горячей водой, руб/ВС	2906	3341

Наименование сборов (тарифов)	АН-24	Б737-500
Рекомендованное минимальное кол-во ПОЖ, л	140	200
Стоимость обработки ВС ПОЖ "Арктика ДГ", (76 р/кг)	10640	15200
Стоимость обработки ВС ПОЖ "MAXFLIGHT 04", (98,95р/л)	13853	19790
Всего за дополнительную антиобледенительную обработку, руб	59320	85870
Суммарные расходы (наземное обслуживание и антиобледенительная обработка), руб	87686	153549

Очевидно, что при вынужденной посадке ВС на запасном аэродроме в условиях, благоприятных для образования обледенения в полете и на земле, расходы на, необходимую для продолжения полета, дополнительную очистку самолета ото льда и его обработку противообледенительными жидкостями могут превышать расходы на аэропортовые сборы и наземное обслуживание.

С помощью разработанного автором программного решения были рассчитаны повторяемость и риски обледенения ВС из-за гололедно-изморозевых отложений и из-за выпадения снежных и ледяных осадков для выбранных ранее типов самолетов. (табл.11)

Таблица 11 – Повторяемость и риски обледенения при гололедно-изморозевых отложениях и осадках, приводящих к обледенению ВС, руб.

месяц	Гололедно-изморозевые отложения			Снежно-ливневые осадки, ледяной дождь		
	Повторяемость, %	Риски, руб		Повторяемость, %	Риски, руб	
		АН-24	Б737-500		АН-24	Б737-500
Январь	32,4	2845127	4982168	3,5	305582	535112

месяц	Гололедно-изморозевые отложения			Снежно-ливневые осадки, ледяной дождь		
	Повторяемость, %	Риски, руб		Повторяемость, %	Риски, руб	
		АН-24	Б737-500		АН-24	Б737-500
Февраль	25,2	2205867	3862744	3,7	323485	566462
Март	14,4	1262460	2210723	7,0	610155	1068457
Апрель	9,7	853583	1494729	7,2	630348	1103817
Май	4,5	391335	685276	1,9	168263	294648
Июнь	0,4	38714	67793	0,2	17564	30756
Июль	0,0	2434	4262	0,0	0	0
Август	0,9	74965	131274	0,0	56	98
Сентябрь	4,7	409384	716882	0,9	78138	136830
Октябрь	12,9	1135303	1988055	7,1	624320	1093261
Ноябрь	26,2	2301636	4030449	7,3	643356	1126596
Декабрь	34,5	3022683	5293090	5,4	475843	833259

Учёт влияния метеорологических рисков необходим при решении различных экономических задач авиапредприятия и задач по обеспечению регулярности, а главное безопасности полётов. Используя для этих целей методы статистического анализа, полученные результаты можно использовать для экстраполяции вероятности их появления в будущем.

Проведенные в работе расчеты показывают целесообразность применения данной методики в интересах авиакомпаний для снижения дополнительных расходов, связанных со сбоями в расписании. Полученные в результате данные можно также использовать как средние значения для других действующих или строящихся (проектируемых) аэродромов.

3.3 Использование программного решения расчета метеорисков на примере аэродрома Мурманск

Авиация — это единственный вид транспорта, который можно использовать на северных территориях круглый год. Основным видом пассажирского транспорта в Заполярье являются самолеты и вертолеты малой авиации, потому как, с учетом расстояний между населенными пунктами, строительство и эксплуатация наземной транспортной инфраструктуры из-за высокой стоимости совершенно не оправдано с экономической точки зрения. В пределах Арктической зоны 80% пассажиров перевозится малой авиацией на местных воздушных линиях, но несмотря на это в Арктической зоне РФ по данным Минтранса находится всего 73 аэродрома.

Особенности погодных условий в Арктике обусловлены близостью теплого течения Гольфстрим и холодного северного течения, которые также, как и наличие больших водных бассейнов открытых и закрытых льдом, способствуют формированию неустойчивой метеобстановки. [74]

Климат Арктики сильно осложняется специфическими метеорологическими условиями погоды, особенно опасными для полетов на низких высотах — резкими сдвигами ветра, частыми изменениями высоты и характера облачности, туманами, шквалистыми ветрами, метелями, пургой, обледенением, турбулентностью, снежными зарядами и др. До настоящего времени для этой территории практически отсутствуют достаточно надежные методы прогнозирования, а синоптикам приходится пользоваться редкими данными наземных метеостанций и общими сведениями о климате.

Для решения проблемной ситуации в работе синоптиков предлагается использовать разработанную в ходе диссертационного исследования автоматизированную методику расчета метеорисков, основанную на обработке архивов многолетних срочных наблюдений за погодой и метеоявлениями с указанием времени их начала и окончания.

Посчитанная повторяемость ливневых дождя и снега для Мурманска представлена в таблице 12. Из полученных результатов видно, что наибольшая повторяемость дождя в Мурманске наблюдается в июне и составляет 20%, а минимум в январе составляет 0,4%. Наибольшая повторяемость снега приходится на декабрь и составляет 28,1%, меньше 1% повторяемость снега в июне и сентябре.

Для расчета метеорологических рисков необходимо ввести величину экономического ущерба в случае реализации того или иного явления погоды, которое может нарушить регулярность и безопасность полетов. В качестве примера была введена условная стоимость задержки вылета самолета 150 тыс.руб.

Таблица 12 – Повторяемость ливневых осадков в районе г.Мурманск и метеорологические риски, связанные с ними

Повторяемость ливневых осадков, %												
Ливневые осадки	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дождь	0,4	0,6	0,5	3,9	11,1	20,0	17,5	17,0	16,5	11,1	3,3	1,4
Снег	27,3	23,3	22,0	17,2	10,0	0,9	0,0	0,0	0,4	8,9	21,3	28,1
Метеорологические риски в случае выпадения ливневых осадков, тыс.руб.												
Дождь	60	90	75	585	1665	3000	2625	2550	2475	1665	495	210
Снег	4095	3495	3300	2580	1500	135	0	0	60	1335	3195	4215

В результате, при отсутствии достаточного количества регулярных срочных наблюдений и надежных методов прогнозов в арктических районах, реализация данной методики в метеорологическом обеспечении авиации позволит повысить безопасность и обеспечить регулярность полетов ВС.

3.4 Оценка повторяемости опасных явлений и сложных метеоусловий в Северо-западном федеральном округе

В рамках диссертационного исследования с помощью разработанного программного средства был произведен расчет средней повторяемости опасных явлений и сложных условий погоды с учетом их продолжительности для основных аэродромов Северо-западного федерального округа в период с 1977 по 2015гг для дальнейшей оценки метеорологических рисков, с учетом конкретных экономических потерь каждой авиакомпании. (рис. 68-72).

С помощью линейной аппроксимации по методу наименьших квадратов были построены линии тренда на графиках среднегодового изменения явлений погоды за выбранный период. В прил. М представлены графики среднегодовой повторяемости опасных и сложных для авиации явлений погоды, с наиболее значимым увеличением тренда. В таблице 13 отмечены возрастающие риски за выбранный период.

Таблица 13 – Среднегодовая повторяемость явлений погоды, увеличившиеся за период с 1977 по 2015гг

	Санкт-Петербург	Петрозаводск	Сыктывкар	Воркута	Архангельск	Нарьян-Мар	Вологда	Мурманск	Псков	Калининград
Град	*		*	*				*	*	
Гроза			*					*	*	
Дождь ливн.				*	*	*	*	*		
Дождь	*		*	*					*	
Мгла	*	*			*		*		*	
Туман										*
Морось	*				*				*	*

	Санкт-Петербург	Петрозаводск	Сыктывкар	Воркута	Архангельск	Нарьян-Мар	Вологда	Мурманск	Псков	Калининград
Снег ливн.					*	*				
Снег ливн. мокр.					*	*	*	*		
Снег мокр.	*		*	*			*		*	
Метель		*		*					*	
Изморозь							*			*
Иней							*	*		
Гололед		*		*		*	*	*		*
Лед. Дождь		*								*
Дымка				*						*
Снег			*							

В результате проделанных расчетов и анализа полученных результатов были сделаны следующие выводы.

Наибольшая повторяемость гроз наблюдается в июле в Сыктывкаре – 2,2%, немного меньше в Пскове – 2,1%, в остальных городах менее 2%. С учетом повторяемости рассчитанной по количеству гроз за месяц в Сыктывкаре 23%, это говорит об их небольшой продолжительности относительно всего периода измерений. Наименьшая повторяемость гроз наблюдается в Мурманске – 0,3%.

Повторяемость ливневых дождей наибольшая на максимальной отметке в летние месяцы в Мурманске – 20%, а наименьшая – 4,3% в Сыктывкаре в сентябре. При этом в Мурманске наименьшая максимальная повторяемость дождя – 2% в июне, а в Петрозаводске наибольшая – 10,7% в октябре. Годовой ход повторяемости дождей с наименьшей амплитудой в Калининграде.

Повторяемость града из-за его малой продолжительности достигает максимума в 0,012% в Пскове в мае, в остальных городах повторяемость опускается ниже 0,006%. В Калининграде град наблюдался даже в январе, в остальных городах он обычно выпадет в теплое время года.

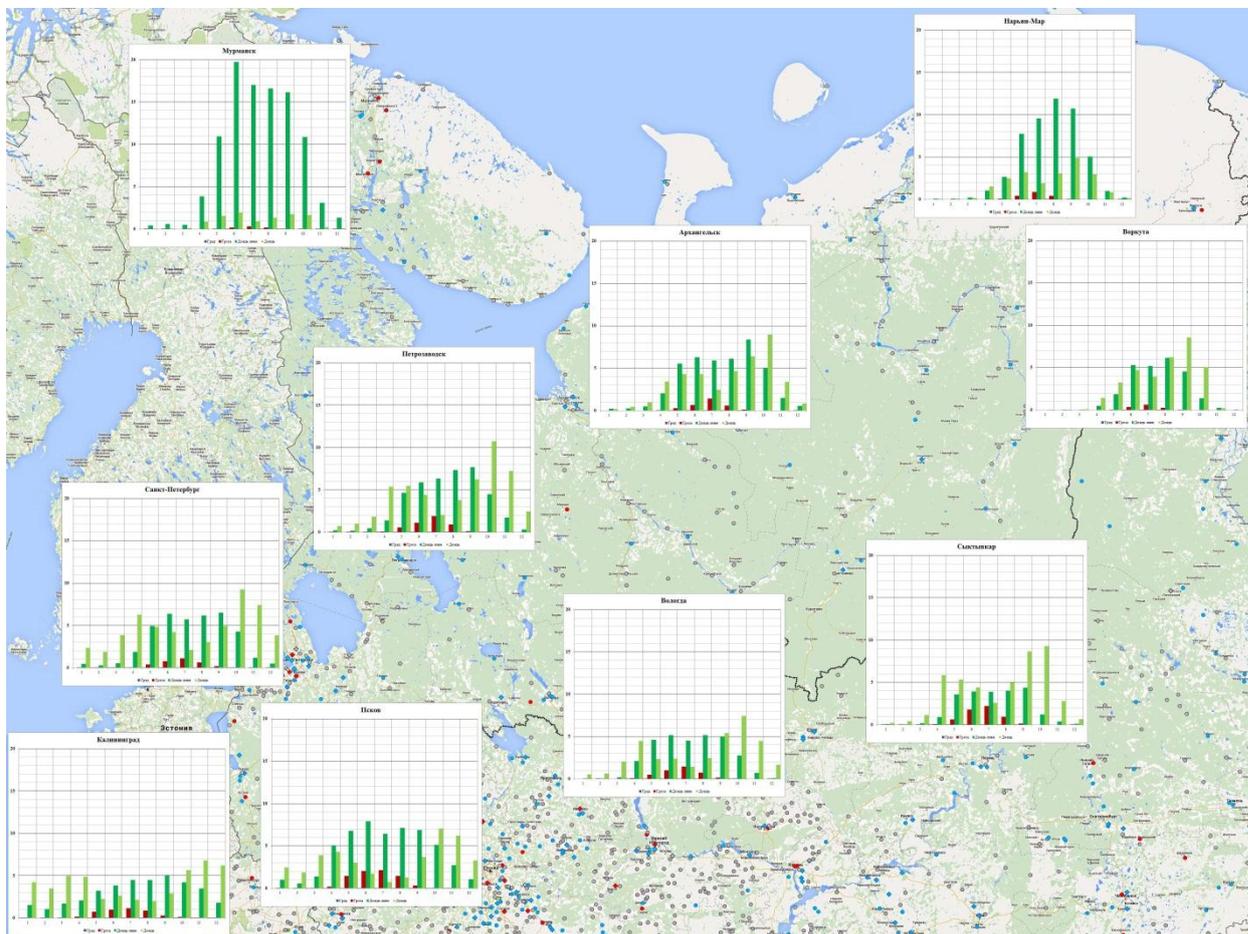


Рисунок 68 – Повторяемость града, грозы, ливневого дождя и дождя, %

Значительнее всего возросла повторяемость грозы и града в Пскове – фактически в 2 раза за выбранный период. Также наблюдается увеличение в Санкт-Петербурге и Сыктывкаре, и, несмотря на совсем малые проценты среднегодовой повторяемости, в Воркуте и Мурманске. Ливневые дожди стали выпадать чаще в Мурманске и Нарьян-Маре – за выбранный период наблюдается увеличение тренда с 6,5 до 9,5% и с 2,5 до 5,5% соответственно.

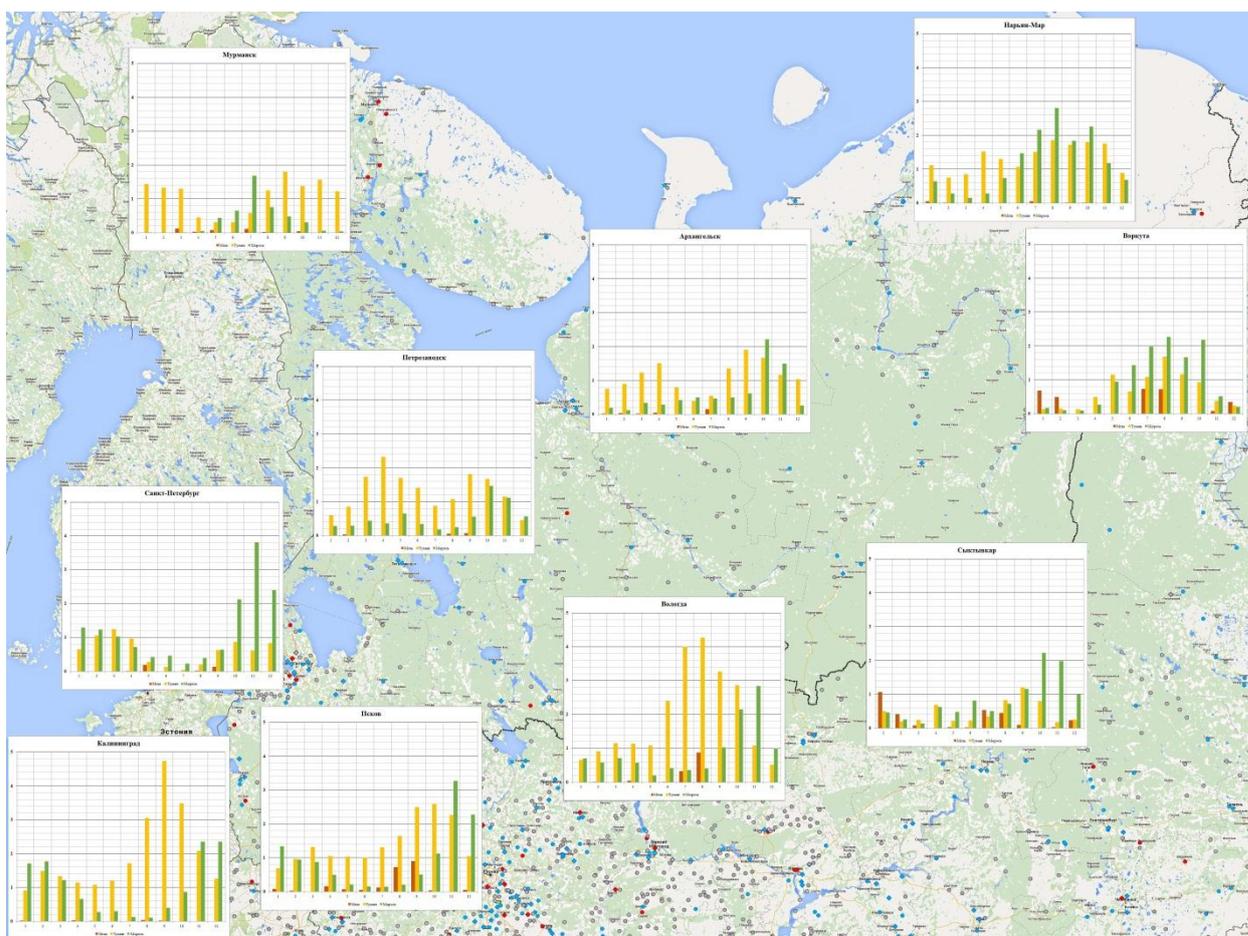


Рисунок 69 – Повторяемость мглы тумана и мороси, %

Годовой ход повторяемости туманов на западе региона имеет 2 максимума, при продвижении вглубь материка максимум уже наблюдается один. Наибольшая повторяемость и продолжительность туманов наблюдается в Калининграде – максимум повторяемости 4,7% в сентябре, а минимум – 0,9% в январе. Меньше всего повторяемость тумана в Сыктывкаре – в максимальном значении 1,2% в сентябре с нечетким годовым ходом.

За 40-летний период среднегодовая повторяемость тумана возросла в Калининграде с 1,8% до 2,1% и совсем незначительно в Воркуте. В остальных городах наблюдается снижение повторяемости туманов, что связано с увеличивающимся годовым количеством осадков и повышающейся среднегодовой температуры воздуха.

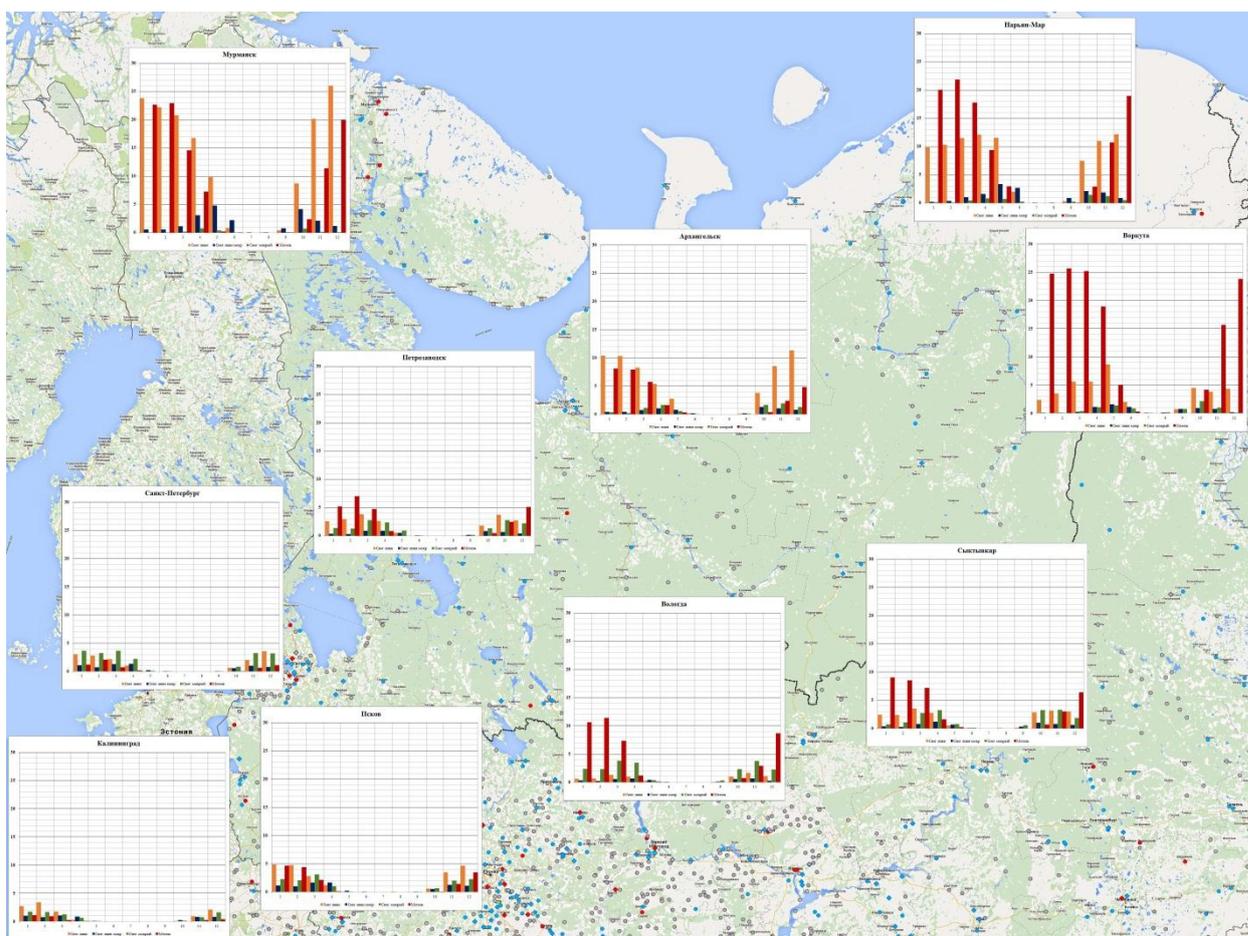


Рисунок 70 – Повторяемость ливневого снега, ливневого мокрого снега, мокрого снега и метели, %

В Сыктывкаре наблюдается наибольшее значение повторяемости мглы – 1,1% в январе. Чуть реже мгла может наблюдаться в Воркуте – в холодное время года – до 0,7% в январе и июле. В Вологде и Пскове мгла формируется в теплое время года, с максимальной повторяемостью до 0,9% в сентябре. Значительнее всего за выбранный период повторяемость мглы возрастает в Пскове и Вологде со среднего значения 0,1% до 0,3%.

Моросящие осадки чаще всего повторяются в Санкт-Петербурге – 3,8% в ноябре, наименьший максимум повторяемости мороси в Петрозаводске – 1,5%, но суммарная повторяемость за год минимальная в Мурманске – 4,5%. За выбранный период повторяемость мороси значительно возросла в Санкт-Петербурге – фактически в 3 раза со среднегодового значения 0,6% до 1,9%.

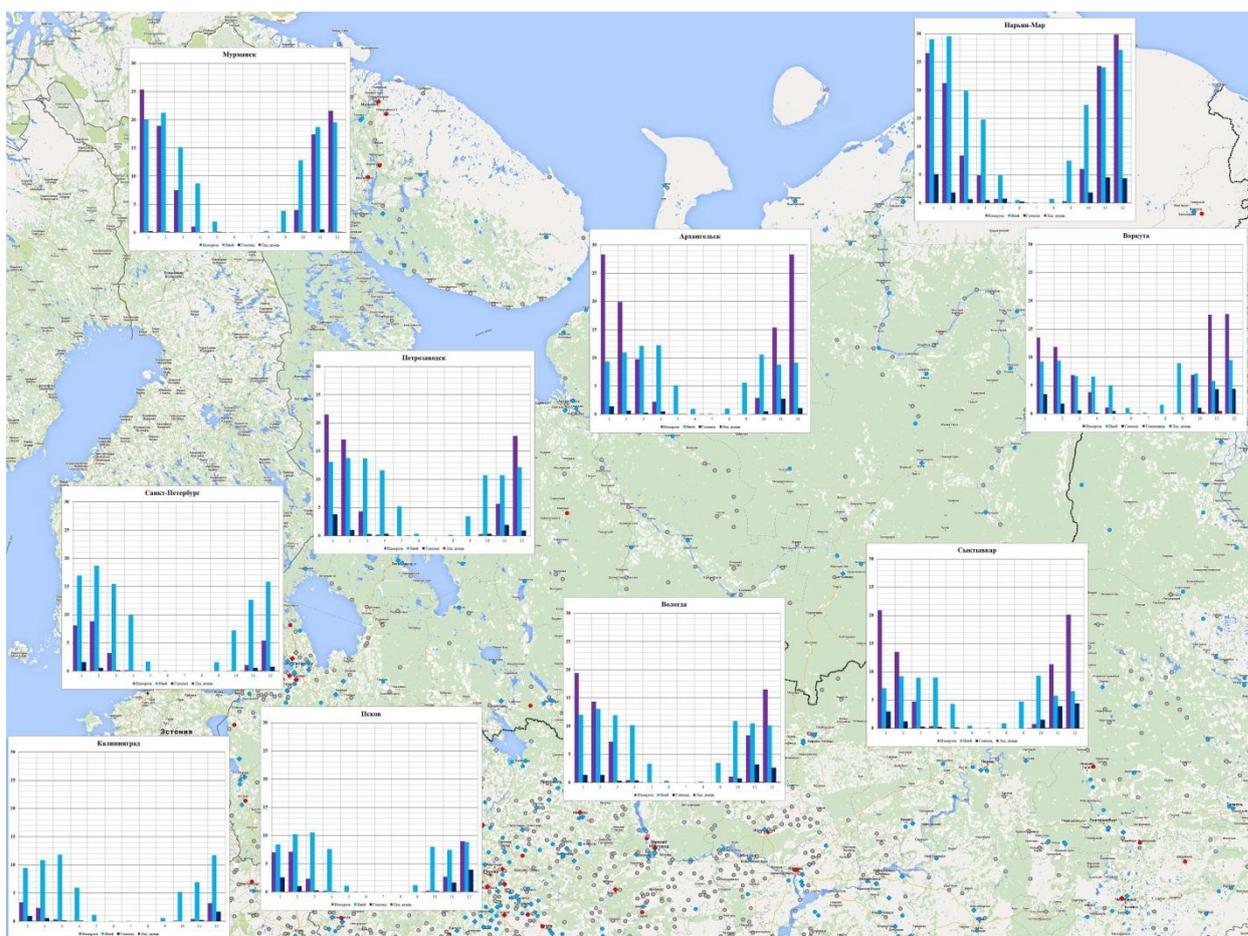


Рисунок 71. – Повторяемость возникновения изморози, инея, гололеда и ледяного дождя, %

Повторяемость снежных осадков таких как ливневой снег, ливневой мокрый снег, мокрый снег и метель наименьшая в Калининграде – максимум 3,4% приходится на ливневой снег в феврале. Немного более повторяемость таких осадков в Санкт-Петербурге – наибольшая повторяемость мокрого снега 3,7% в марте.

К северу региона возрастает повторяемость ливневого снега и метелей. В Мурманске повторяемость ливневого снега максимальна – 26% в декабре, повторяемость метелей наибольшая в январе и феврале – 23%. Чаще всего метели наблюдаются в Воркуте – до 25% с января по март. Чуть меньше повторяемость метелей в Нарьяне-Маре – до 22% в феврале.

Среднегодовая повторяемость ливневого снега значительно всего увеличилась в Нарьян-Маре – с 6% до 9,5% и с 5 до 6% в Архангельске. В 1,5

раза возросла повторяемость ливневого мокрого снега в Мурманске, в 2 раза в Нарьян-Маре и Вологде, почти в 5 раз в Архангельске. Мокрый снег стал выпадать в 2 раза чаще в Сыктывкаре и более, чем в 3 раза в Санкт-Петербурге. Незначительное увеличение мокрого снега за выбранный период наблюдается в Воркуте, Пскове и Вологде.

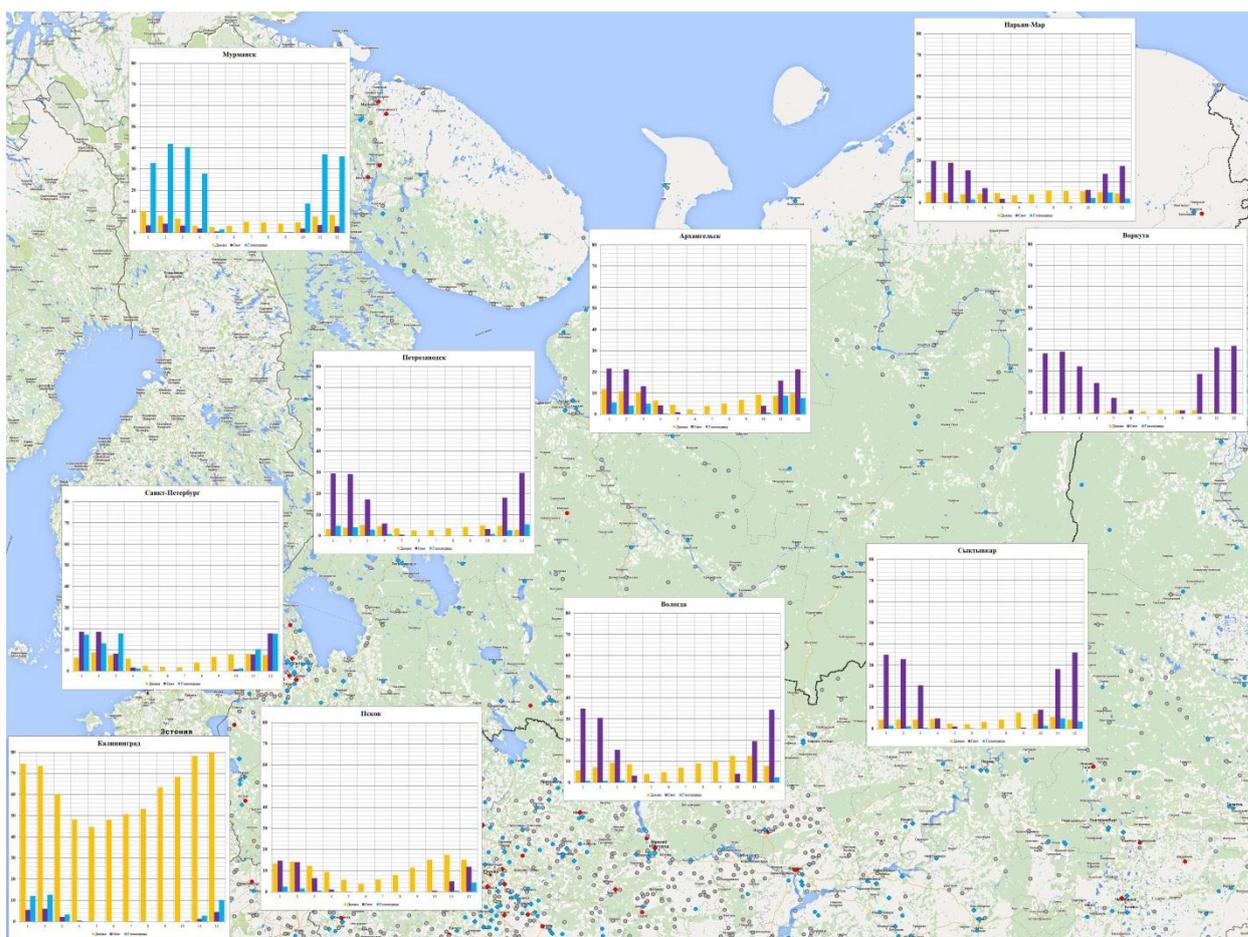


Рисунок 72 – Повторяемость возникновения дымки, снега и гололедицы, %

Гололедно-изморозевые отложения и ледяной дождь, способствующий обледенению чаще всего наблюдаются в Нарьян-Маре – иней образуется в течение всего года с максимальной повторяемостью до 30% в феврале. Наибольшая повторяемость образования изморози – 30% в декабре. Ледяной дождь достигает максимальной повторяемости в Сыктывкаре – 0,088% в октябре, в Пскове значение чуть меньше – 0,086% в ноябре и второй пик

наблюдается в феврале – 0,07%, в Санкт-Петербурге повторяемость ледяного дождя достигает 0,081% также в ноябре.

С 1977 года увеличилось среднее значение повторяемости изморози в Вологде – с 5 до 7%, а в Калининграде с 0,6 до 1%. Повторяемость инея увеличилась в Мурманске и Вологде с 10 до 11,6% и с 6 до 8,5%. Значительнее всего увеличилась повторяемость гололеда в Нарьян-Маре – практически в 3 раза, и, несмотря на то, что ледяной дождь выпадает очень редко, его повторяемость в Петрозаводске увеличилась почти в 5 раз, а в Калининграде – в 7 раз.

До 80% доходит повторяемость дымки в декабре в Калининграде и в течение года не опускается ниже минимальной отметки 45% в мае. Это говорит о ее многочасовой продолжительности в течение суток с максимумом в ночное время около 2 часов ночи и объясняется относительно теплым климатом и непосредственной близостью Балтийского моря.

В Мурманске повторяемость образования гололедицы достигает 41,8% в феврале. В Санкт-Петербурге чаще всего гололедица наблюдается в марте – 17,7%. Минимальная повторяемость гололедицы – в Воркуте, она не поднимается выше 0,5% в мае и ноябре.

При продвижении вглубь материка возрастает повторяемость снежных осадков – в Сыктывкаре до 36% в декабре. В Мурманске снег выпадает с повторяемостью максимум 4,2%, что резко контрастирует с повторяемостью ливневого снега и метелей в данном городе. С 60 до 65% возросла среднегодовая линия тренда повторяемости дымки в Калининграде и на 0,5% - повторяемости снега в Сыктывкаре.

На рис. 73 представлено в порядке постановки распределение максимальной за год повторяемости гроз и ливневых дождей в виде изолиний по всему району исследования. Возрастающая до 20% в районе Мурманска повторяемость ливневого дождя объясняется близостью теплого течения Гольфстрим, но минимальное значение повторяемости грозы

говорит о том, что температуры воздуха в теплое время года не хватает для формирования грозовой деятельности.

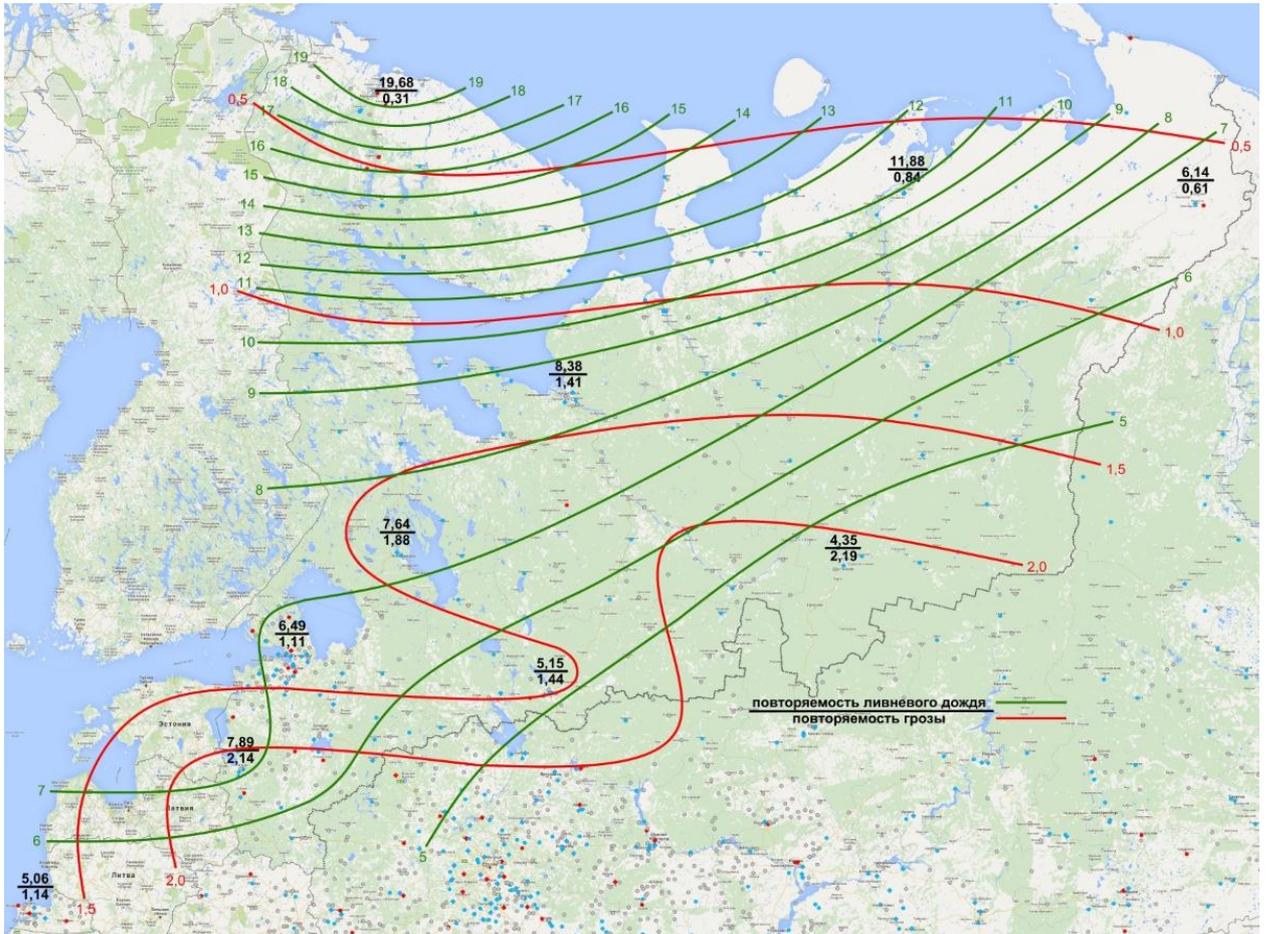


Рисунок 73 – Распределение максимальной за год повторяемости грозы и ливневого дождя

Анализ изолиний повторяемости всех метеорологических явлений является предметом дальнейшего исследования и тогда можно будет говорить не только о метеорологических рисках авиапредприятий, но и о рисках других хозяйственных структур.

Для решения научных и практических задач по метеорологическому обеспечению полетов наиболее целесообразно использовать годовое распределение повторяемости явлений погоды на каждом аэродроме отдельно, т.к. они абсолютно по-разному оказывают свое влияние на производство полетов и значение среднего ущерба от них будет сильно отличаться, а из-за огромного разнообразия климатических и географических

особенностей расположения аэродромов значения экстремумов в годовом распределении метеоявлений наблюдаются в различные месяцы и даже сезоны года.

Таким образом, используя статистический метод оценки риска, основанный на определении повторяемости по имеющимся многолетним архивным данным наблюдений за явлениями погоды, с помощью разработанной автором методики и программного решения можно рассчитать метеорологические риски от возникновения опасных явлений и сложных условий погоды с учетом их повторяемости и продолжительности, которые могут оказать негативное влияние на безопасность и регулярность полетов.

Заключение

Для выполнения поставленной задачи по оценке опасных явлений погоды и связанных с ними метеорисков для Северо-западного федерального округа было проведено исследование и статистическая обработка параметров атмосферы из архивов с метеорологическими данными, которые в некоторых пунктах содержат ряд наблюдений за период до 200 лет.

На основании произведенных расчетов были построены графики годового хода и изменения среднегодовых значений за весь период наблюдений, сделаны соответствующие выводы по пространственно-временным изменениям для каждого выбранного пункта и в целом по всему региону.

В рамках диссертационного исследования были изучены материалы по теории рисков и в частности по природным рискам, проанализированы классификации опасных явлений и сложных условий погоды для авиации в существующих нормативных документах, изучены существующие методики по оценке рисков в различных отраслях. На основании вышесказанного была разработана методика по оценке повторяемости опасных явлений и сложных условий погоды с учетом не только количественного показателя повторяемости, но и качественного показателя – продолжительности самого метеорологического явления.

Данная методика была реализована с помощью программных решений, позволяющих загружать данные из архива регулярных сводок в формате METAR и из архива наблюдений за явлениями погоды с указанием времени их начала и окончания. Данные программы производят расшифровку вводимой информации, расчет повторяемости конкретных метеорологических явлений и экономического ущерба от реализации негативных последствий.

В результате проделанной работы были получены следующие результаты:

1. Изученные параметры атмосферы и повторяемости явлений погоды претерпевают сильные изменения на территории региона из-за его большой протяженности и различных физико-географических условий расположения выбранных городов. Годовой ход температуры и его амплитуда увеличиваются при продвижении на север и вглубь материка от Калининграда к Мурманску и Воркуте. Изменение среднегодовой температуры, особенно в зимний период, за последние несколько десятков лет привело к уменьшению количества снежных осадков и увеличению суммарного количества осадков за счет большей повторяемости дождей и смешанных осадков. В выбранных для исследования пунктах среднегодовое значения атмосферного давления снижается, а количество часов солнечного сияния незначительно увеличивается.

2. Разработанная методика, реализованная с помощью программного решения, дает возможность производить оценку метеорологических рисков с помощью анализа данных наблюдений за явлениями погоды с учетом их продолжительности, позволяя выстраивать не только годовой ход, но и суточное распределение повторяемости возникновения опасных явлений и сложных условий погоды.

3. Исследованные тренды повторяемости явлений погоды на основных аэродромах Северо-западного федерального округа показали, что за период с 1977 по 2015гг в Воркуте, Вологде и Пскове наблюдается наибольшее количество явлений, повторяемость которых возрастает. В Пскове наблюдается наибольшая повторяемость гроз и града и за выбранный период она возросла в своем среднегодовом значении в 2 раза. Несмотря на то, что в Нарьян-Маре наблюдается увеличение тренда повторяемости всего четырех явлений погоды – ливневые осадки, ливневые снежные осадки, гололедные отложения, их увеличение одно из самых значимых, относительно изменений повторяемости на других выбранных аэродромах.

4. Произведенная оценка повторяемости опасных явлений и сложных условий погоды показала, что наиболее сложным для выполнения полетов в

зимнее время является Нарьян-Мар с большим количеством продолжительных метелей, ливневых снежных осадков, наличия гололедно-изморозевых отложений. Производство полетов в Мурманске осложняется из-за продолжительных ливней в теплое время года, а в Калининграде – из-за большого количества и продолжительности явлений, ухудшающих видимость фактически в течение всего года.

На каждом аэродроме в зависимости от интенсивности воздушного движения метеорологические риски от одного и того же опасного явления погоды будут разные. При постоянно увеличивающихся объемах воздушного движения из-за сбоя в регулярности полетов возрастает и чувствительность авиапредприятий к ним и их экономические ущербы.

Учёт влияния метеорологических рисков необходим при решении различных экономических задач авиапредприятия и задач по обеспечению регулярности, а главное безопасности полётов. Используя для этих целей методы статистического анализа, полученные результаты можно использовать для экстраполяции вероятности их появления в будущем.

Методика и программное решение для расчетов повторяемости явлений погоды с учетом их продолжительности и связанных с ними метеорисков, разработанные автором в данном диссертационном исследовании, могут быть использованы в качестве необходимого инструмента для модернизации авиационной системы, представленной в Глобальном аэронавигационном плане ИКАО. Данная методика является универсальной и позволяет рассчитать возможные экономические потери для метеорологических рисков на любом аэродроме для различных типов ВС и для всех опасных явлений погоды или сложных для производства полетов метеоусловий.

Список литературы

1. Авиационные факторы риска. Программа обучения и подготовки ETR-№20. ВМО – ТД - №1390. Секретариат Всемирной Метеорологической Организации. Женева, 2007. -53 с.
2. Авиация: история, современность, перспективы развития. Сборник материалов II международной заочной научно-практической конференции учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации». Минск, 9–10 ноября 2017 г. -269 с.
3. Акимов В.А., Воронов С.П., Радаев Н.Н. Концепции риска и концепции анализа риска. Журнал «Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования» 2013.-№2. - с.562-567.
4. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: Деловой экспресс, 2004. -348 с.
5. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. -352 с.
6. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. – М.:ФИД «Деловой экспресс», 2001. -344 с.
7. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2013 году. Федеральное агентство воздушного транспорта. Управление инспекции по безопасности полетов. М., 2014. -89 с.
8. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2015 году. Федеральное агентство воздушного транспорта. Управление инспекции по безопасности полетов. М., 2016. -90 с.
9. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в первом полугодии 2016 года. Федеральное агентство воздушного транспорта. Управление инспекции по безопасности полетов. М., 2016. -102 с.

10. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2017 году. Федеральное агентство воздушного транспорта. Управление инспекции по безопасности полетов. М., 2018. -85 с.

11. Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. Обсерватория им. А.И. Воейкова ; [Д. П. Беспалов и др. ; ред.: Л. К. Сурыгина]. – Санкт-Петербург : Д'АРТ, 2011. – 248 с.

12. Афанасьева Ю.С. Метеорологические риски, их анализ и учет при планировании работы авиапредприятия/ Афанасьева Ю.С., Богаткин О.Г.// Межвузовский тематический сборник научных трудов. Вып.IX/ под ред. М.Ю.Смурова – СПб.:СПбГУ ГА, 2015 – с.106-109

13. Афанасьева Ю.С. Оценка метеорологических рисков в гражданской авиации/ Афанасьева Ю.С., Богаткин О.Г.// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2017 - № 1(14). – с.5-13.

14. Афанасьева Ю.С. Оценка метеорологических рисков для авиации с помощью программных средств/ Афанасьева Ю.С., Богаткин О.Г., Виксин И.И.// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2017 - № 2(15). – с.37-44.

15. Афанасьева Ю.С. Оценка вероятности возникновения наземного обледенения воздушного судна/ Афанасьева Ю.С., Богаткин О.Г., Виксин И.И.// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации – 2017 - № 3(16). – с.107-116.

16. Афанасьева Ю.С. Оценка влияния метеорисков на экономическую эффективность полетов ВС/ Афанасьева Ю.С., Богаткин О.Г.// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской – 2018 - № 2(19). – с.117-124.

17. Афанасьева Ю.С. Основные принципы учета рисков формирования ливневых осадков при планировании полетов ВС/ Афанасьева Ю.С., Белоусова Л.Ю., Богаткин О.Г.// Межвузовский тематический сборник

научных трудов. №12/ под ред. М.Ю.Смурова – СПб.:СПбГУ ГА, 2015 – с.105-111.

18. Афанасьева Ю.С. Метеорологические риски для авиации арктических регионов РФ/ Афанасьева Ю.С., Белоусова Л.Ю., Богаткин О.Г.// Арктические берега: путь к устойчивости: Материалы конференции/ редакционная коллегия: Румянцева Е.А., Гогоберидзе Г.Г., Князева М.А. – Мурманск: МАГУ, 2018 – с.316-319.

19. Бедрицкий А.И. Экономическая эффективность гидрометеорологического обеспечения потребителей федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с учетом экономических преобразований в стране. - В сборнике «Новые тенденции в гидрометеорологии», вып. 1, М., 1995. -102 с.

20. Бедрицкий А.И. Экономическая полезность гидрометеорологического обеспечения / А.И. Бедрицкий, Л.А. Хандожко // Бюл. ВМО. 2001. Т.50, № 3. с.266–271.

21. Бедрицкий А.И., А.А.Коршунов, Л.А. Хандожко, М.З. Шаймарданов. Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным проявлениям погоды и климата. Метеорология и гидрология. – 2009. – № 4. с.5-13.

22. Богаткин О.Г. Информационно-справочная книга авиационного метеоролога. СПб.:Изд. «КРОМ», 2010 -410 с.

23. Богаткин О.Г. Метеорологические риски, их учет и анализ. Тр. Международной конференции «Изменение климата и окружающая среда», изд. «Гранд», 2005, с. 6-16

24. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии. Учебник для вузов. Изд. РГГМУ, СПб, 2009. - 338с.

25. Богаткин О.Г., Капустин А.В. Прикладная метеорология.- Изд. ООО «Кром», СПб, 2011.

26. Богаткин О.Г., Сорокина Н.Е. Экономические вопросы метеорологического обеспечения авиации в современных условиях. - В сборнике «Новые тенденции в гидрометеорологии», вып. 1, М., 1995.

27. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г., Гришина Т.Н. Экономические потери от гроз и возможности их уменьшения. Труды ВНИИГМИ-МЦД, вып. 168, Гидрометеиздат, 2001. с. 103-111.

28. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г., Гришина Т.Н. Ориентировочная оценка экономического ущерба, наносимого сельскому хозяйству опасными явлениями погоды. «Метеоспектр» №10, 2002, Росгидромет, М. – с. 70-72.

29. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г., Гришина Т.Н. Метеорологические риски, их оценка и учет. Труды всероссийской конференции, М., Росгидромет, 2004

30. Быков А. А., Порфирьев Б. Н. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков. Проблемы анализа риска. - 2006. - Том 3, N 4 (октябрь-декабрь).

31. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Изд. «Наука», М, 1969

32. Волынцева О.И. Смирнова А.А. Анализ и прогноз погоды с помощью Геоинформационной системы Метео: Учеб. Пособие. – Изд. ВНИИГМИ-МЦД, г.Обнинск, 2007

33. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. / под ред. А.В. Фролова. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М., 2014

34. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков : учеб. пособие для студ. высш. учеб.заведений. — 2-е изд., испр. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 368 с.

35. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.

36. Гидрометеорологические прогнозы. Выпуск 348. Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской

Федерации. Под ред. Толстых М.А. ФГБУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации» Москва, 2012.

37. Глазов М.М., Хандожко Л.А., Сидорова М.Н. Анализ экономической эффективности метеорологических прогнозов (на примере морского порта Мурманска)//Общество. Среда. Развитие. 2010. №2(15)

38. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учеб. пособие для студентов вузов. — 9-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2004. — 404 с.

39. Годовой отчет за 2016 год. ПАО «Аэрофлот»

40. ГОСТ Р 51901-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. Введ.с 07.06.2002г. – Москва: Издательство стандартов, 2002.

41. ГОСТ Р 54264-2010. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Методы и процедуры противообледенительной обработки самолетов. Введ. с 23.12.2010г. – Москва: Издательство стандартов, 2012.

42. ГОСТ 57242-20 2016 Воздушный транспорт. Авиационные риски, возникающие при проектировании авиационной техники. Введ. 9 ноября 2016г. - Москва: Стандартинформ, 2016

43. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. Введ. С 01.12.2011г. –Москва: Стандартинформ, 2012.

44. ГОСТ Р 22.1.08–99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных гидрологических явлений и процессов. Общие требования. Введ. 01.01.2000

45. ГОСТ Р 22.10.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайных ситуаций. Утв. приказом Росстандарта от 29.06.2016 №724-ст.

46. ГОСТ Р 55059-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения. Утв. приказом Росстандарта от 12.11.2012 № 724. Москва: Стандартинформ, 2014

47. ГОСТ Р 51898-2002 Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты. Введ. 01.01.2003г. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

48. ГОСТ Р 55201-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства. Введ. 2013-07-01. Москва: Стандартинформ, 2013

49. ГОСТ Р 22.2.02-2015 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайной ситуации при разработке проектной документации объектов документального строительства». – М.: Стандартинформ, 2015.

50. ГОСТ Р 22.2.06-2016 Национальный стандарт Российской Федерации «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайных ситуаций при разработке паспорта безопасности критически важного объекта и потенциально опасного объекта». – М.: Стандартинформ, 2016.

51. Гузий А. Г., Грудзинский А. В. Теория и практика количественного оценивания риска авиационного происшествия.//Проблемы безопасности полетов №9, 2007 г., С.10-18.

52. Дроздов О.А. Васильев В.А. Кобышева Н.В. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989

53. Дмитриев В.Г. К вопросу о возможностях снижения риска от воздействия опасных и экстремальных природных явлений для различных видов деятельности в морской Арктике// Проблемы Арктики и Антарктики. - 2013. –№2(96)

54. Дмитриев В.Г., Ковалевский Д.В., Алексеев Г.В., Бобылев Л.П. К оценке рисков, обусловленных неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями и климатическими аномалиями в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. № 4 (94).

55. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. Росгидромет. М., 2016. – 68 стр.
56. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. Росгидромет. М., 2017. – 70 стр
57. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург. 2017. – 106 с.
58. Евсеева Н.С., Ромашова Т.В. Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска. Вестник Томского государственного университета. – 2011. - №353
59. Живетин В.Б. Введение в анализ риска. – М.: Институт проблем риска, ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2008.
60. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
61. Зубков Б.В. Шаров В.Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов. – М.: МГТУ ГА, 2010. – 196с.
62. Инструктивный материал по форматам метеорологической информации. Утвержден приказом Росгидромета №4 16.01.2017
63. Информационное гидрометеорологическое обеспечение видов страхования, связанных с погодными рисками. М.: АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2009. 31 с.
64. Информация о состоянии безопасности полетов воздушных судов авиации общего назначения в 2006-2015 годах. Федеральное агентство воздушного транспорта. Управление инспекции по безопасности полетов. М., 2016.
65. Кармалеев Б.А. Риски в управлении летной работой: учеб.-метод. Пособие для вузов гражданской авиации. –СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2010. -84с.

66. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2. С. 66–79.

67. Костина Н.В. Основные этапы развития теории риска. Журнал "Труды Псковского политехнического института. – Псков : Издательство ППИ, 2011. – № 14.2.

68. Костиков В.А. Надежность технических систем и техногенные риски. Учебное пособие для студентов. Москва, МГТУГА, 2008 - 136 с.

69. Лещенко Г. П., Перцель Г. В., Лещенко Е. Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие (3-е изд. перераб. и доп.). - Кировоград: ГЛАУ, 2010.

70. Мадера А.Г. Риски и шансы: Неопределенность, прогнозирование и оценка. – М.:Красанд/УРСС, 2014.

71. Макаров В.П. Разработка в авиакомпании системы менеджмента рисков в отношении безопасности полетов// Электронный журнал «Труды МАИ» Выпуск №68.

72. Методы и средства инструментальных наблюдений за метеорологическими элементами на авиационных метеорологических станциях. Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова. СПб, 2011

73. Михеев В.А. Климатология и метеорология. Учеб. Пособие по курсу «Науки о Земле». – Ульяновск: УлГТУ, 2009

74. Нагурный А.П. Формирование и динамика современного климата Арктики./ А.П. Нагурный, Т.А. Егорова, Е.В. Розанов. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2004. – 261 с.

75. Наровлянский Г.Я. Авиационная климатология. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968

76. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России НМО ГА-95. Министерство транспорта России.

77. Оценка стратегического прогноза изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015гг и их влияние на отрасли экономики

России / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Климатический центр Росгидромета. – СПб: Д'АРТ:ГГО им.Воейкова, 2017 – 44с.

78. Плотников Н.И. Ресурсы воздушного транспорта. – Новосибирск: Академия экономики и управления, 2003. – 328 с.

79. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология. Учеб. Пособие для летного и диспетчерского состава ГА. Уральский УТЦ ГА. Екатеринбург, 2010

80. Приказ МЧС России от 28 февраля 2003 года №105 «Об утверждении Требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения»

81. Приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации «Метеорологическое обеспечение международной авиации» – Изд. 19. ИКАО, 2016

82. Приложение 13 к Конвенции о международной гражданской авиации «Расследование авиационных происшествий и инцидентов». Изд. 11. ИКАО, 2016.

83. Расследование авиационных происшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими факторами. Методическое пособие. Издание третье, переработанное и дополненное. Утверждено приказом Росгидромета № 170 от 06.07.2009. Москва, 2009.

84. РД 52.04.563-2013 Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. Дата введения 2014-04-07

85. РД 52.88.699–2008 Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений

86. РД 52.27.724-2009 "Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения" (утв. Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды от 25 декабря 2009 г.)

87. Результаты исследований изменений климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации./под ред. А.И.Бедрицкого. М.: Росгидромет, 2005
88. Рекомендации по противообледенительной обработке воздушных судов. Письмо Росавиации от 05.02.2013 N 03.10-7
89. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / под ред. А.И.Бедрицкого. –СПб.; Москва: Летний сад, 2008-2009.
90. Руководство по практике метеорологических подразделений, обслуживающих авиацию. ВМО №732. Второе издание. 2003
91. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. ВМО №1203, 2017
92. Руководство по предотвращению авиационных происшествий. Док. 9422 AN/923. Первое изд. ИКАО. – 138 с.
93. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). ICAO/DOC 9859, AN/460 2013
94. Руководство по экономике аэропортов. ICAO/DOC 9562, 2006
95. Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR). – М.: изд. Центр АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2006. – 98 с.
96. Русин И.Н., Тараканов Г.Г. Сверхкраткосрочные прогнозы погоды. - Изд. РГГМИ, СПб, 1996.
97. Сборник аэронавигационной информации №11. Европейская часть Российской Федерации. ФГУП «ЦАИ» 2013
98. Сборник материалов международного семинара по сокращению количества авиационных происшествий при заходе на посадку и посадке. ALAR Tool Kit - Руководство по ALAR. Россия, Москва 29 - 30 июля, 2003.
99. Сокращения и коды ИКАО. Изд. 9. ИКАО doc 8400. 2016
100. Состояние безопасности полетов в мире ИКАО, 2013
101. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о гражданской авиации и об

использовании воздушного пространства в 2014г / Комиссия по расследованию авиационных происшествий МАК. М., 2015

102. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015гг и их влияние на отрасли экономики России. / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М., 2005

103. Технический регламент. Сборник основных документов №2. Том 2 – Метеорологическое обслуживание международной авионавигации. ВМО №49. Изд. 2016г.

104. Технический регламент. Сборник основных документов №2. Том 1 Общие метеорологические стандарты и рекомендуемая практика. ВМО №49. Изд. 2012г

105. Уменьшение рисков отклонений воздушных судов при движении по ВПП. Всемирный фонд безопасности полетов. Flight Safety Foundation Approach-and-landing Accident Reduction (ALAR) Task Force (V1.1, November 2000)

106. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций) Монография. Под общей редакцией Фалеева М.И./ РНОАР. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 270 с.

107. Федеральные авиационные правила «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» приказ № 60 Минтранса России от 03.03.2014.

108. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» приказ №128 Минтранса России от 31.08.2009

109. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации. Приказ Минобороны РФ, Минтранса РФ, Росавиакосмоса №136 от 31 марта 2002г.

110. Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
111. Федеральный закон от 19 июля 1998 года № 113 «О гидрометеорологической службе»
112. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
113. Фирсова О.А. Управление рисками : учебно-метод. пособие. – Орел: Академия безопасности и выживания, 2014.
114. Хайруллина Г.Р. Астафьева Н.М. Элементы общей циркуляции и распределения влагозапаса атмосферы земли. М.: Ротапринт ИКИ РАН, 2008
115. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. Учебник. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 490 с.
116. Хандожко Л.А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов. Учебно-методическое пособие. // Обнинск, изд. ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», — 2008. — 146 с
117. Хандожко Л.А., Коршунов А.А., Фокичева А.А. К вопросу о гидрометеорологической уязвимости экономики России//Ученые записки №3. Научно-теоретический журнал. – СПб.: изд.РГГМУ, 2006 – 204 с.
118. Харченко С.Г. Дорохина Е.Ю. Анализ рисков окружающей среды// Вопросы анализа риска. 2009.№ 1-2(15-16)
119. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Прогнозирование метеорологических условий для авиации. – М.: Триада лтд, 2016. – 312 с.
120. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций: учебник. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2005.
121. Шаров В.Д. Опыт разработки системы управления риском в авиакомпании.// XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня, 2014г.

122. Шталь А.В. Белов Н.Ф. Циценко Г.В. Прикладная климатология. Учеб.пособие. Л.: Ленинградский гидрометеорологический институт (ЛГМИ), 1981
123. Global Fatal Accident Review 1997–2006. CAP 776. Civil Aviation Authority 2008.
124. Global Fatal Accident Review 2002 – 2011. CAP 1036. Civil Aviation Authority 2013.
125. National Aviation Weather Program 10-Year Accident Reduction Initiative. Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research. 2010
126. The weather business – how companies can protect against increasing weather volatility. Allianz Global Corporate & Specialty. 2013, 36 p.
127. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012 582 p.
128. Апасова Е.Г., Клещенко Л.К. «Описание массива данных суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния на станциях России». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015621446 [Электронный ресурс] – URL: <http://meteo.ru/data/160-sunshine-duration#описание-массива-данных>
129. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. «Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549 [Электронный ресурс] ВНИИГИ-МЦД // Доступ к данным – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных>
130. Булыгина О.Н., Веселов В.М., Александрова Т.М., Коршунова Н.Н. «Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России.» Свидетельство о государственной

регистрации базы данных № 2015620081 [Электронный ресурс] ВНИИГИ-МЦД // Доступ к данным – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/345-atmosfernye-yavleniya-sroki#описание-массива-данных>

131. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. «Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России» Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 [Электронный ресурс] ВНИИГИ-МЦД // Доступ к данным – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных>

132. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н., Швец Н.В. «Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 [Электронный ресурс] ВНИИГИ-МЦД // Доступ к данным – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных>

133. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. «Описание массива данных среднемесячного давления воздуха на станциях России» Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620330 [Электронный ресурс] ВНИИГИ-МЦД // Доступ к данным – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/159-atmospheric-pressure#описание-массива-данных>

134. Авиакомпания АО "Комиавиатранс". [Электронный ресурс] – URL: <https://www.komiaviatrans.ru>

135. Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.airdisaster.ru>

136. Аэропорт Пулково Санкт-Петербург. Официальный сайт. [Электронный ресурс] – URL: <https://pulkovoairport.ru>

137. Аэрофлот. Российские авиалинии. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru>

138. Библиотека авиационных документов. [Электронный ресурс] – URL: www.aviadocs.net

139. Всемирная Метеорологическая Организация. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.wmo.int>
140. Добровольное сообщество совместной гронопеленгации в реальном времени. Архивные данные. [Электронный ресурс] – URL: http://ru.blitzortung.org/historical_maps.php
141. Карта аэродромов России. [Электронный ресурс] – URL: <http://maps.aopa.ru>
142. Климатический центр Росгидромета. Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова. [Электронный ресурс] – URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/>
143. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX - начале XXI века. Институт географии РАН. [Электронный ресурс] – URL: <http://atmospheric-circulation.ru>
144. Межрегиональная общественная организация пилотов и граждан-владельцев воздушных судов. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.aopa.ru>
145. Методический кабинет Гидрометцентра России. [Электронный ресурс] – URL: <http://method.meteorf.ru>
146. Опасные явления погоды для авиации и расчетные методы их прогноза, используемые в филиале Новосибирского ЗАМЦ. Совещание-семинар по вопросу прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений и оценке прогнозов погоды общего назначения. 2005 г. Москва. Совещания, семинары, конференции. [Электронный ресурс] – URL: <http://method.meteorf.ru/event/dec05/doklad1/doklad1.html>
147. Официальный сайт полномочного представителя Президента Российской Федерации в Северо-Западном федеральном округе. [Электронный ресурс] – URL: <http://szfo.gov.ru>
148. ПАО «Аэропорт Мурманск». [Электронный ресурс] – URL: <http://airport-murmansk.ru>

149. Погода в России и мире, прогноз погоды от Метеоцентра. [Электронный ресурс] – URL: <http://meteocenter.net>
150. Росгидромет «Экстремальные погодные явления возглавили список глобальных рисков» [Электронный ресурс] – URL: http://www.meteorf.ru/press/news/13145/?sphrase_id=153742
151. Российское научное общество анализа риска. [Электронный ресурс] – URL: <http://sra-russia.ru>
152. Северо-Западное межрегиональное территориальное управление воздушного транспорта Федерального агентства воздушного транспорта. [Электронный ресурс] – URL: <http://szfavt.ru>
153. Специализированные массивы для климатических исследований. [Электронный ресурс] – URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>
154. Транспорт Российской Федерации. Портал для специалистов транспортной отрасли. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rostransport.com>
155. ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета". [Электронный ресурс] – URL: <http://www.aviamettelecom.ru>
156. ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля». [Электронный ресурс] – URL: <http://climatechange.igce.ru>
157. ФГУП «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации». [Электронный ресурс] – URL: <http://gkovd.ru>
158. Федеральное агентство воздушного транспорта. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.favt.ru>
159. Федеральное агентство воздушного транспорта. Росавиация. [Электронный ресурс] – URL: <http://росавиация.рф>
160. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный авиационный метеорологический центр Федеральной службы по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета»). [Электронный ресурс] – URL: <http://www.gamc.ru>

161. Федеральное информационное агентство в сфере авиации. [Электронный ресурс] – URL: <http://avia.pro>

162. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс] – URL: <http://meteo.ru>

163. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Официальный сайт. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.meteorf.ru>

164. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru>

165. Aviation weather charts archive. [Электронный ресурс] – URL: <http://aviationwxchartsarchive.com>

166. Bureau of Aircraft Accidents Archives. [Электронный ресурс] – URL: <http://baaa-acro.com>

167. Department of Atmospheric Science. University of Wyoming. [Электронный ресурс] – URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

168. Global Framework for Climate Services (GFCS) [Электронный ресурс] – URL: <http://www.wmo.int/gfcs/>

169. International Civil Aviation Organization. Accident Statistics. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/Accident-Statistics.aspx>

170. National Centers for Environmental Information NOAA. Climate Information. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/climate-information/statistical-weather-and-climate-information>

171. Weather Information Service. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ogimet.com/metars.phtml.en>

172. World Economic Forum. The Global Risks Report 2017. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2017>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Санкт-Петербург

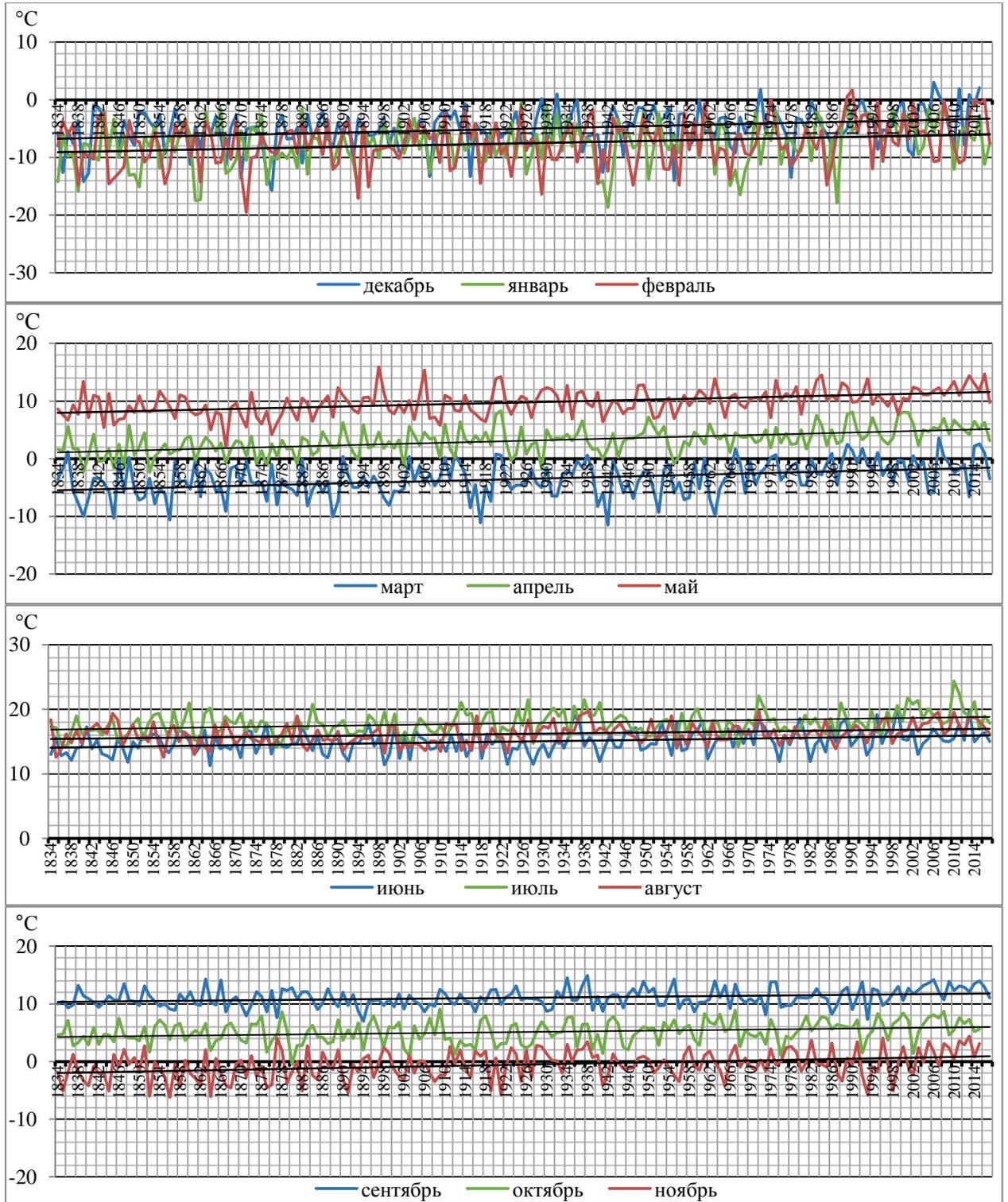


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1834 по 2015гг

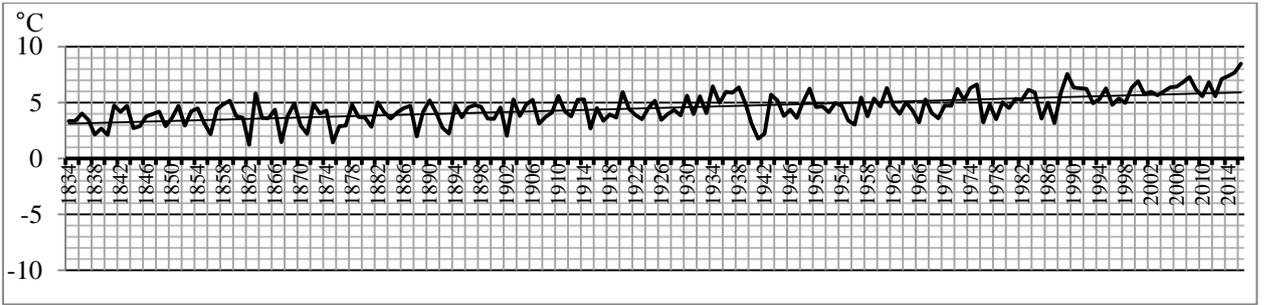


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1834 по 2015гг

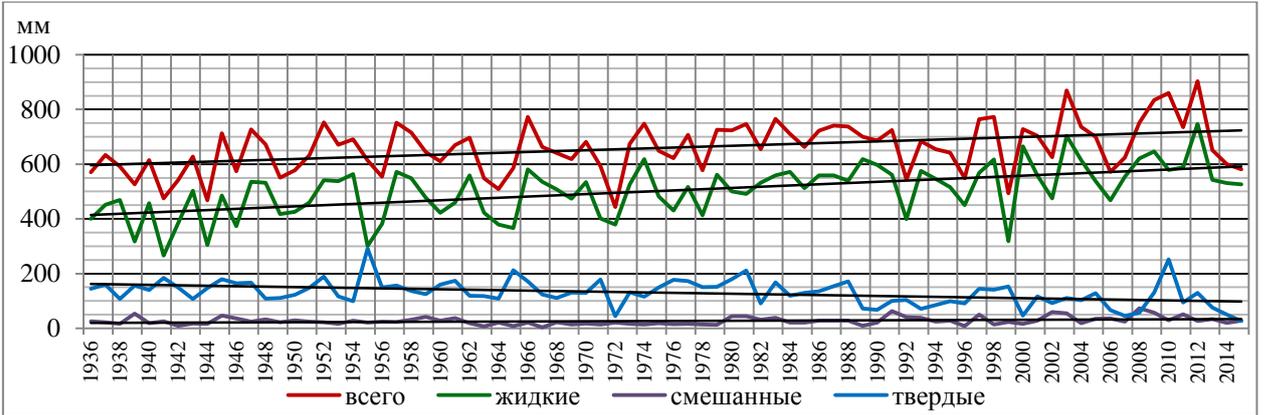


Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1936 по 2015гг

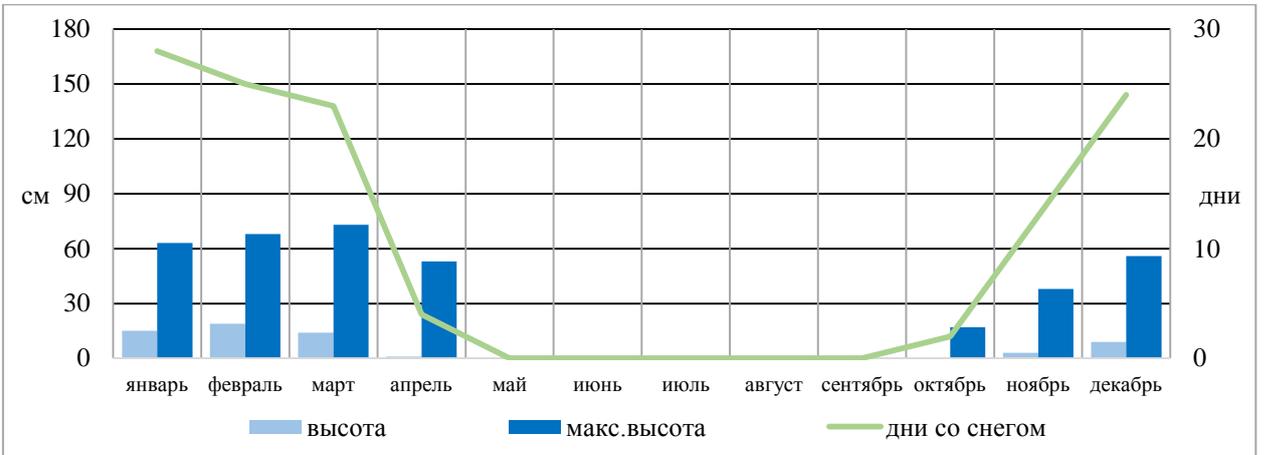


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

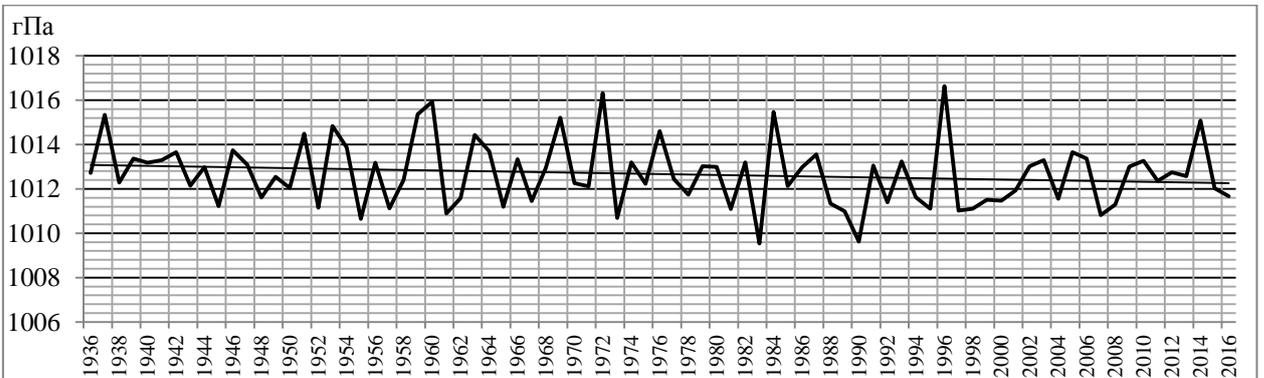


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1936 по 2016гг

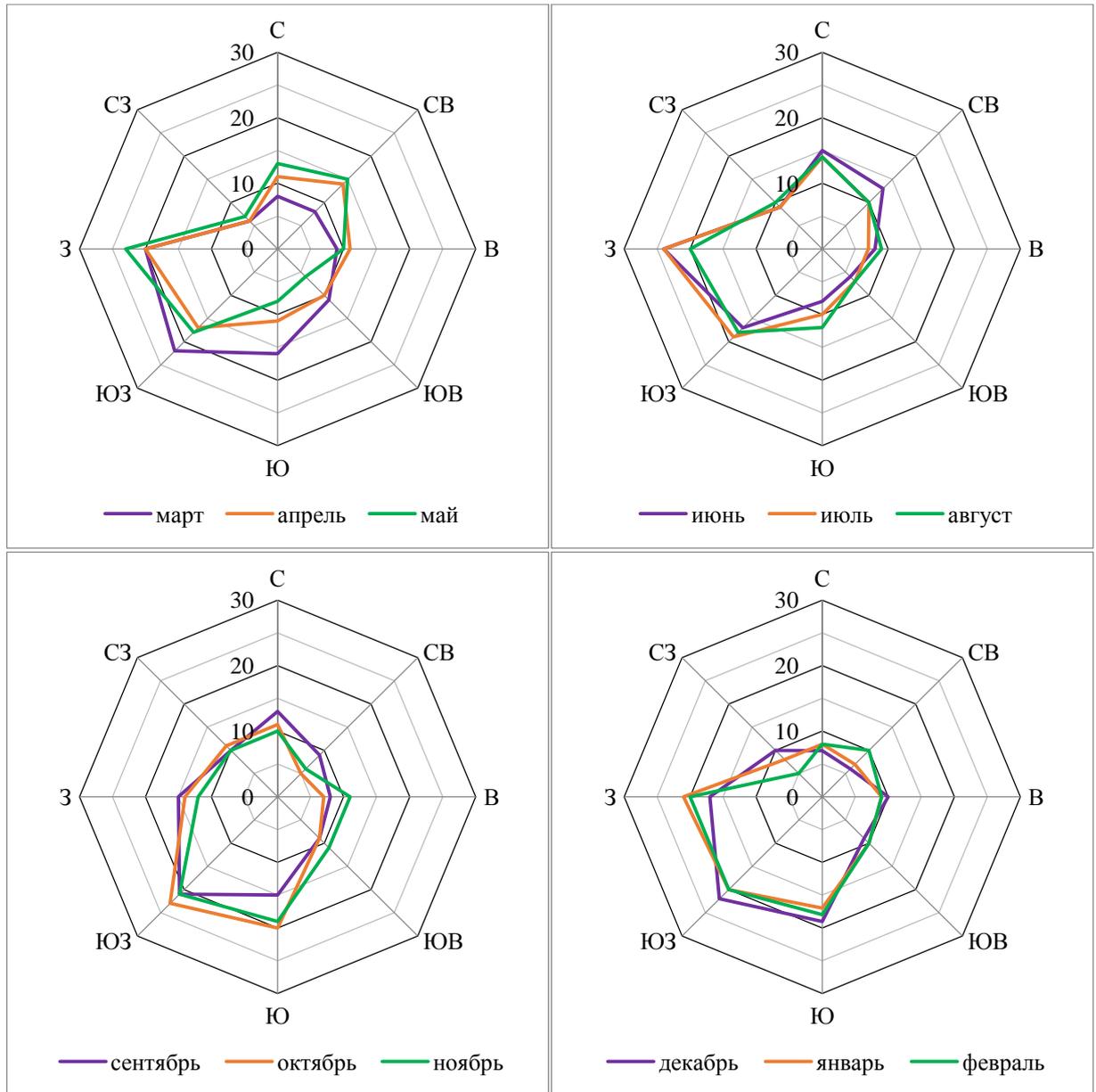


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

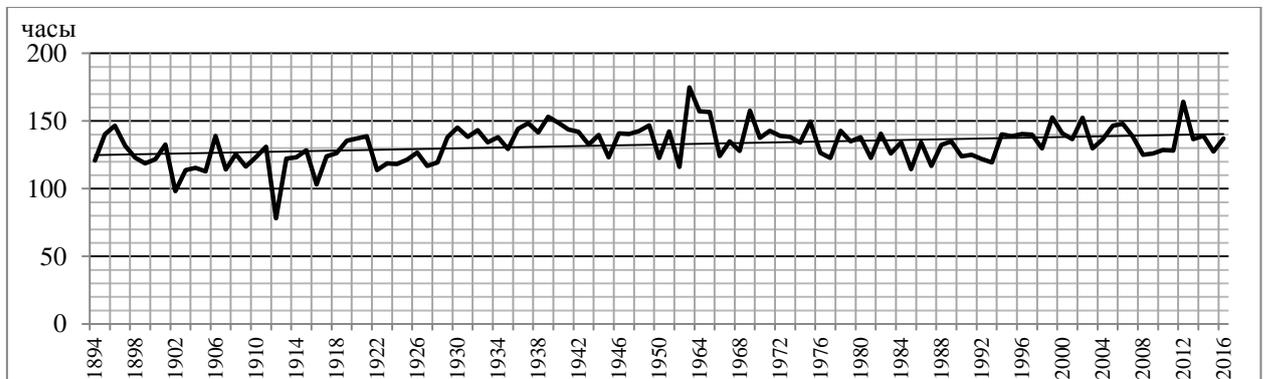


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1894 по 2016гг

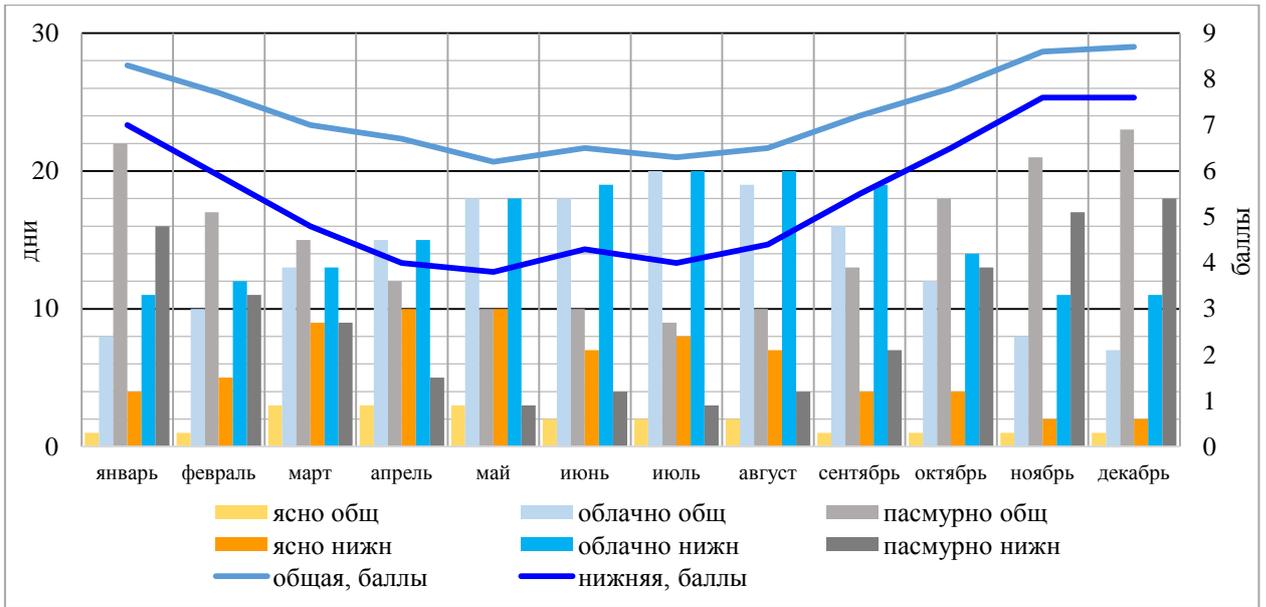


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

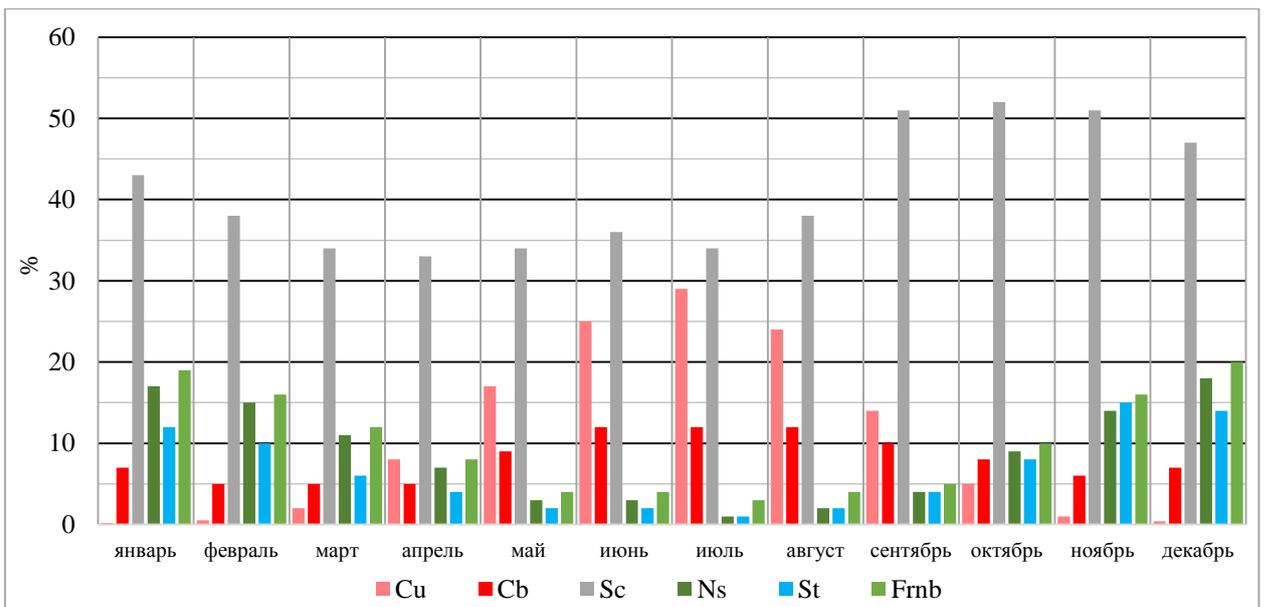


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Петрозаводск

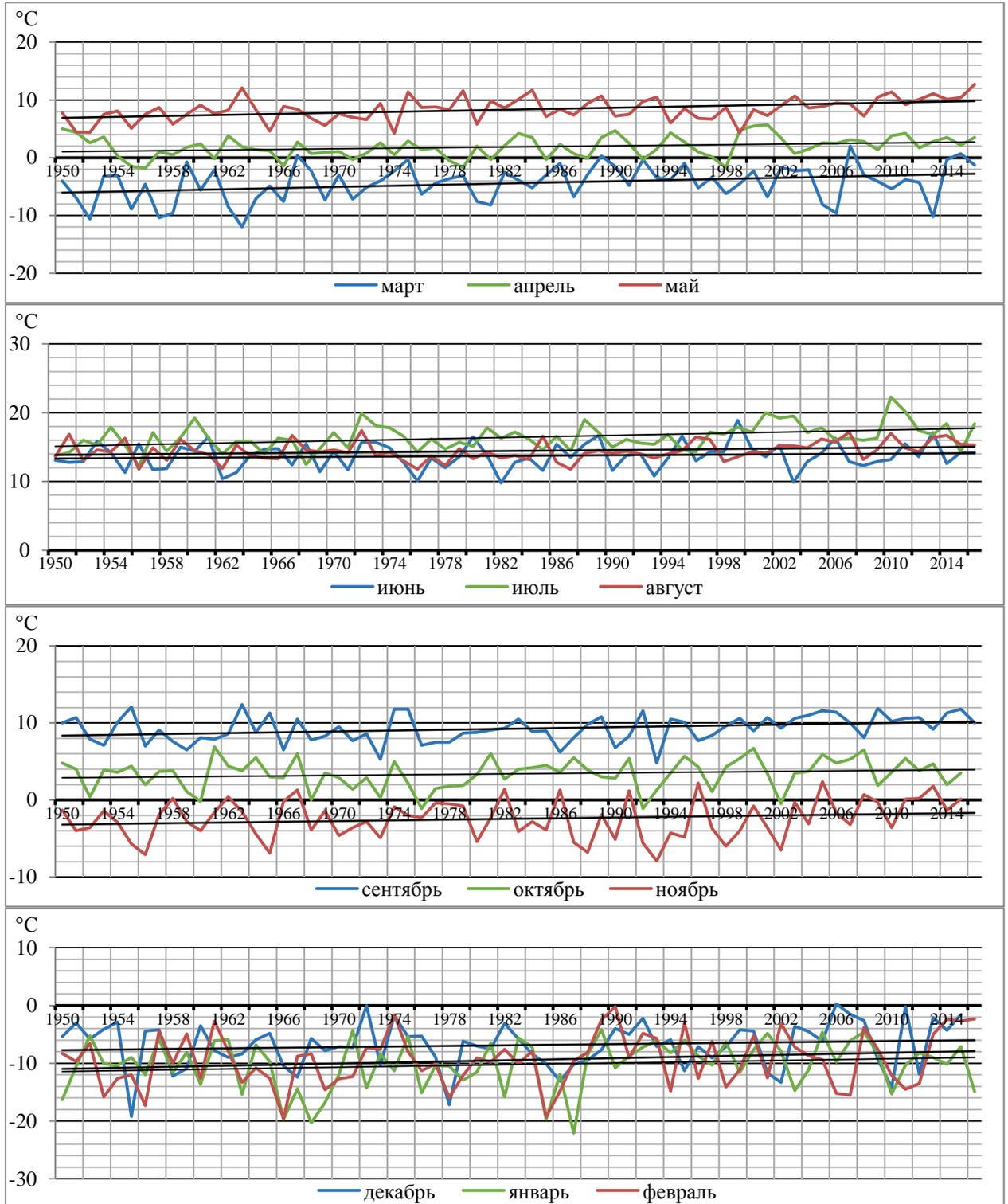


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1950 по 2016гг

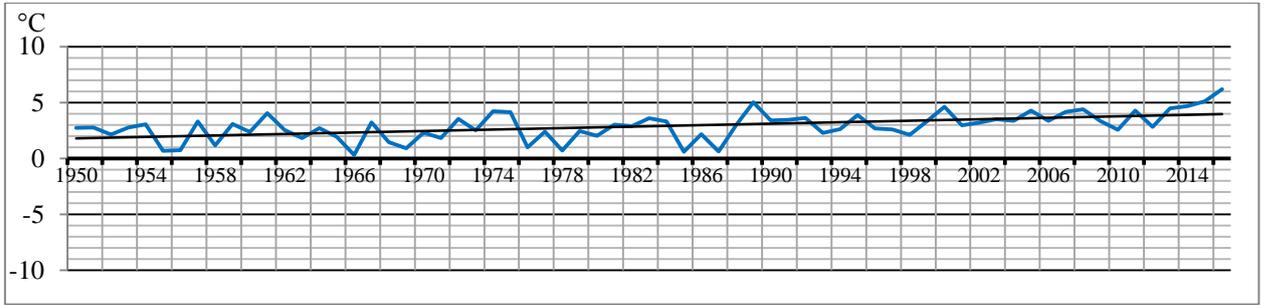


Рисунок 2. Изменение среднегодовой температуры с 1950 по 2016гг

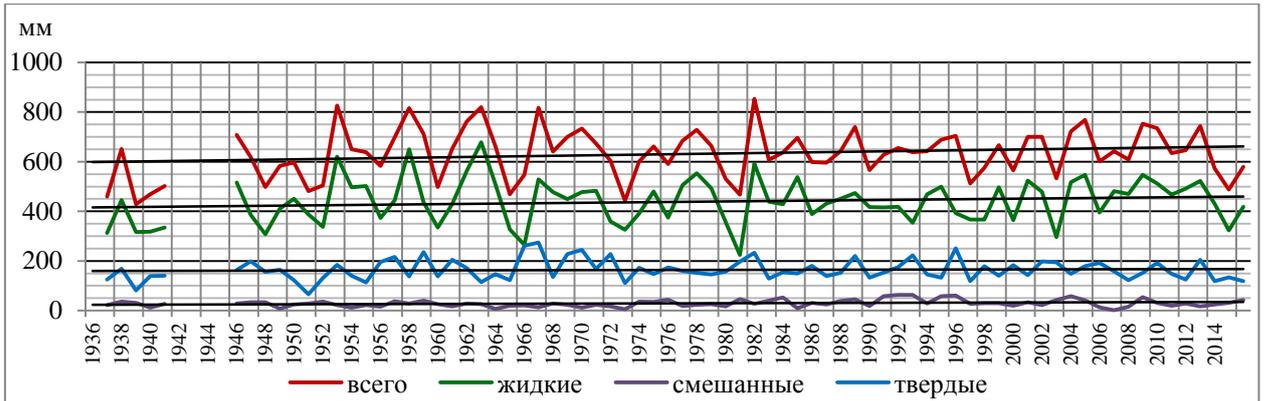


Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1936 по 2015гг

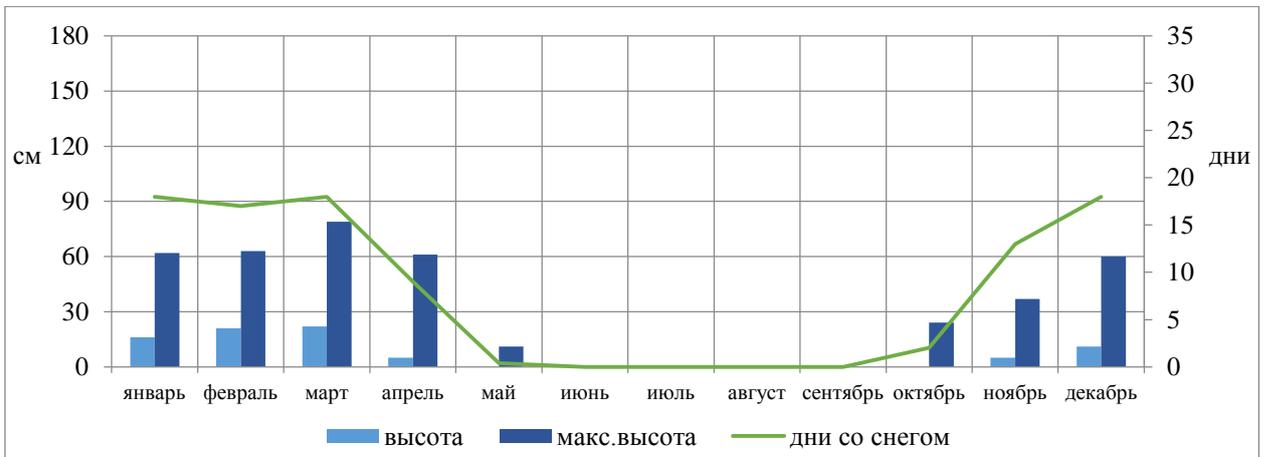


Рисунок 4. Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

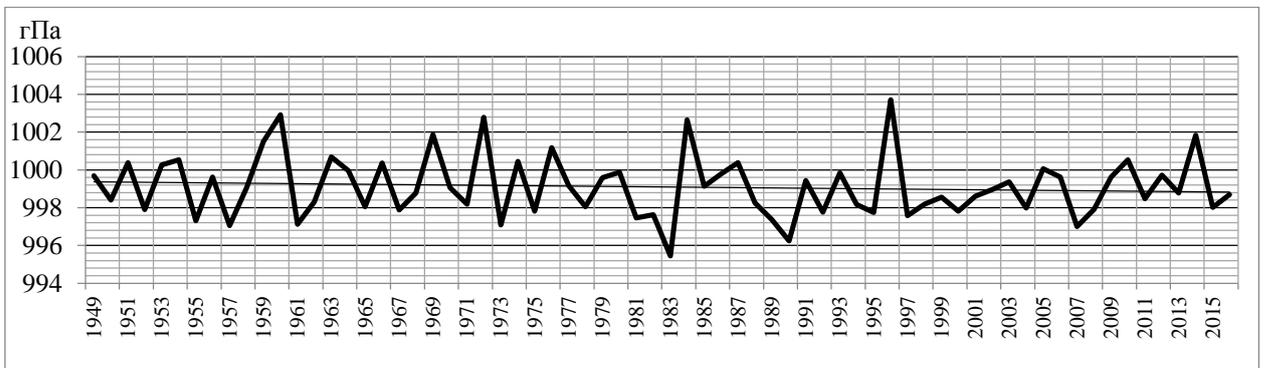


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1949 по 2016гг

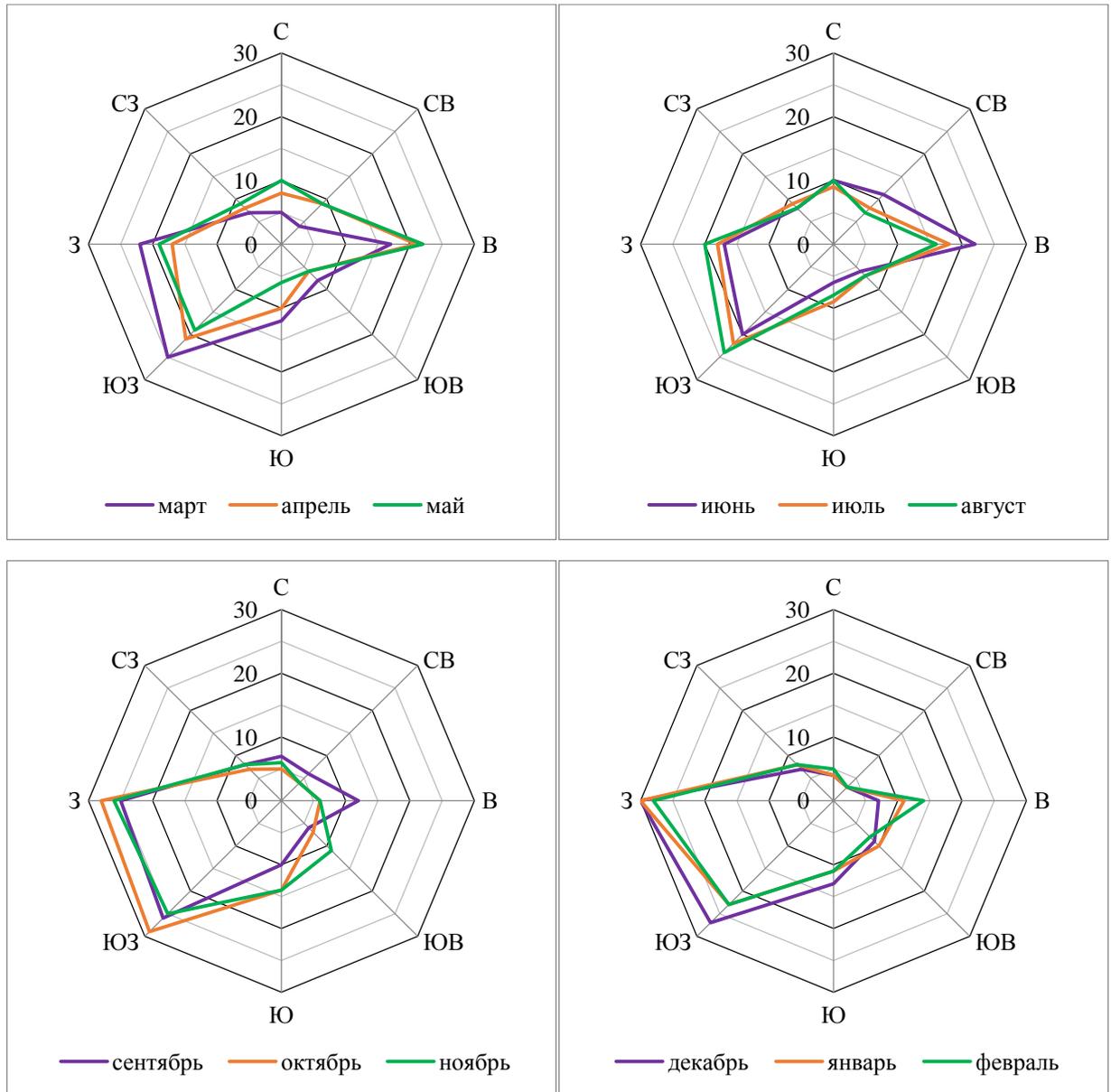


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

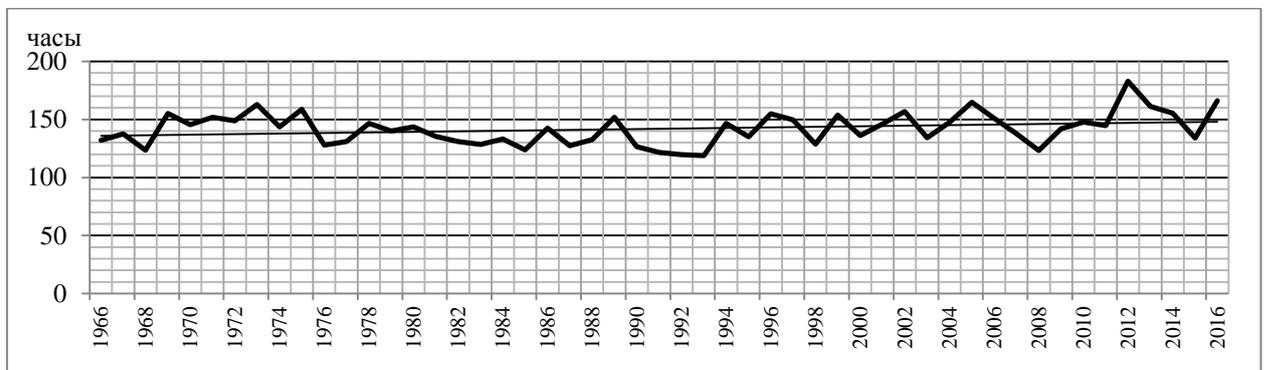


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1966 по 2016гг

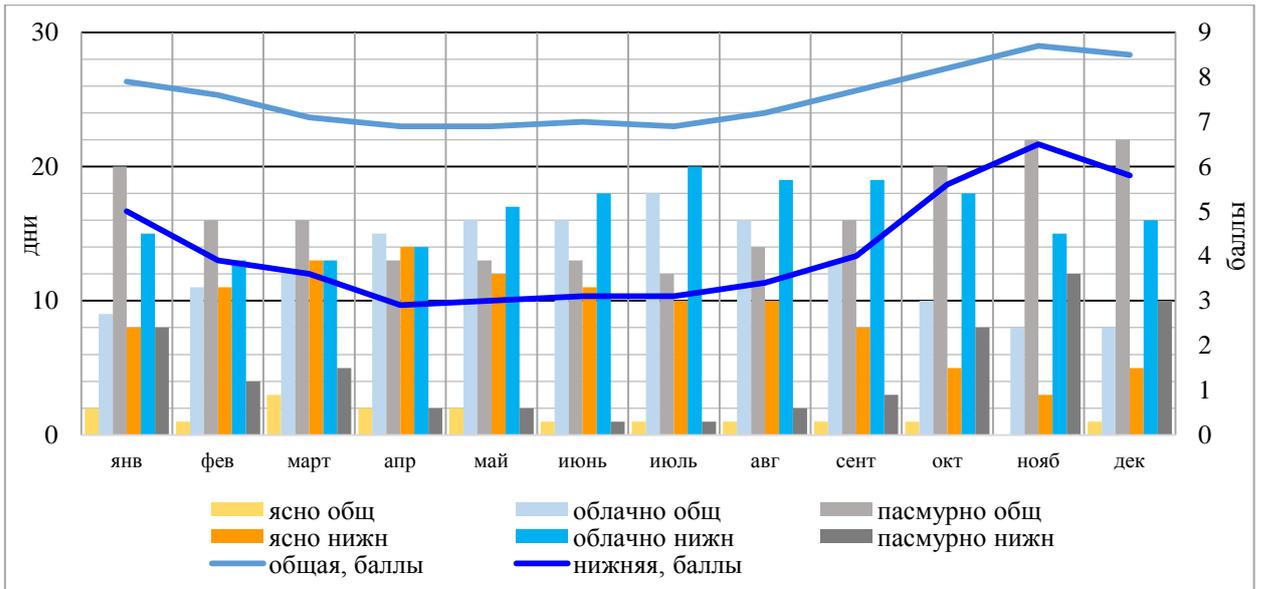


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

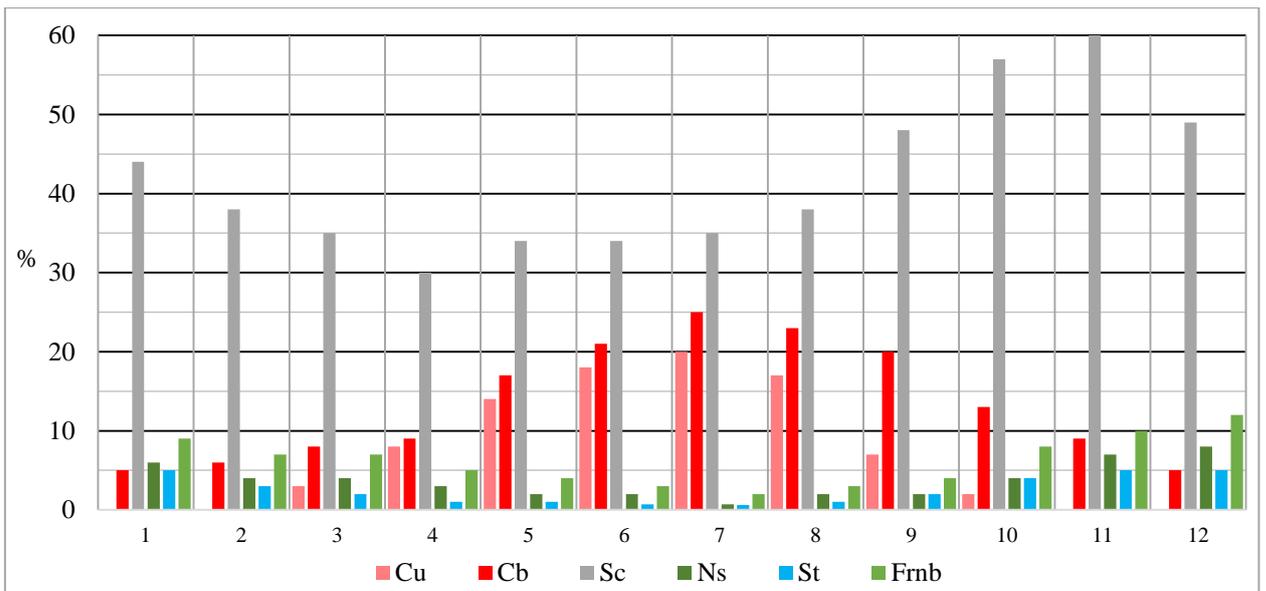


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Сыктывкар

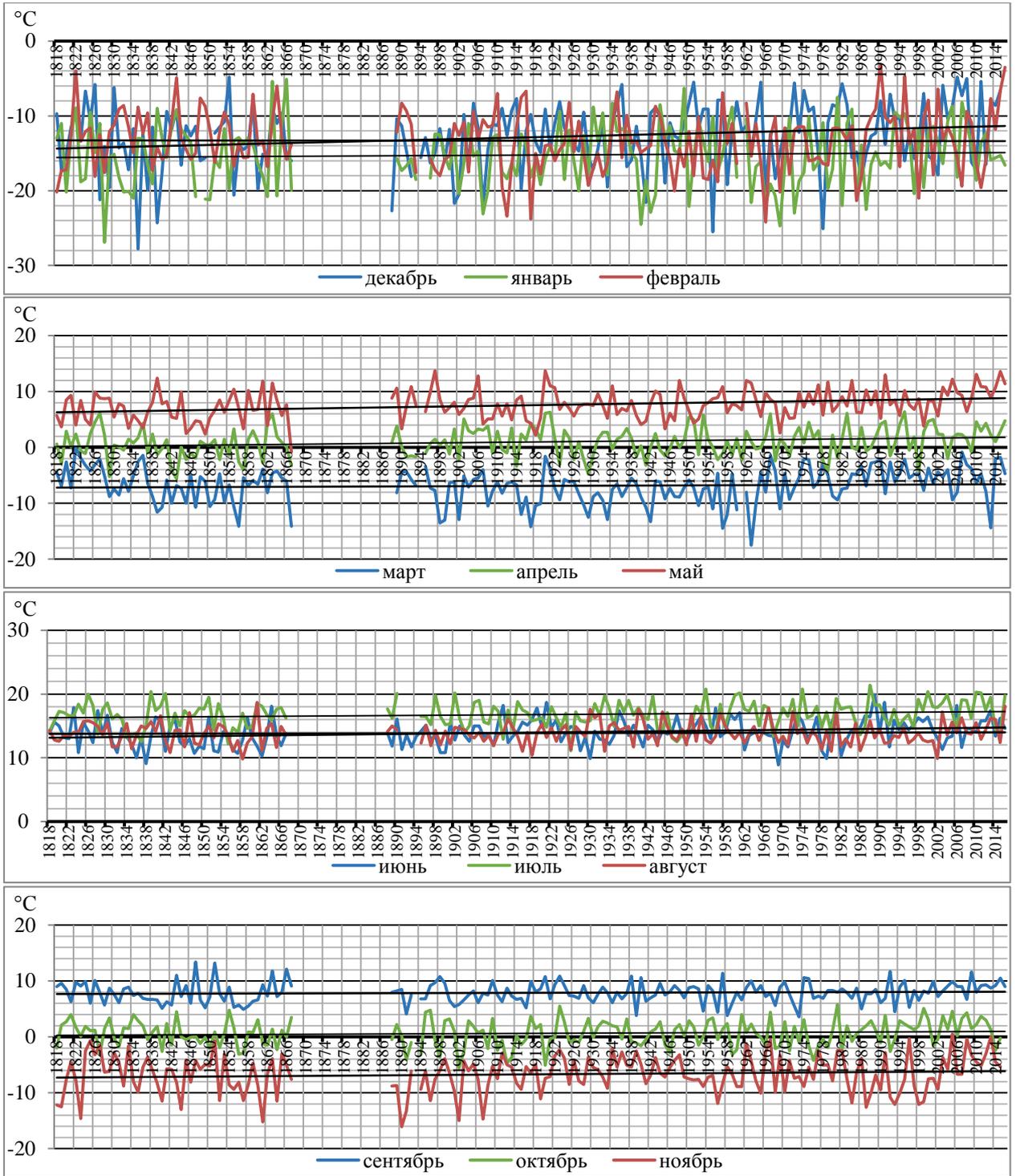


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1818 по 2016гг

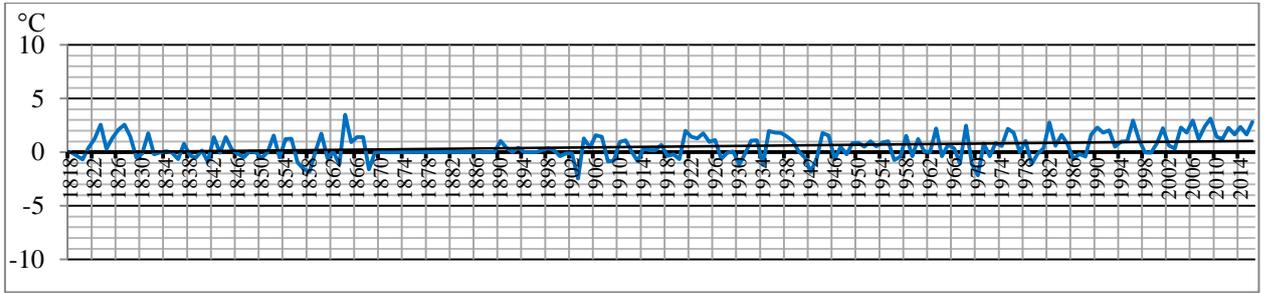


Рисунок 2. Изменение среднегодовой температуры с 1834 по 2016гг



Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1950 по 2015гг

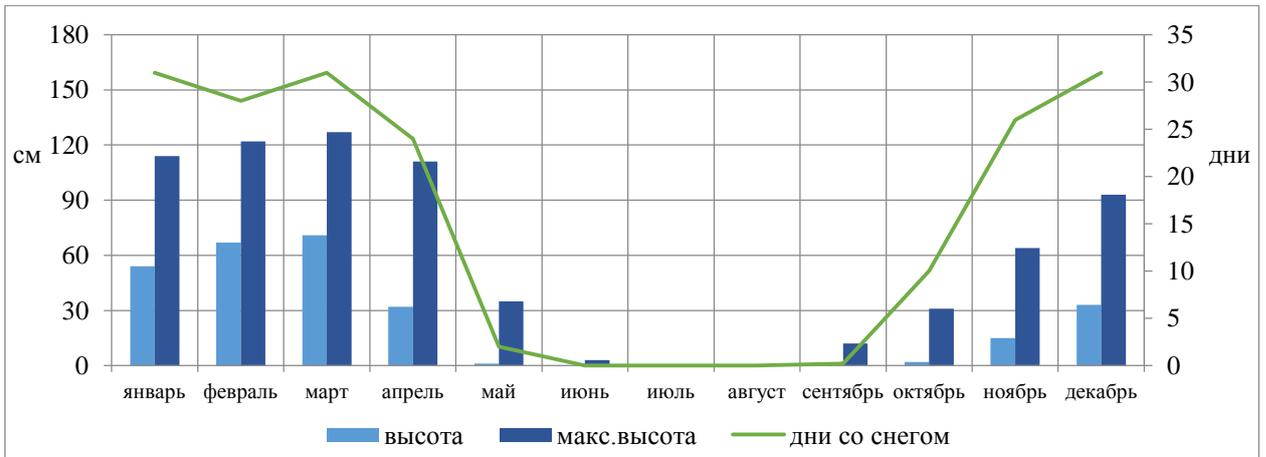


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

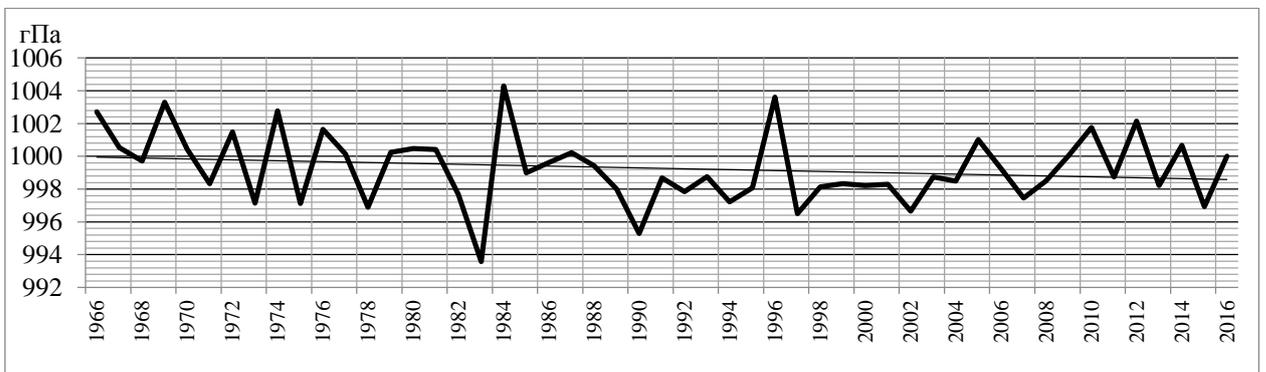


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1966 по 2016гг

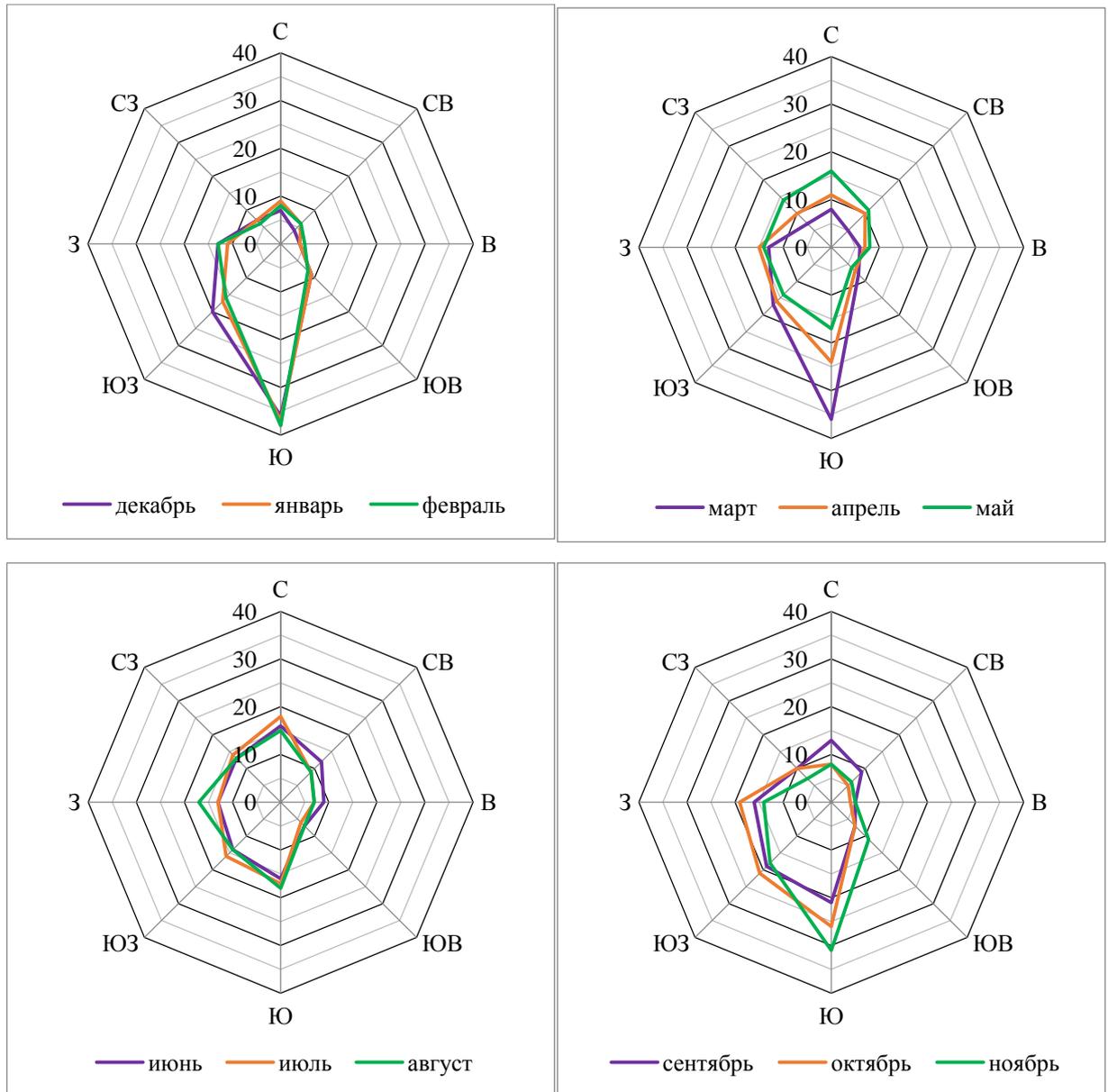


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

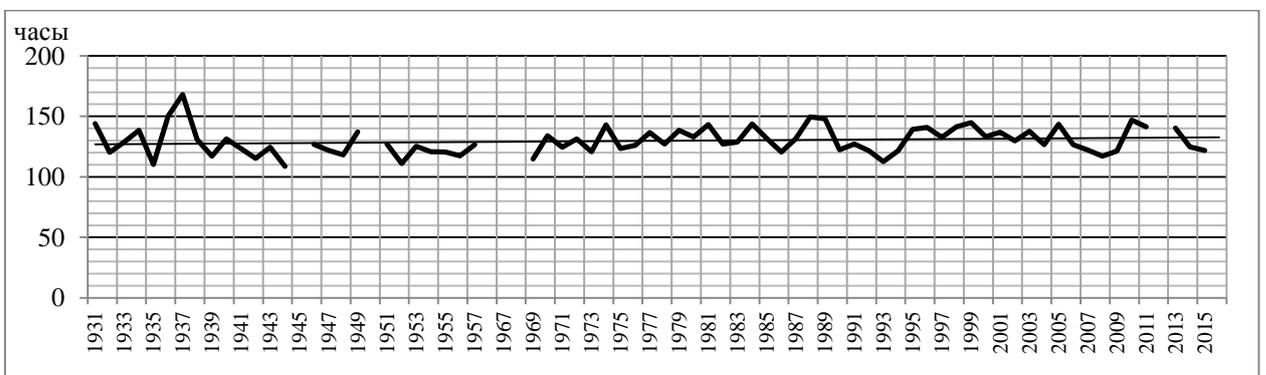


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1931 по 2016гг

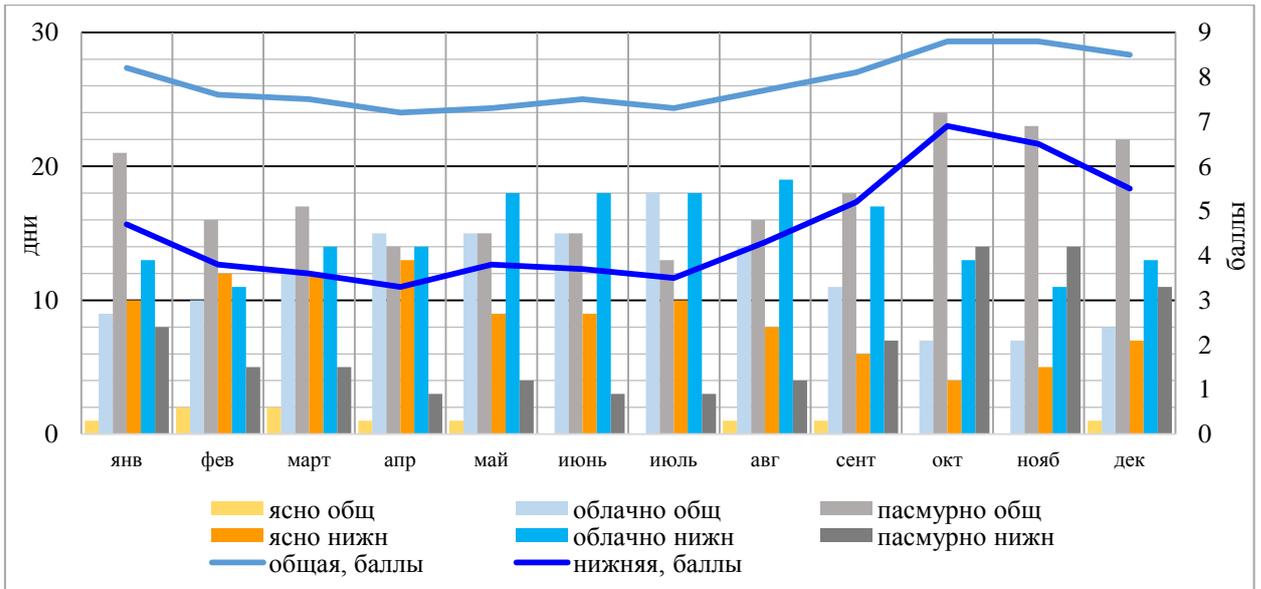


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

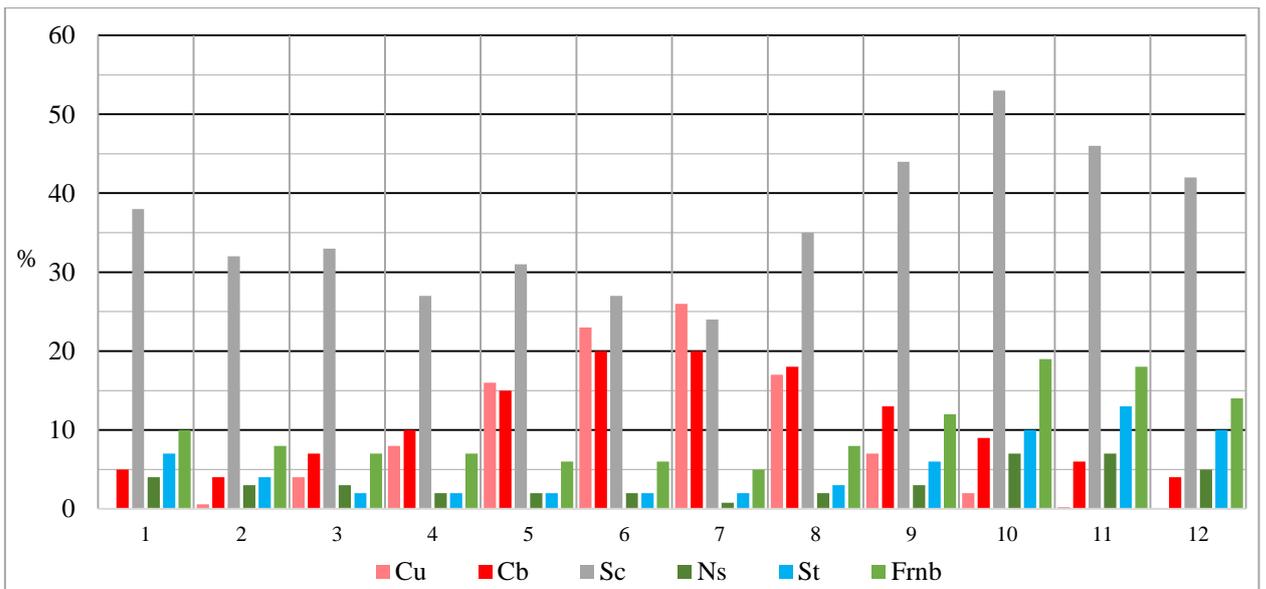


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Воркута

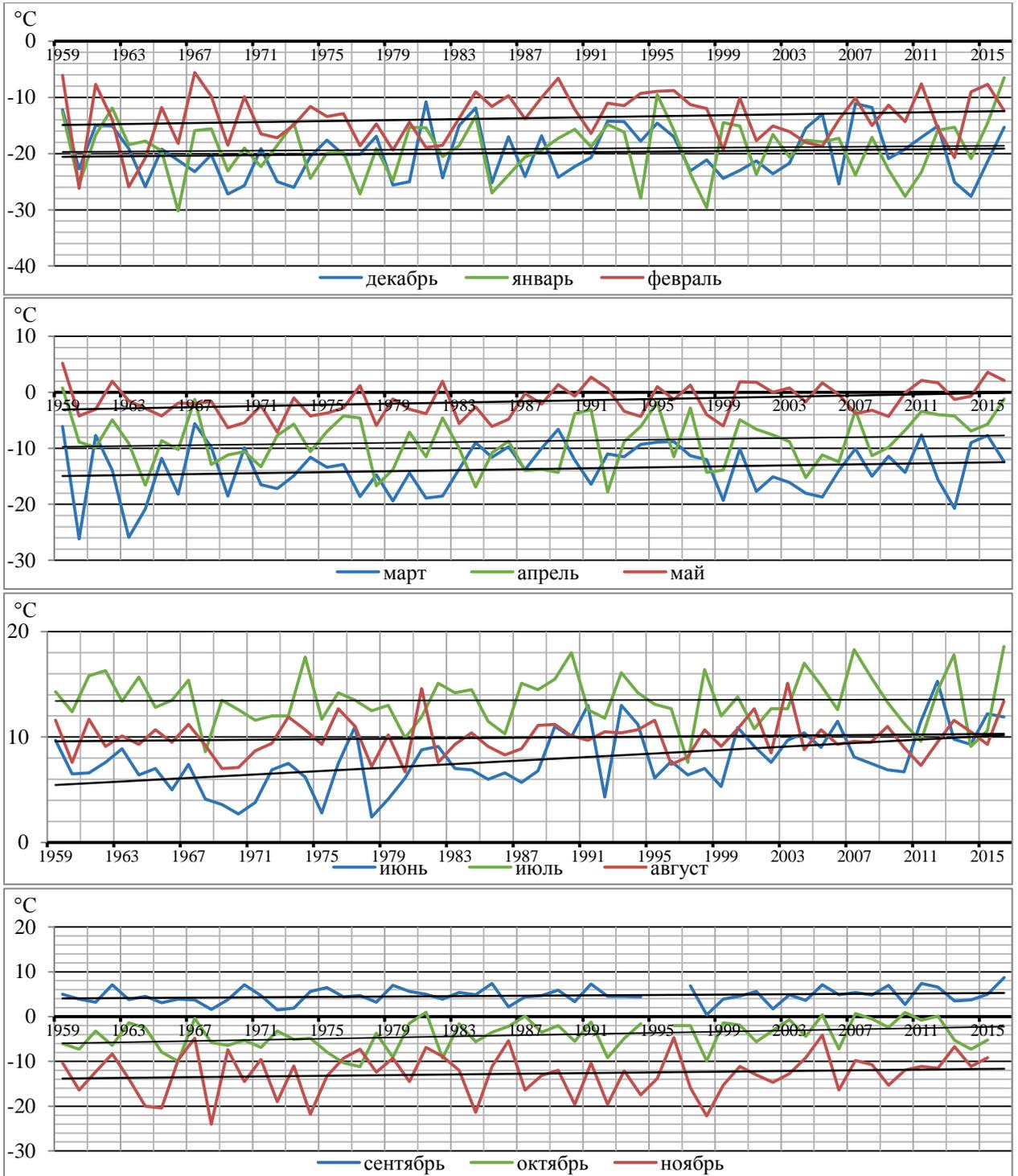


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1959 по 2016гг

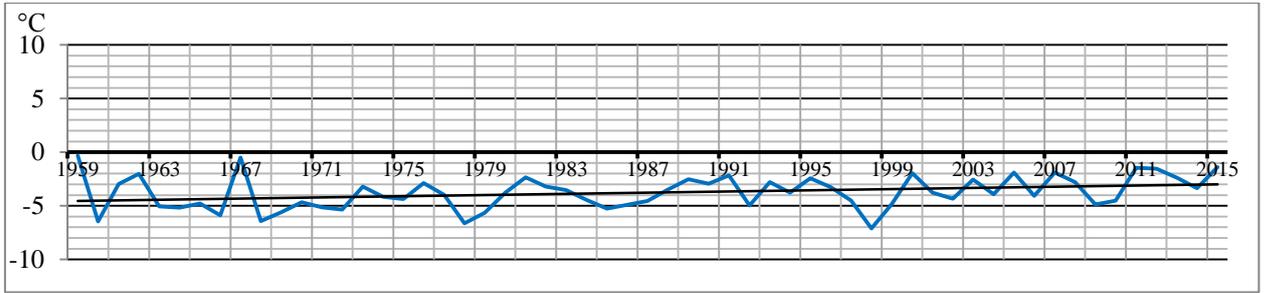


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1959 по 2015гг



Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1960 по 2016гг

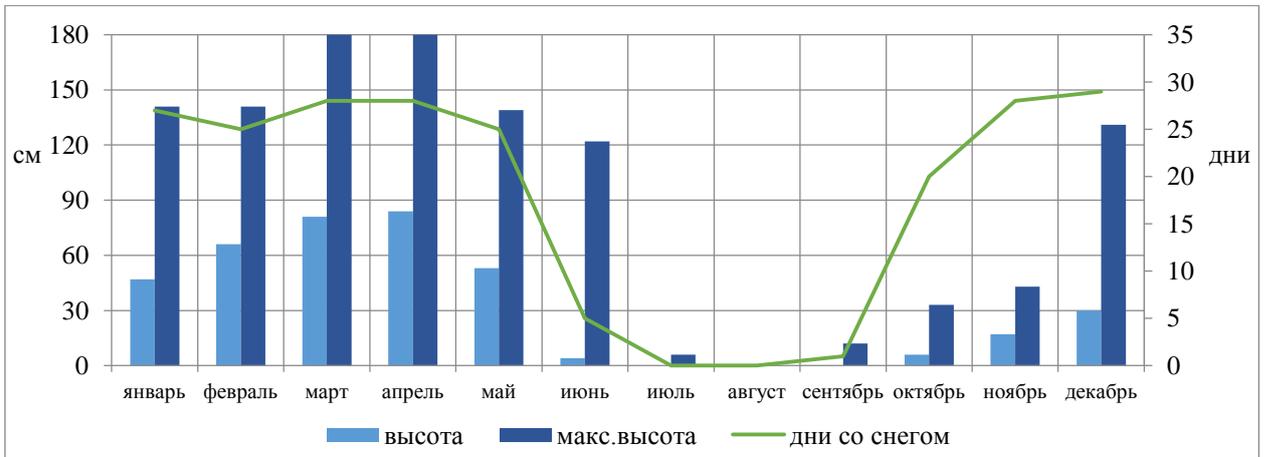


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

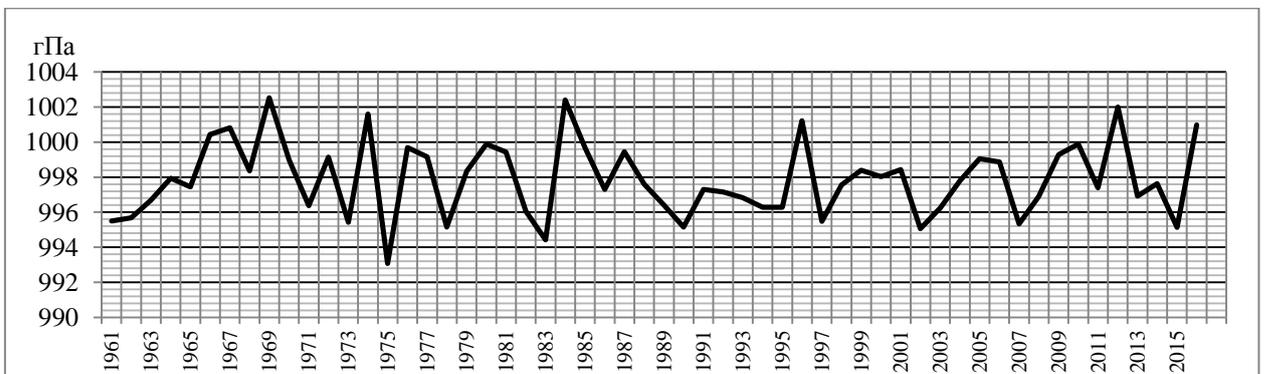


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1961 по 2016гг

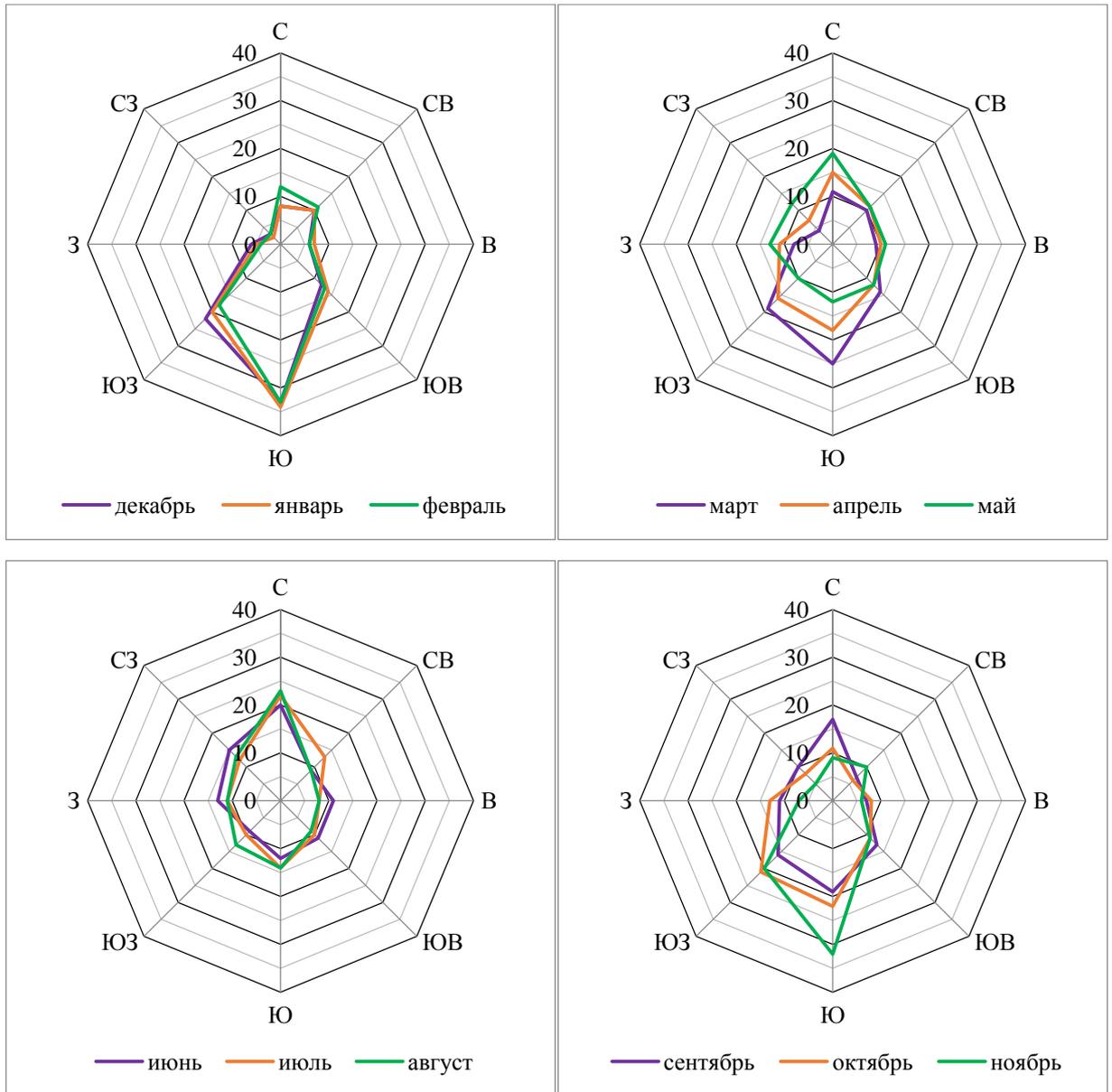


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

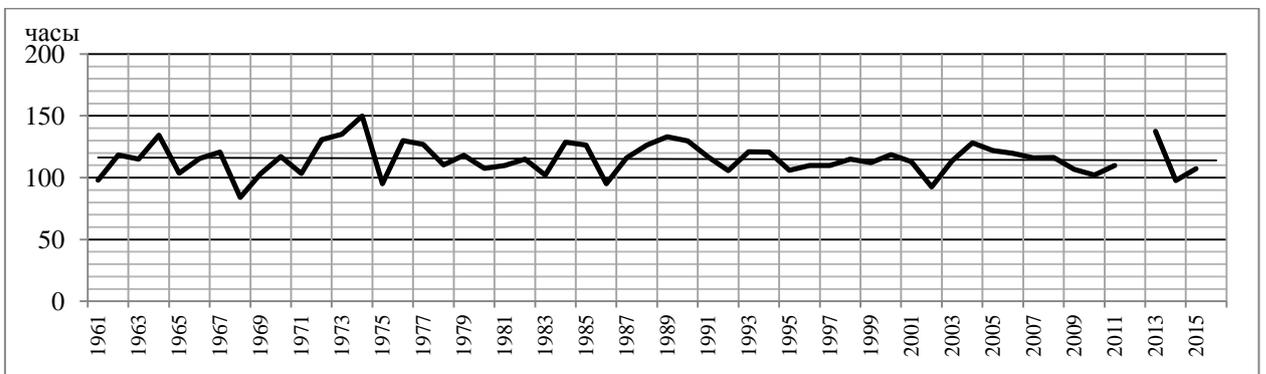


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1961 по 2015гг

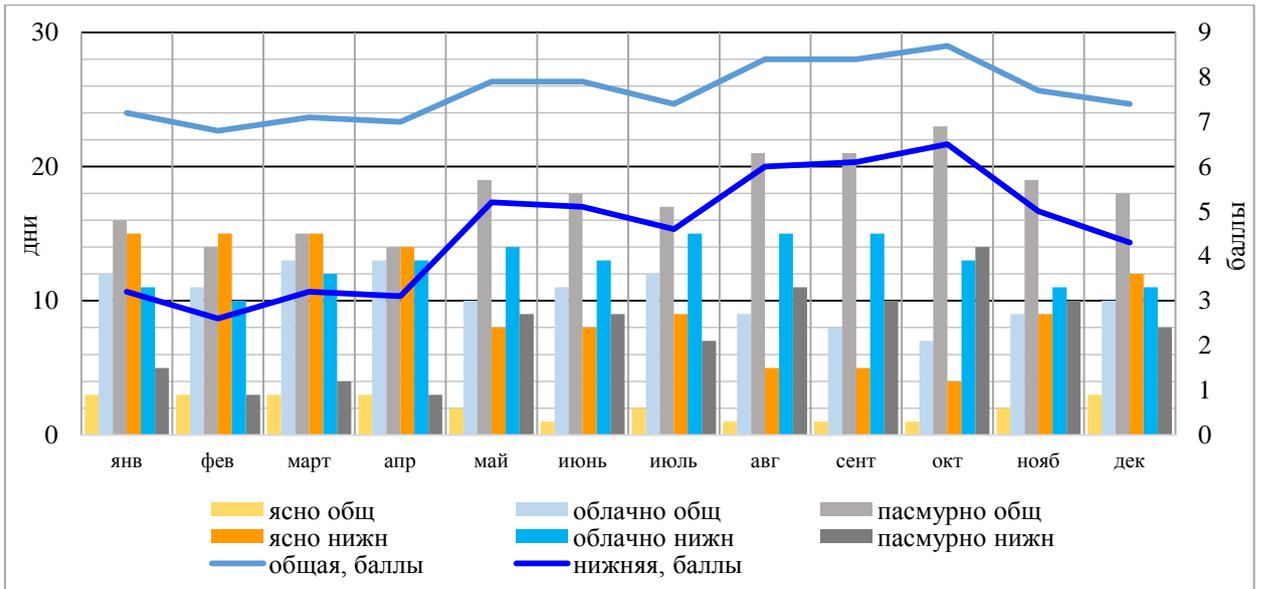


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

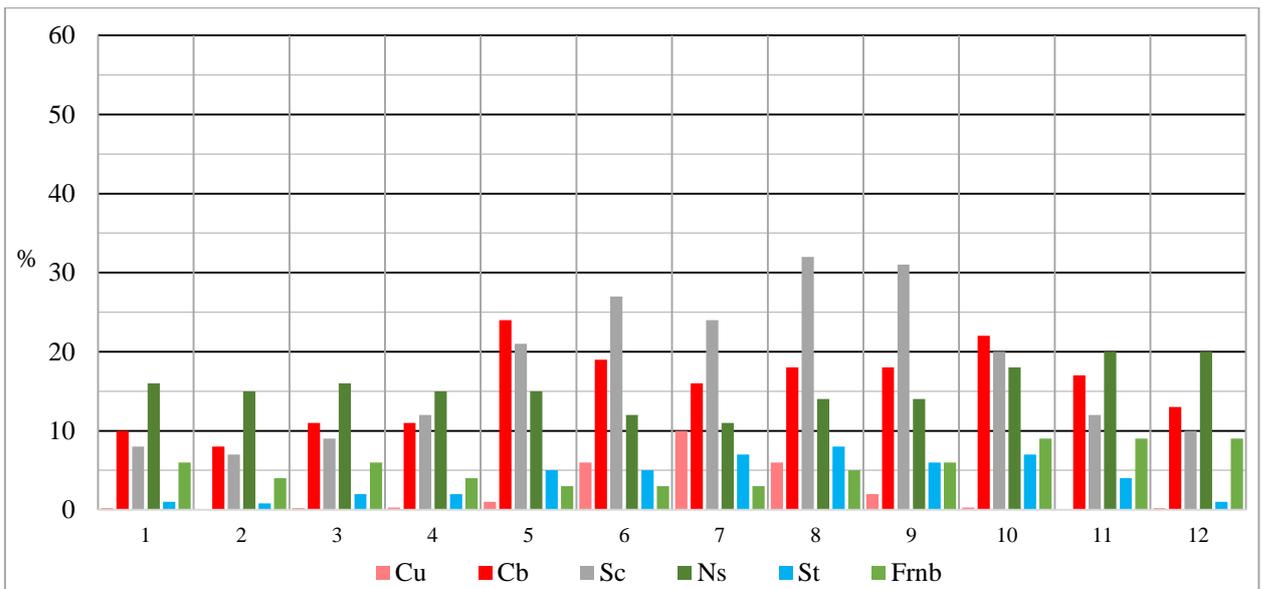


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Архангельск

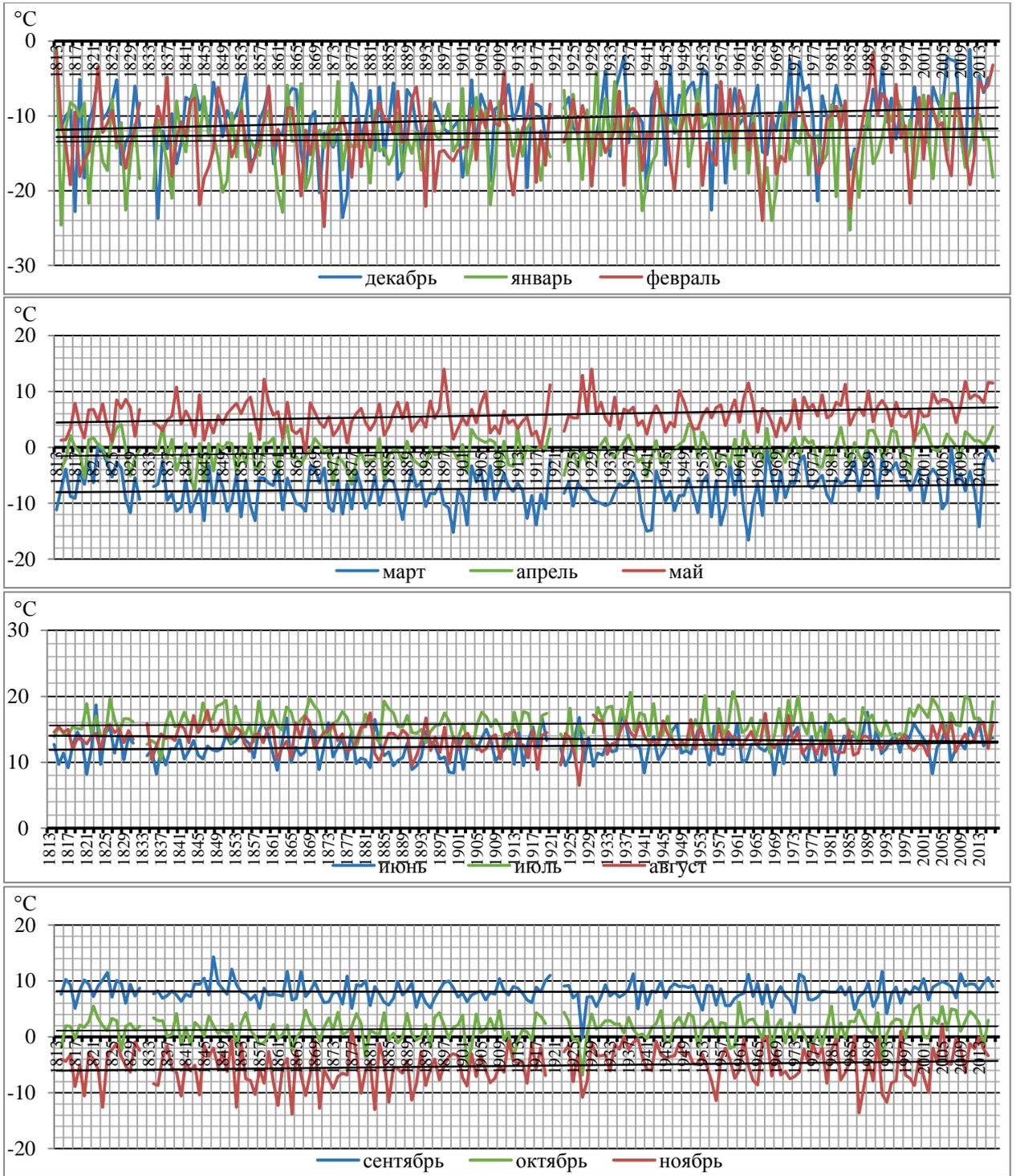


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1813 по 2015гг

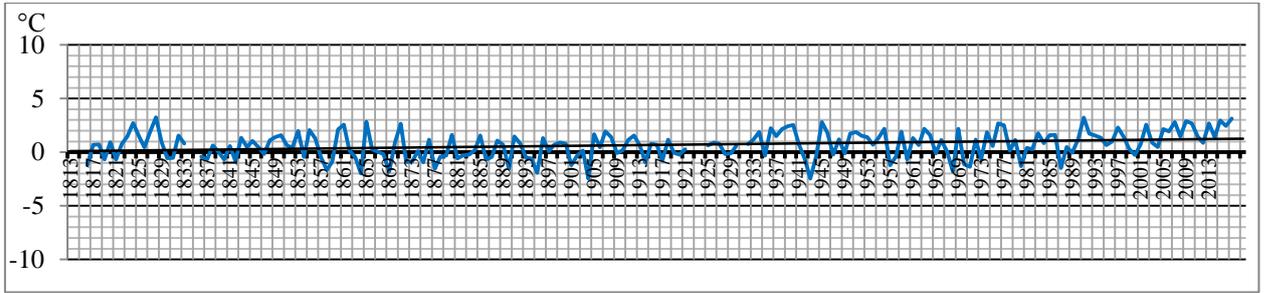


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1834 по 2015гг



Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1936 по 2015гг

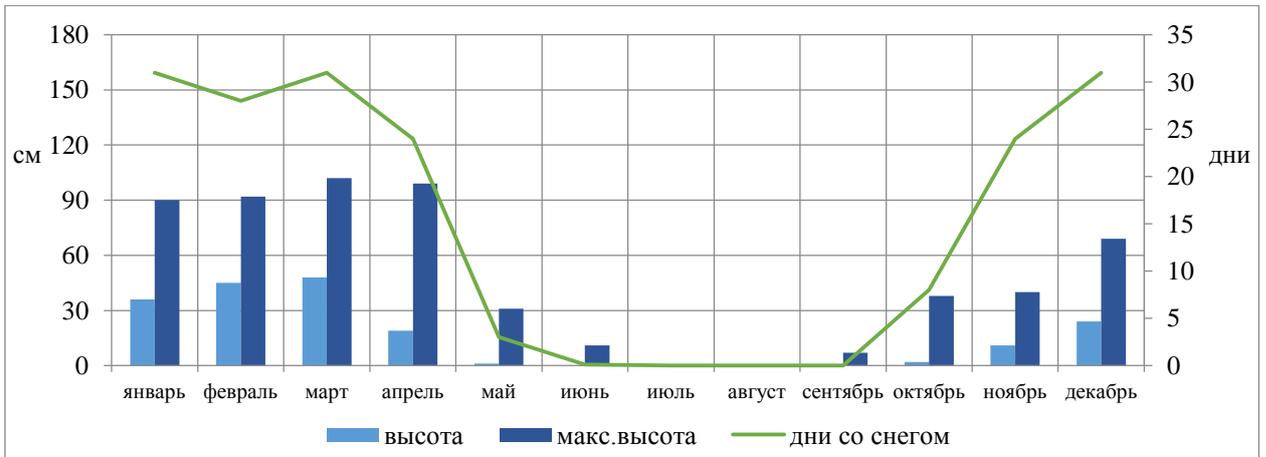


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

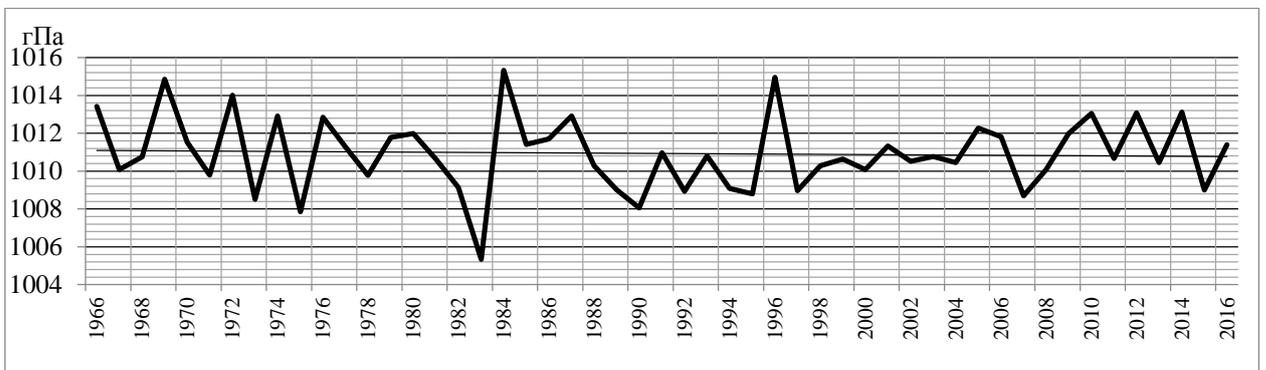


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1966 по 2016гг

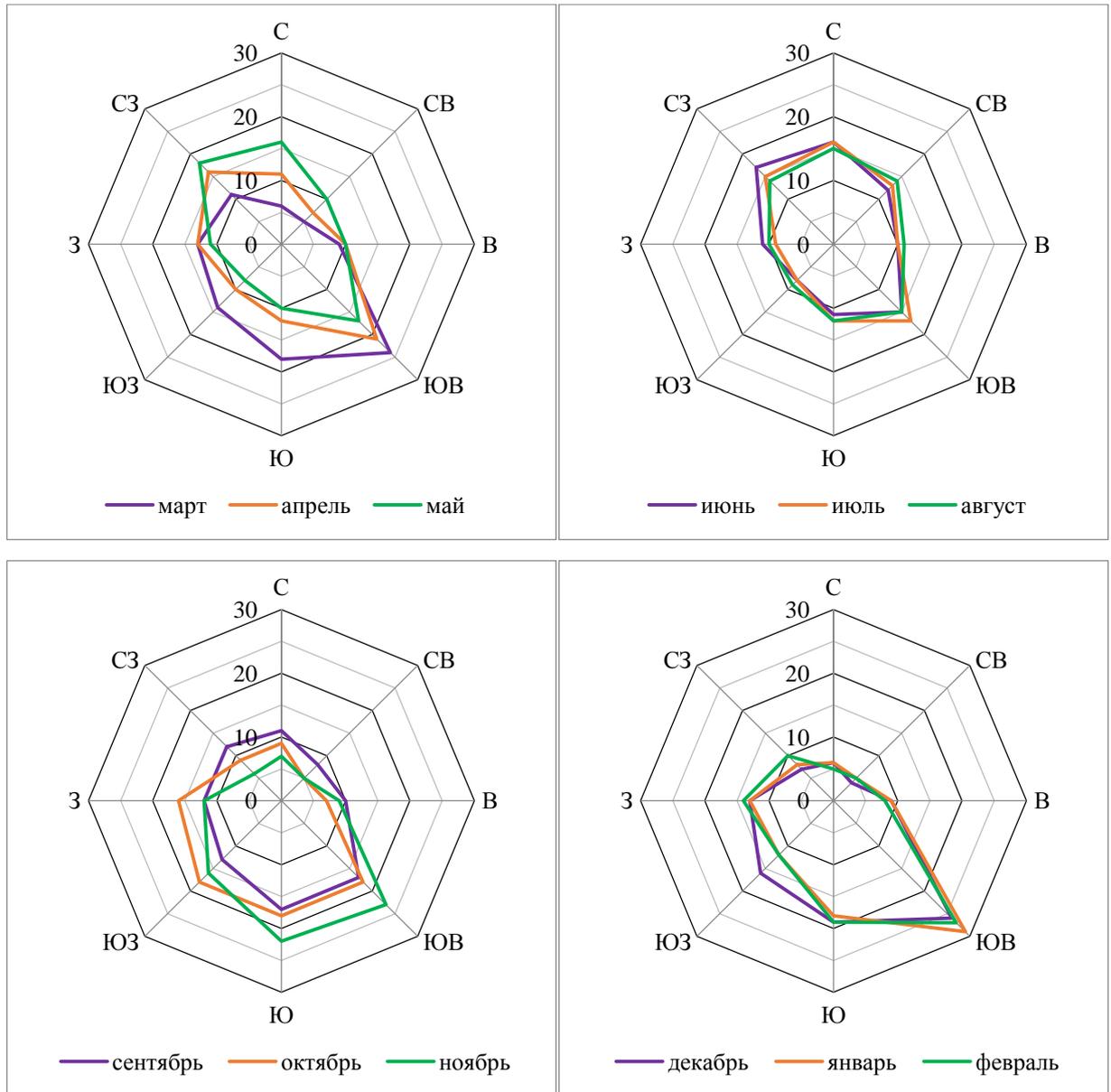


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

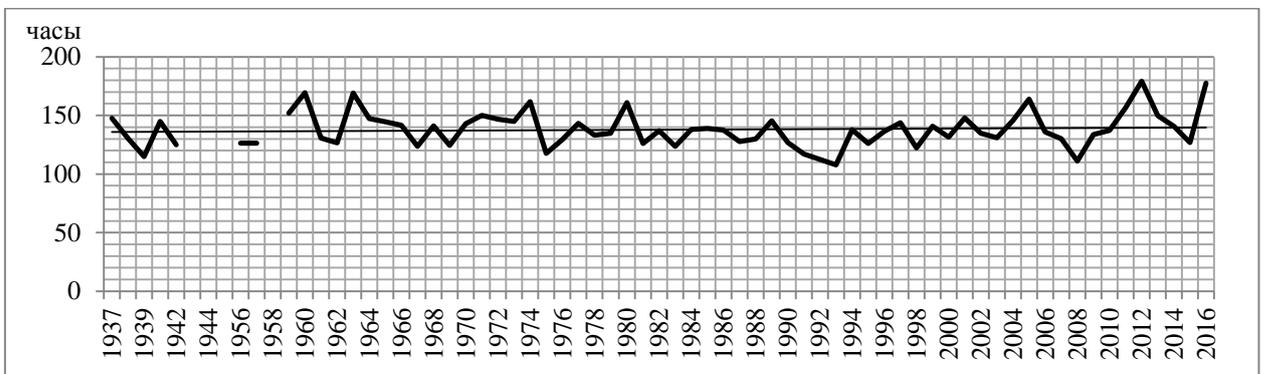


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1937 по 2016гг

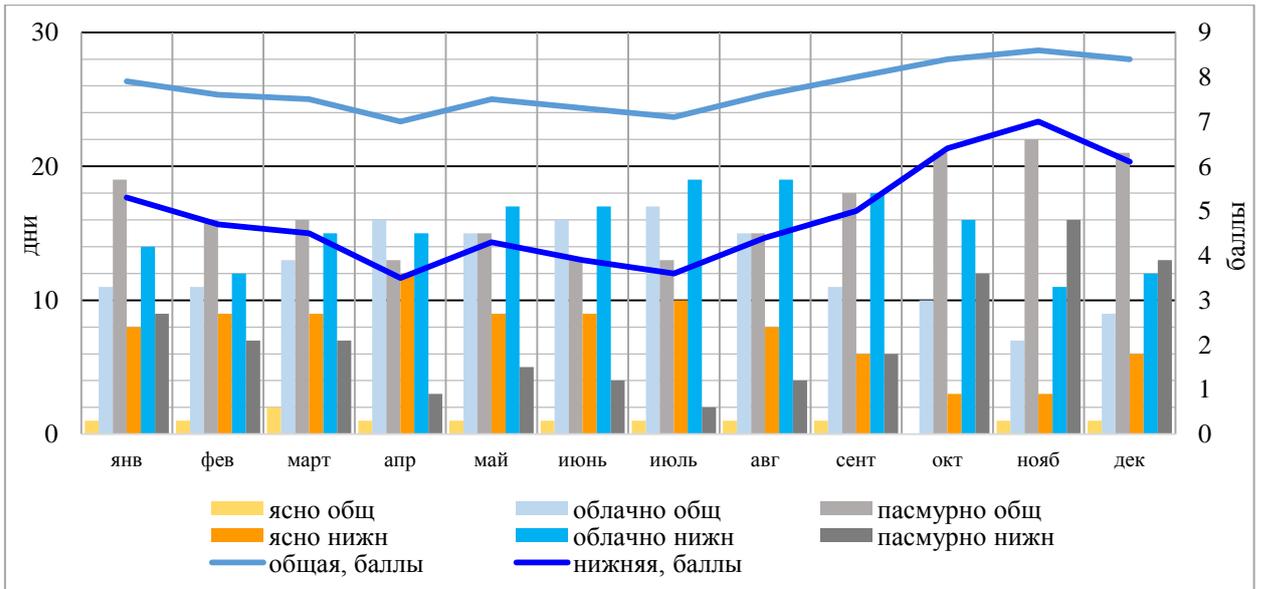


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

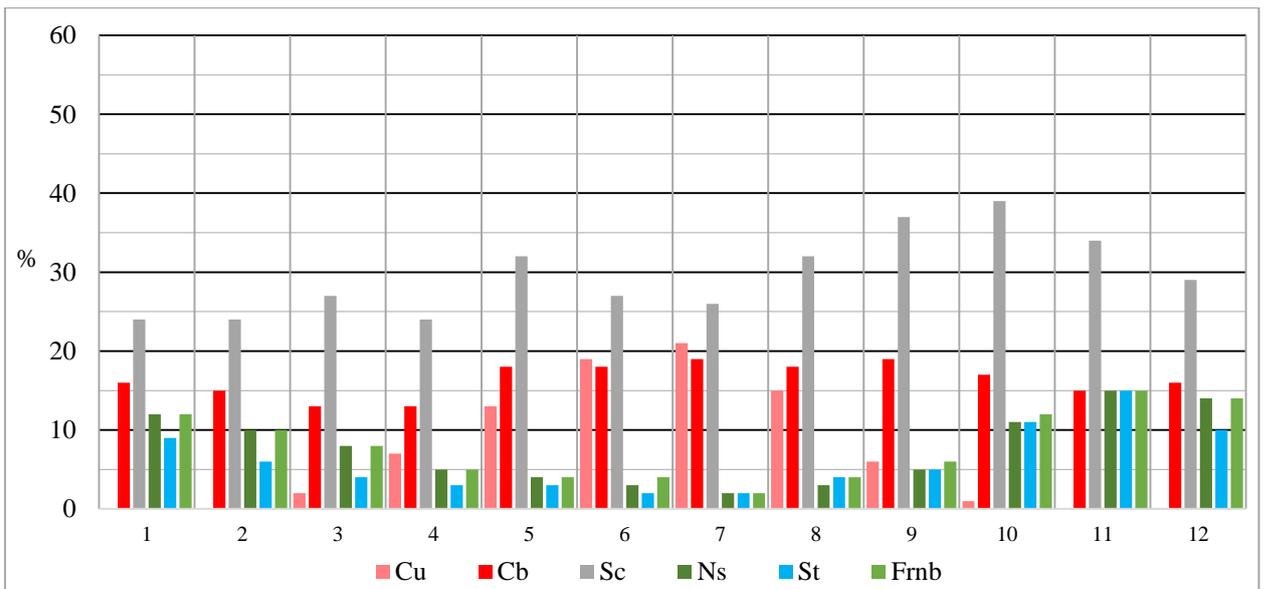


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Нарьян-Мар

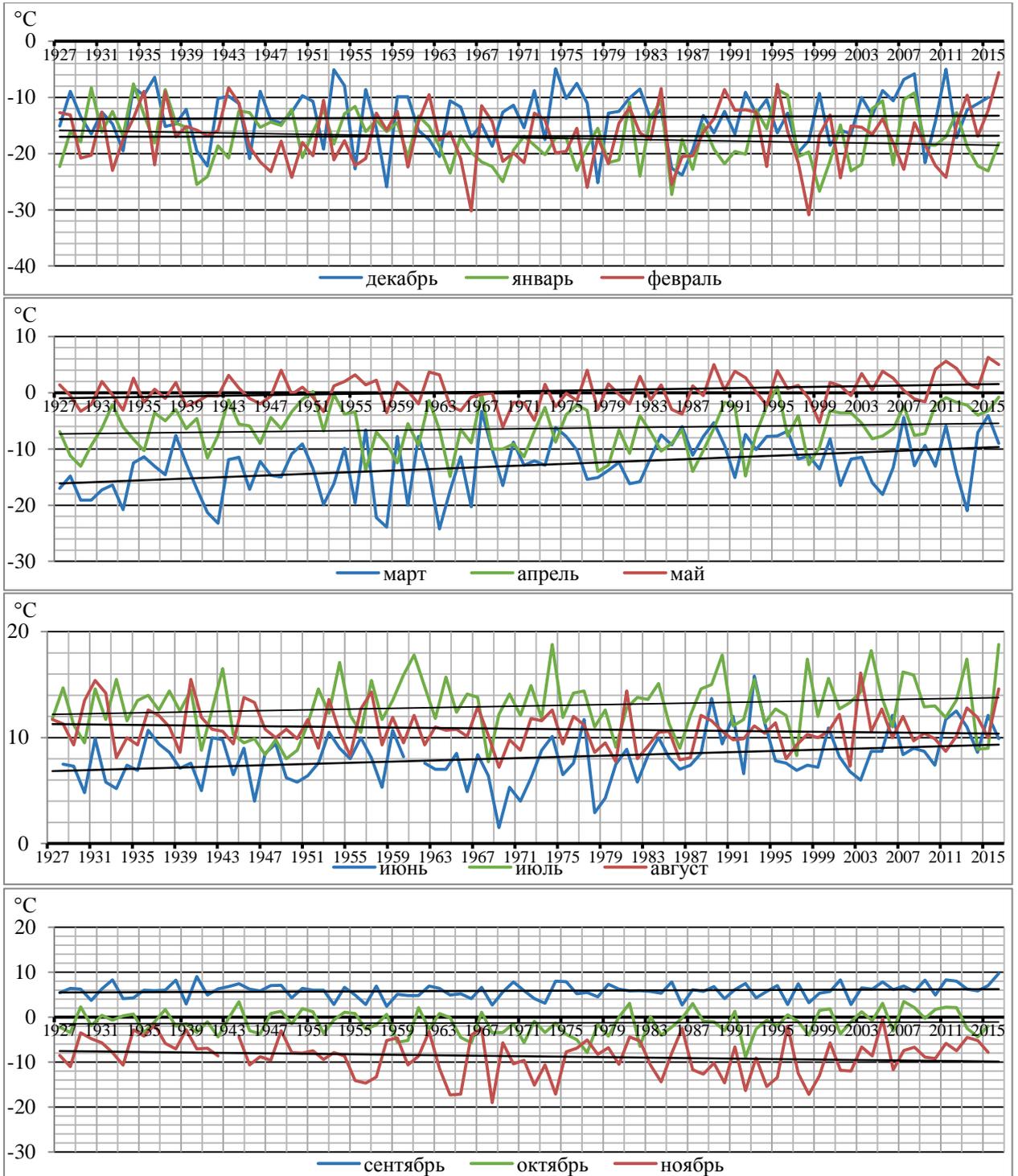


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1927 по 2016гг

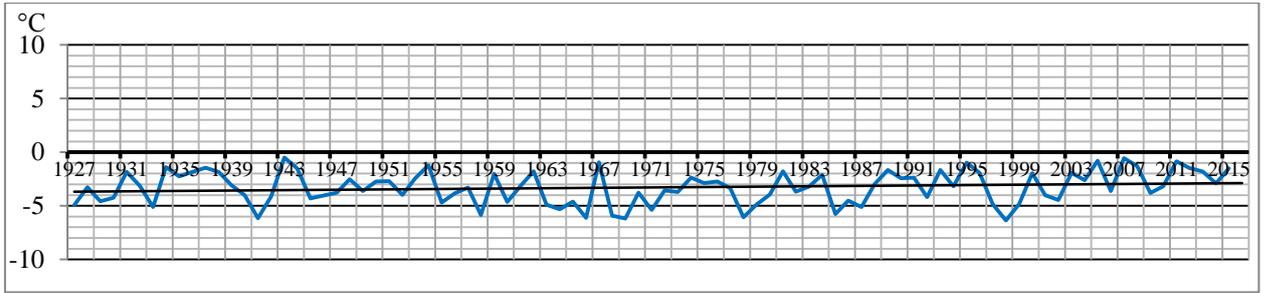


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1927 по 2015гг



Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1948 по 2015гг

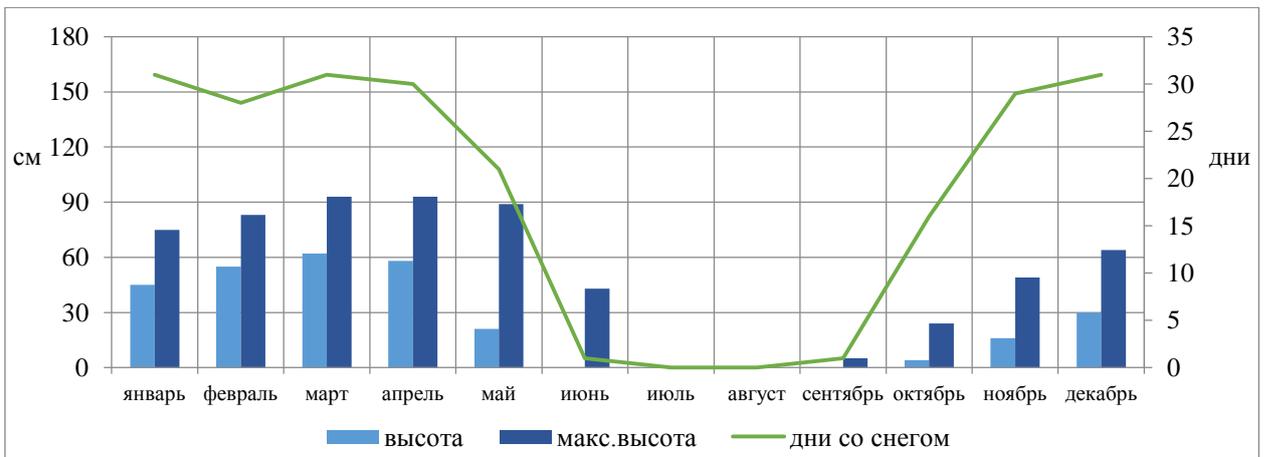


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

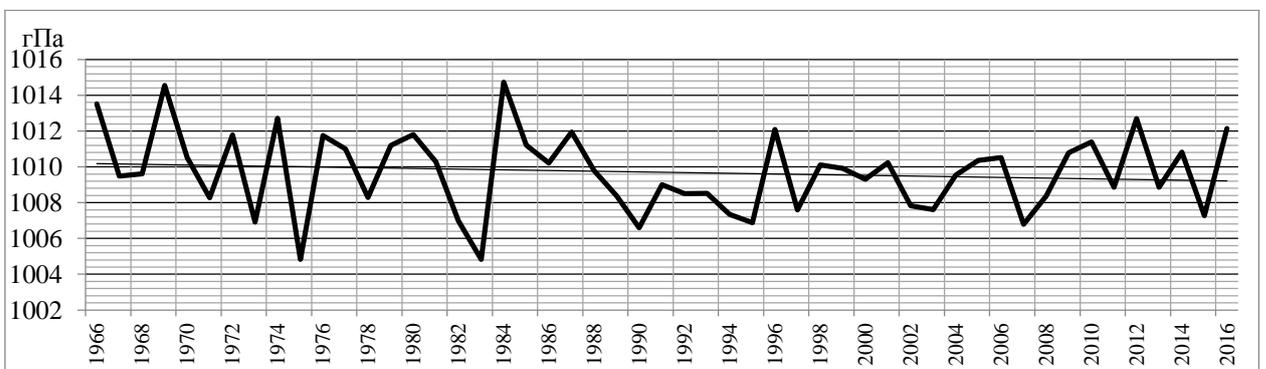


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1966 по 2016гг

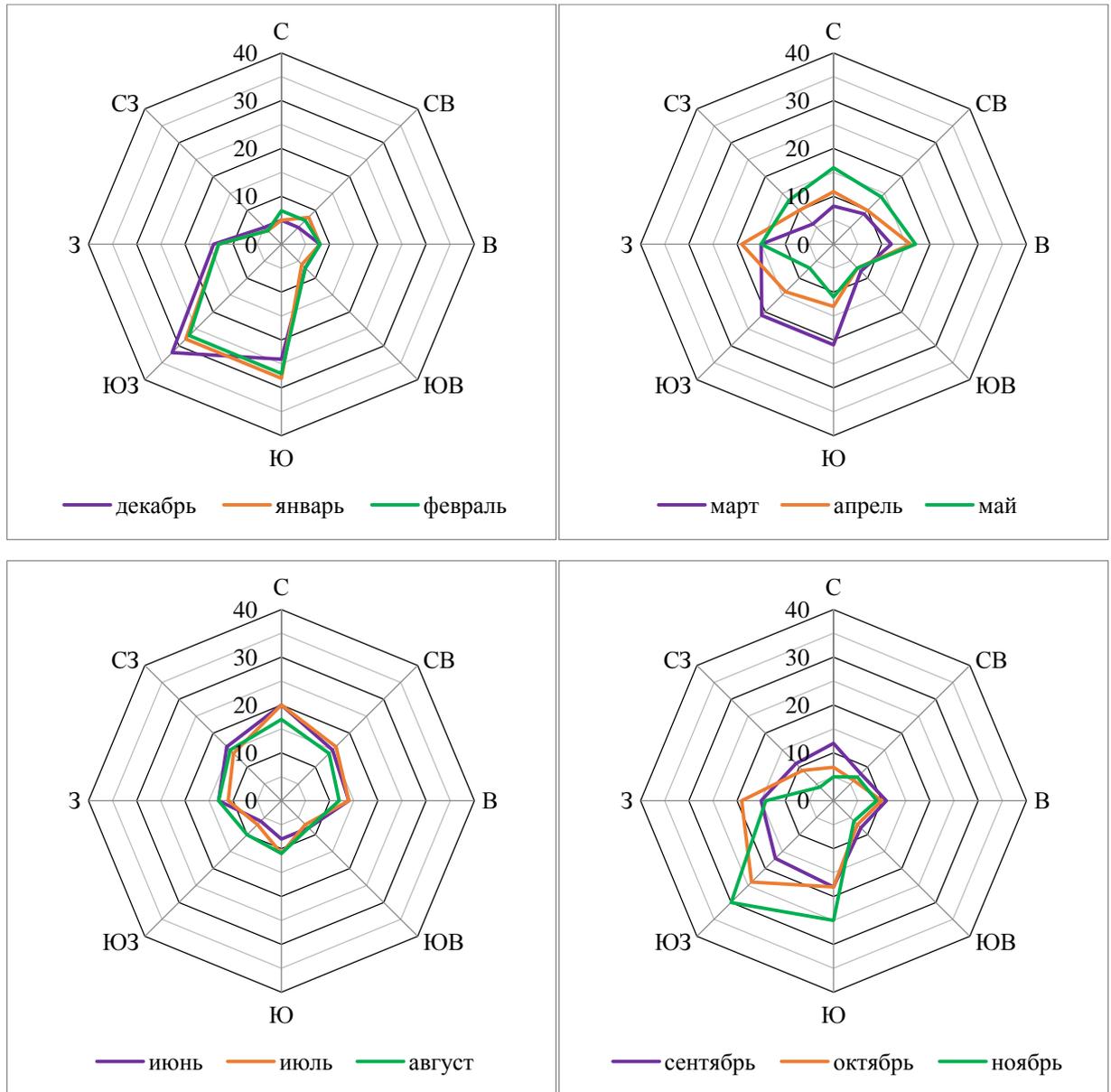


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

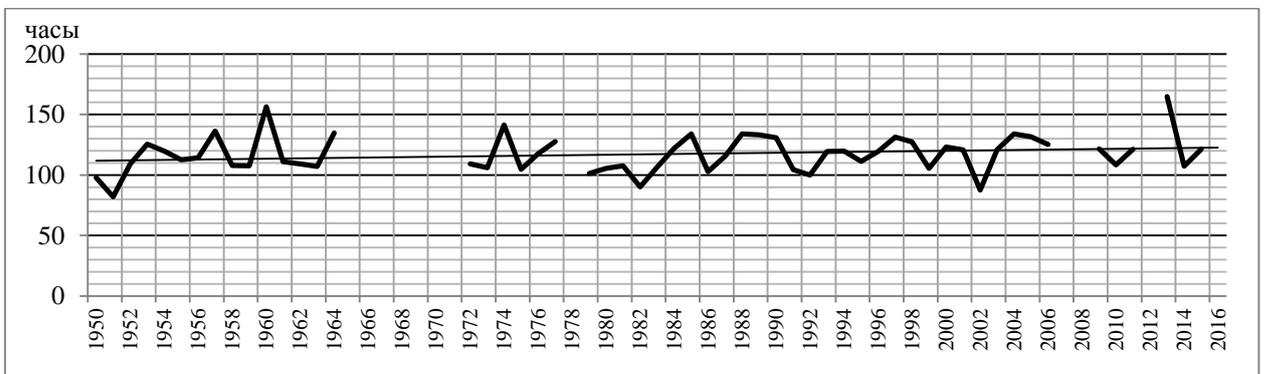


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1950 по 2016гг

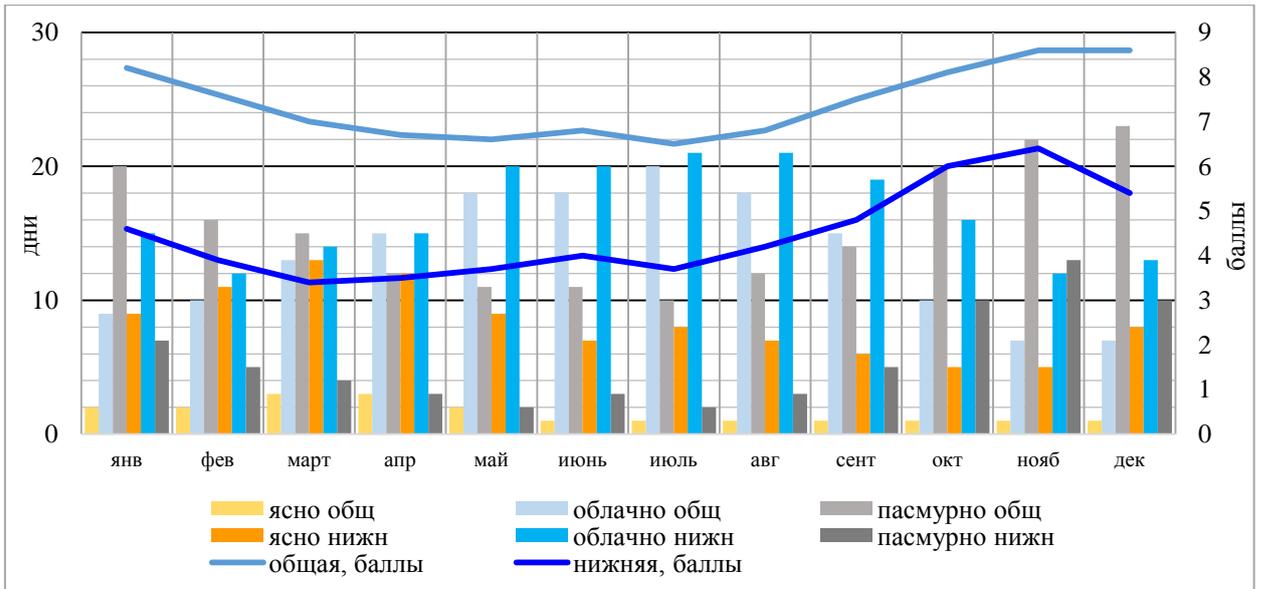


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

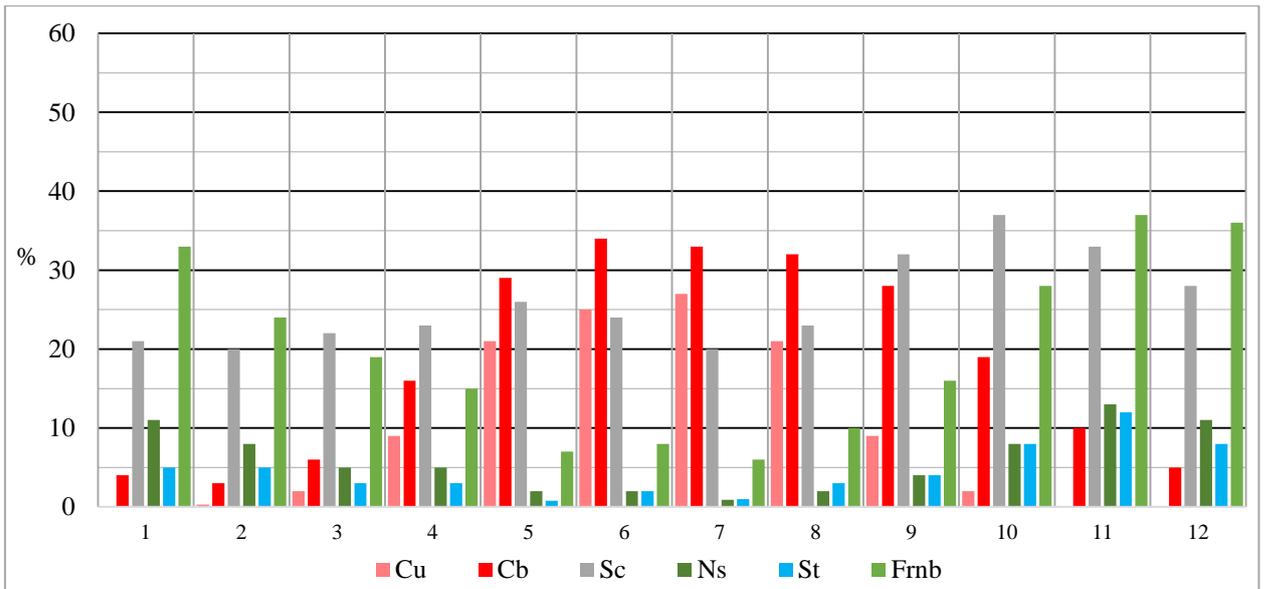


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Вологда

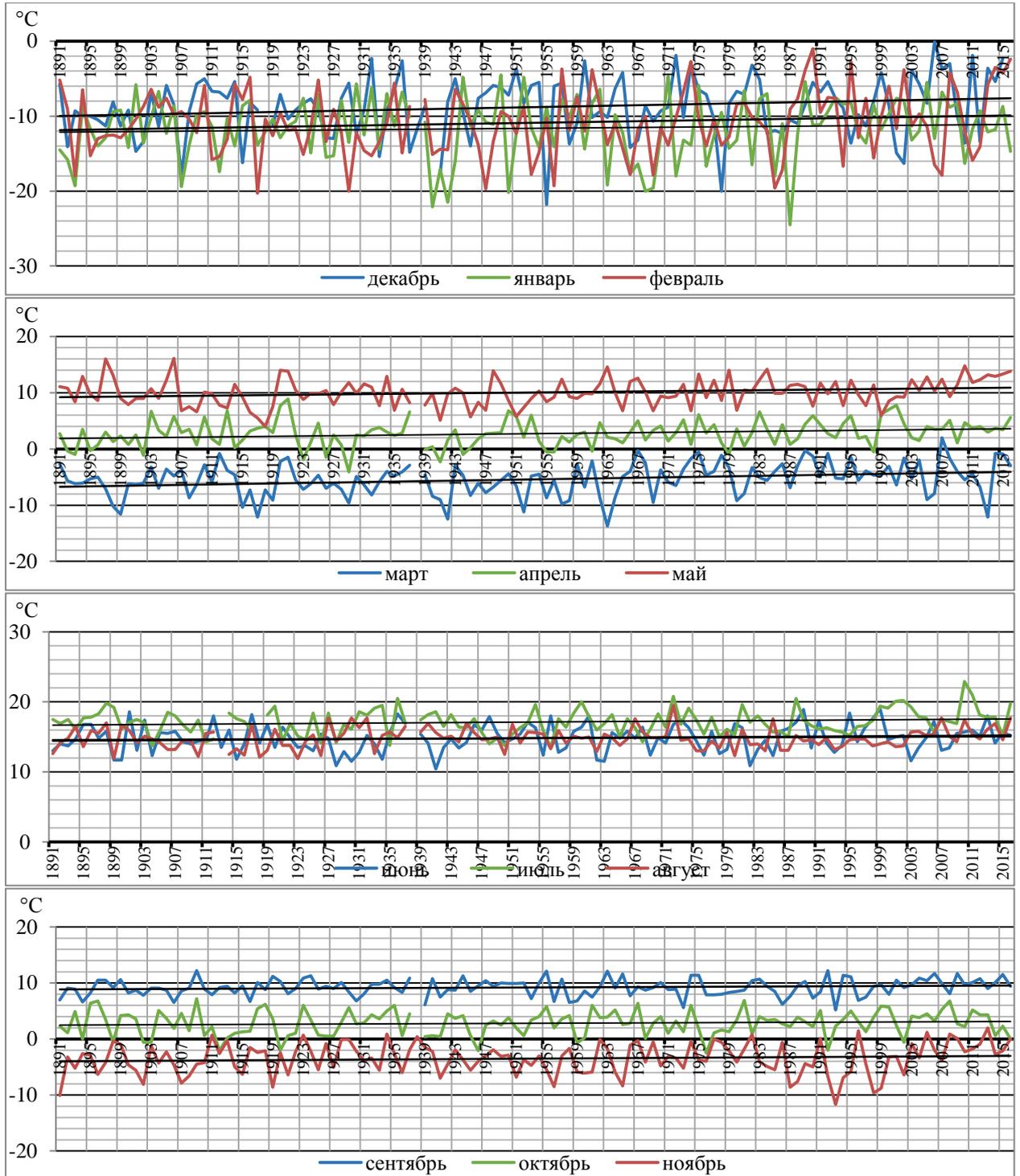


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1834 по 2015гг

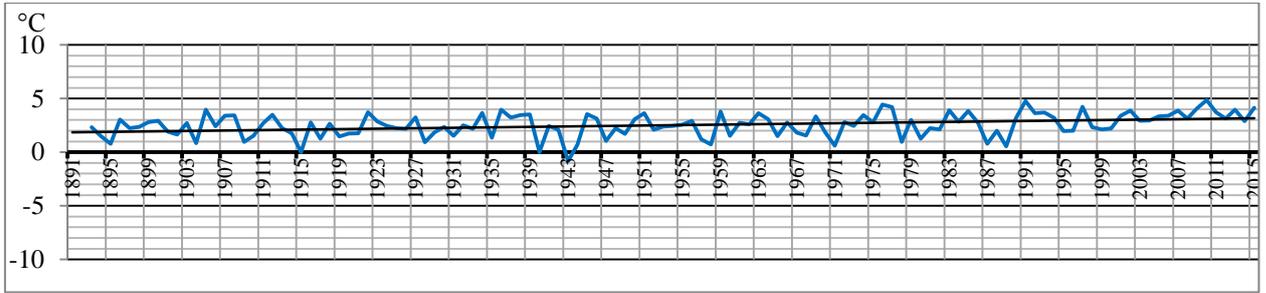


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1834 по 2015гг



Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1936 по 2015гг

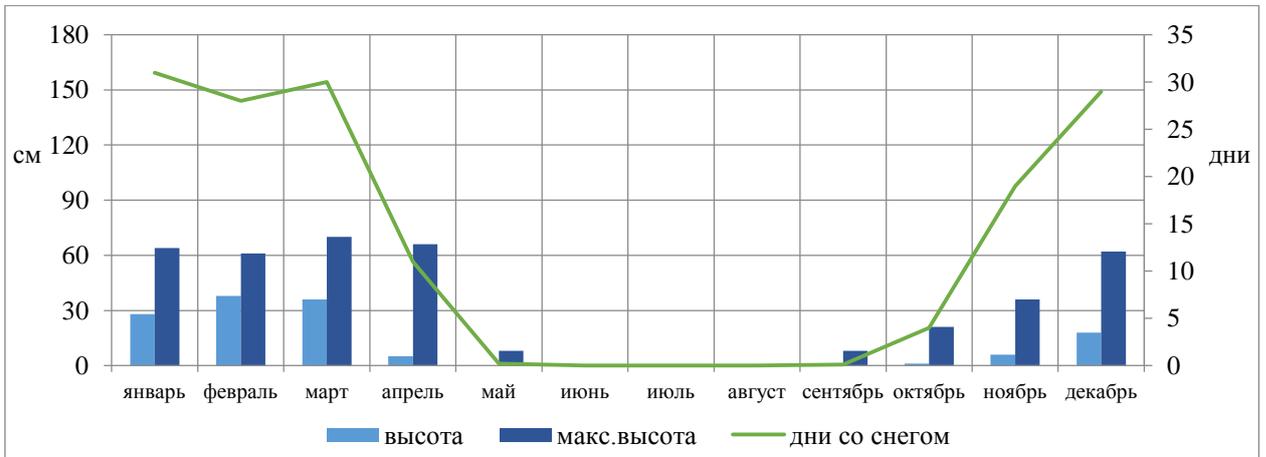


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

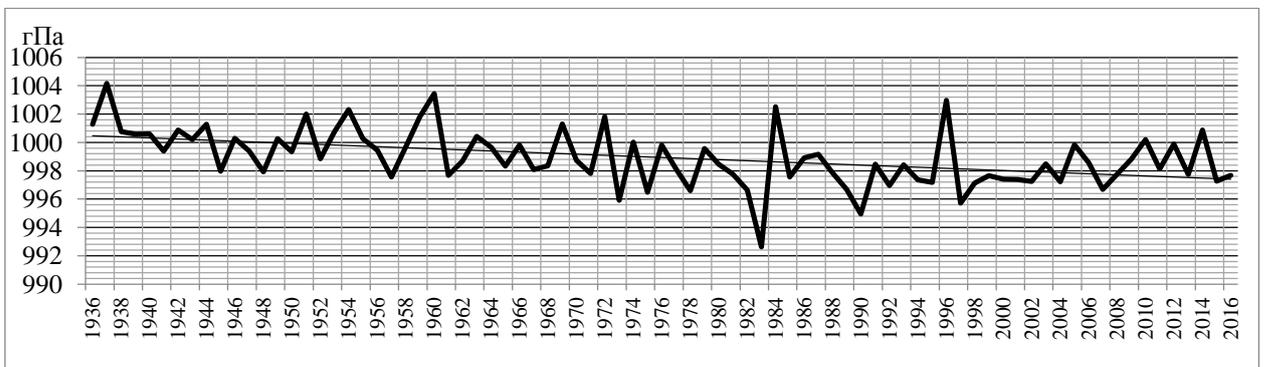


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1936 по 2016гг

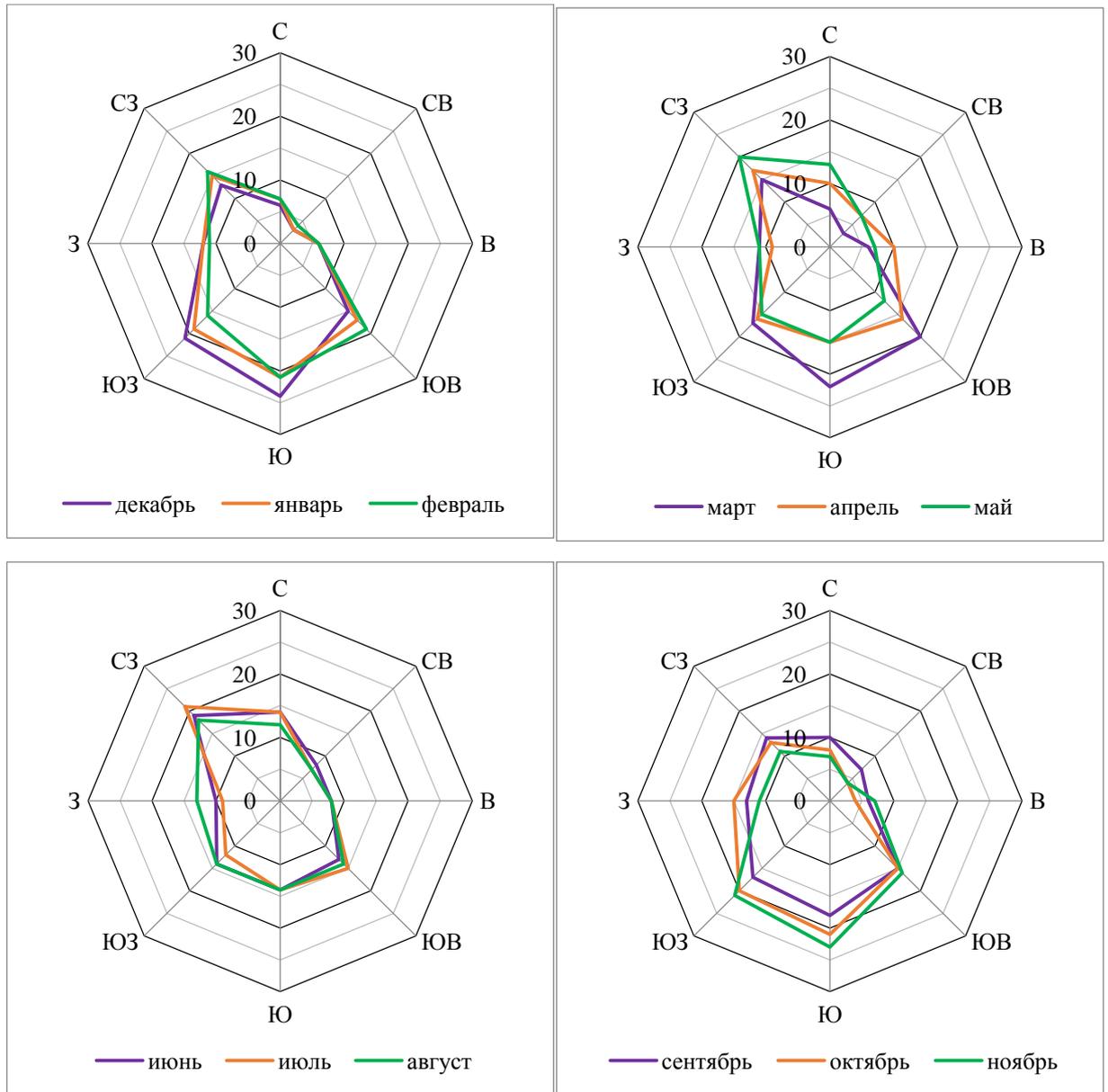


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

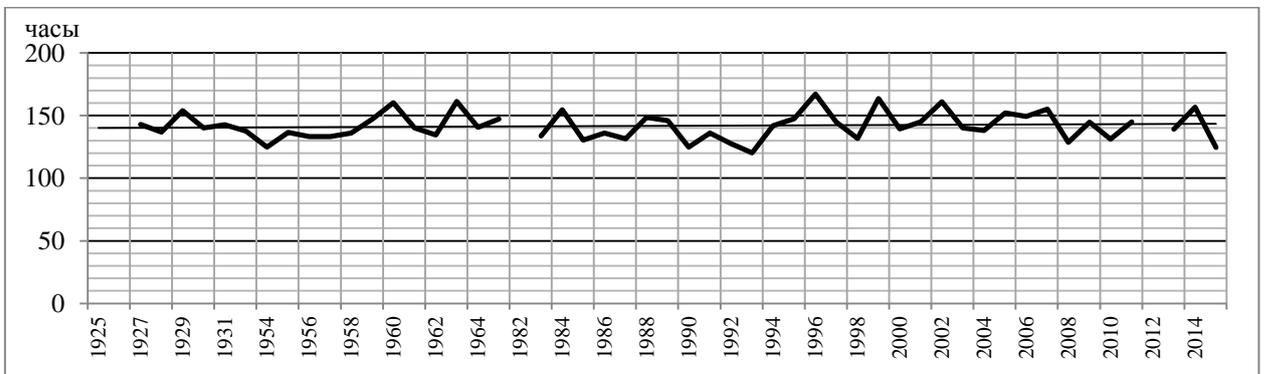


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1925 по 2015гг

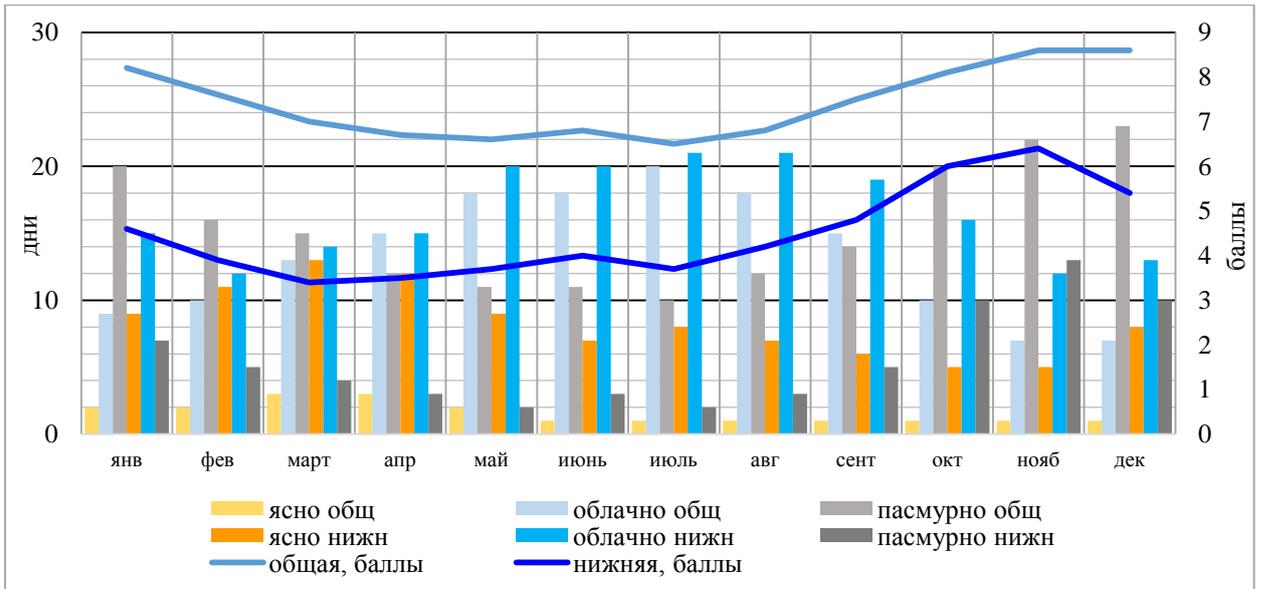


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

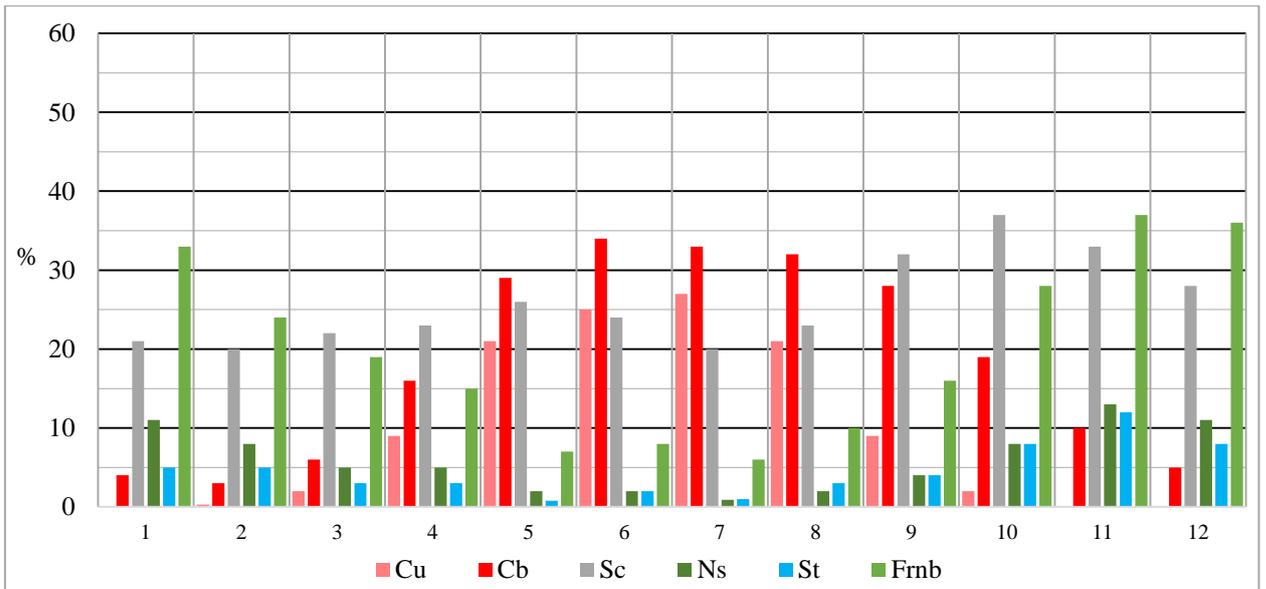


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Мурманск

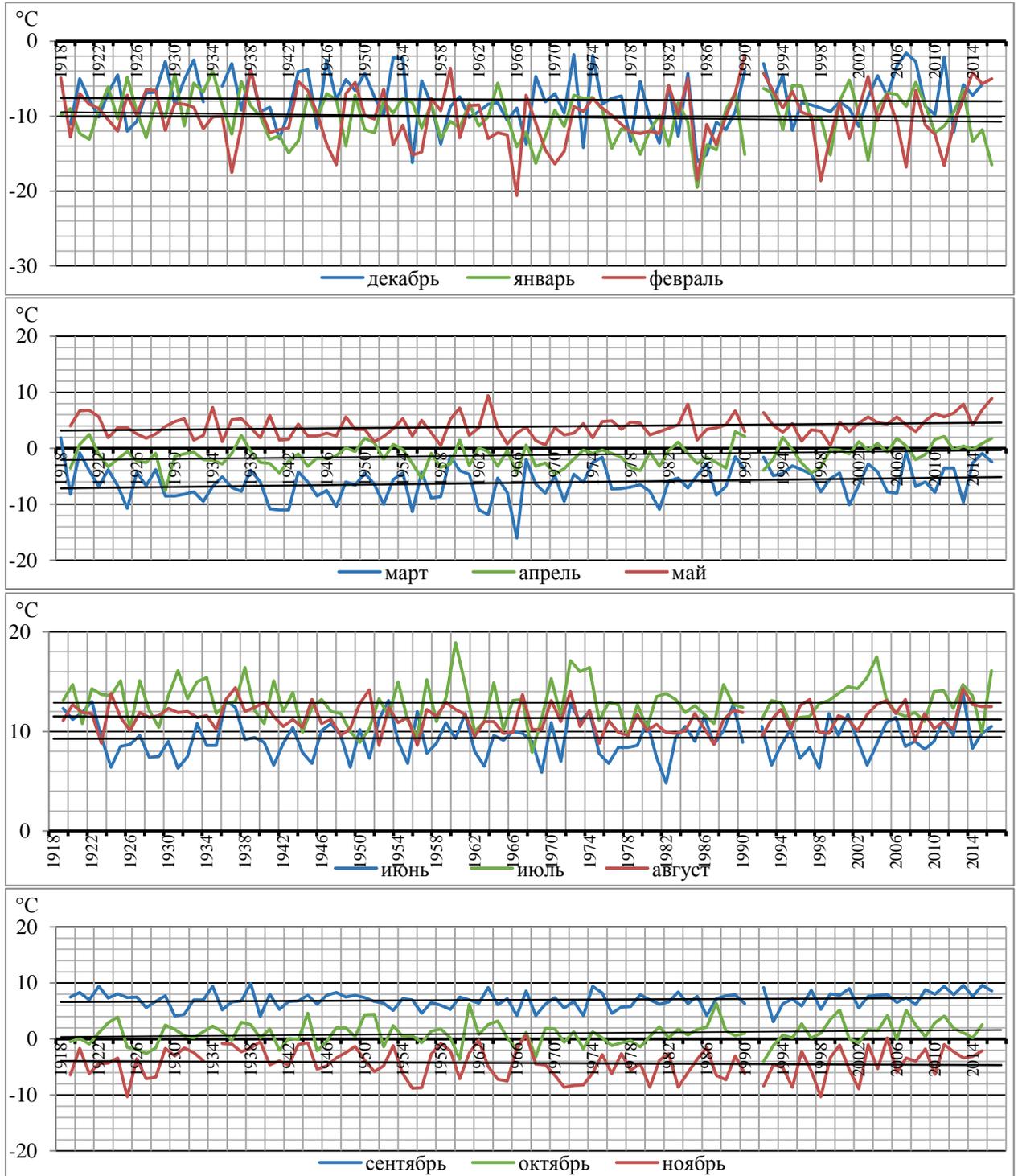


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1918 по 2016гг

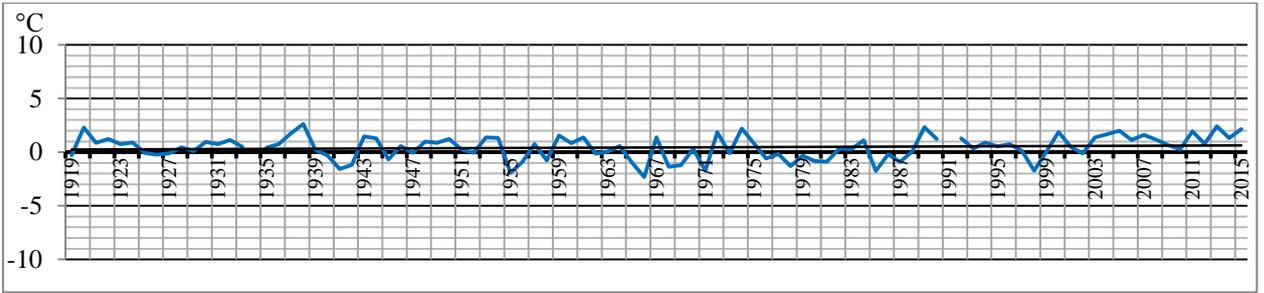


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1919 по 2015гг



Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1936 по 2015гг

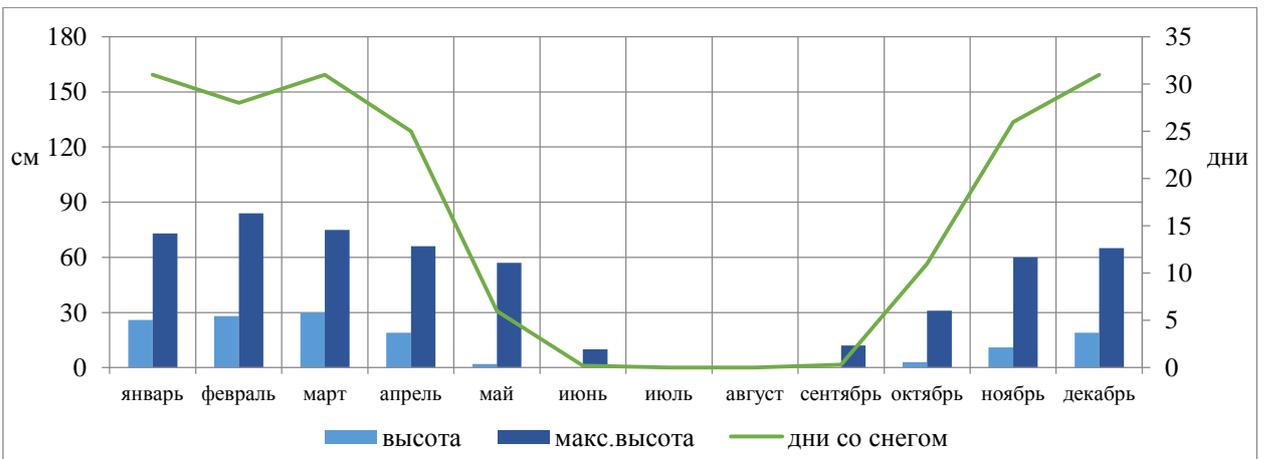


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

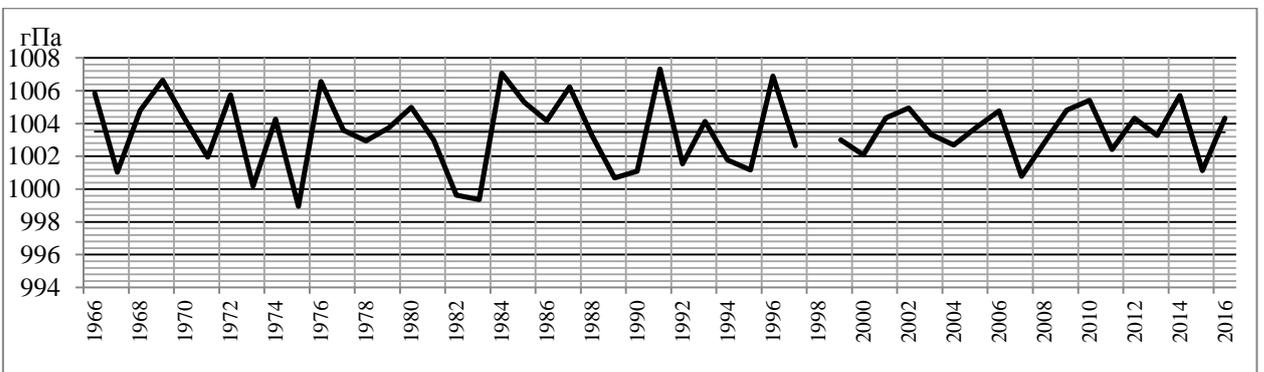


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1966 по 2016гг

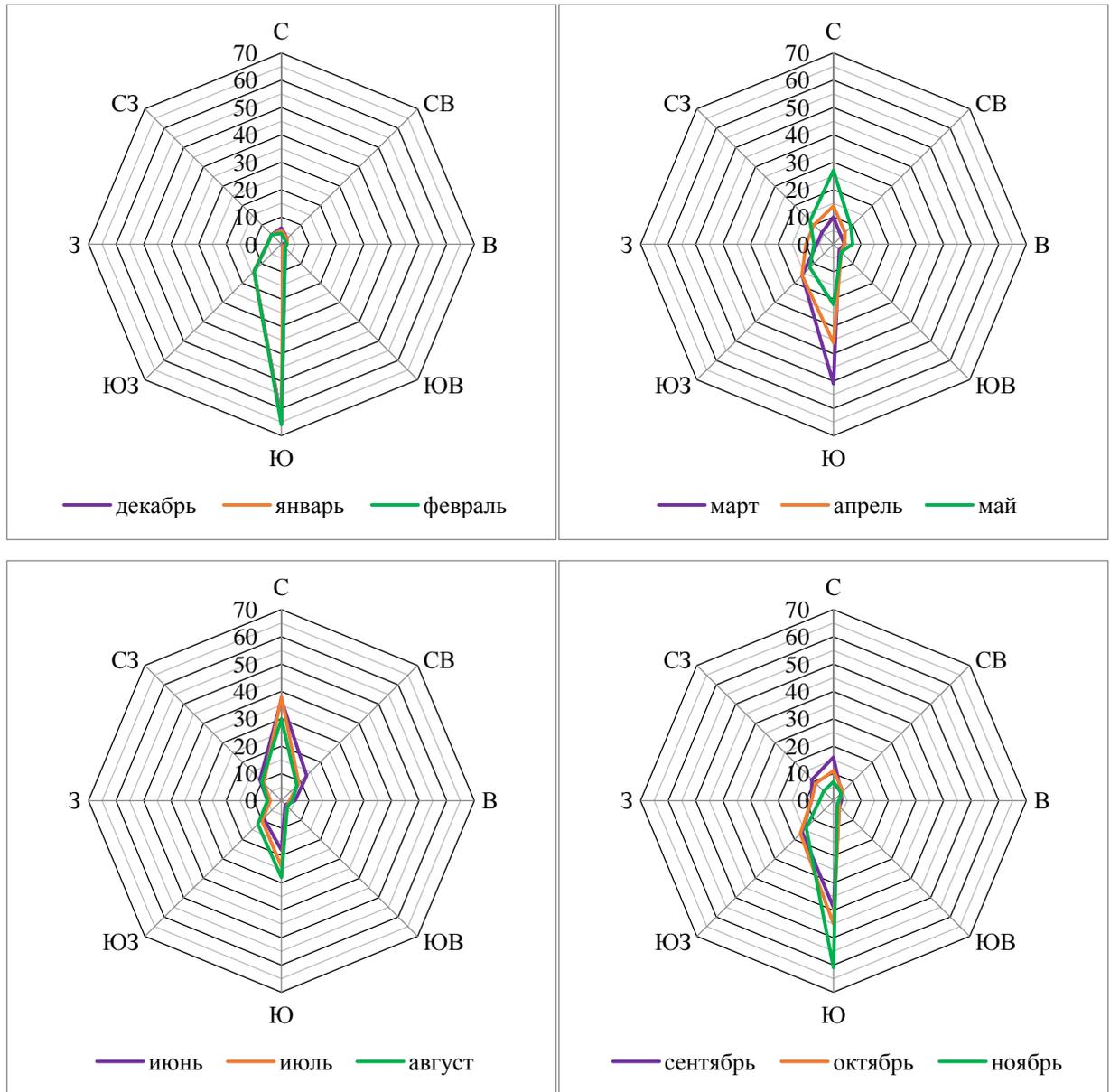


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

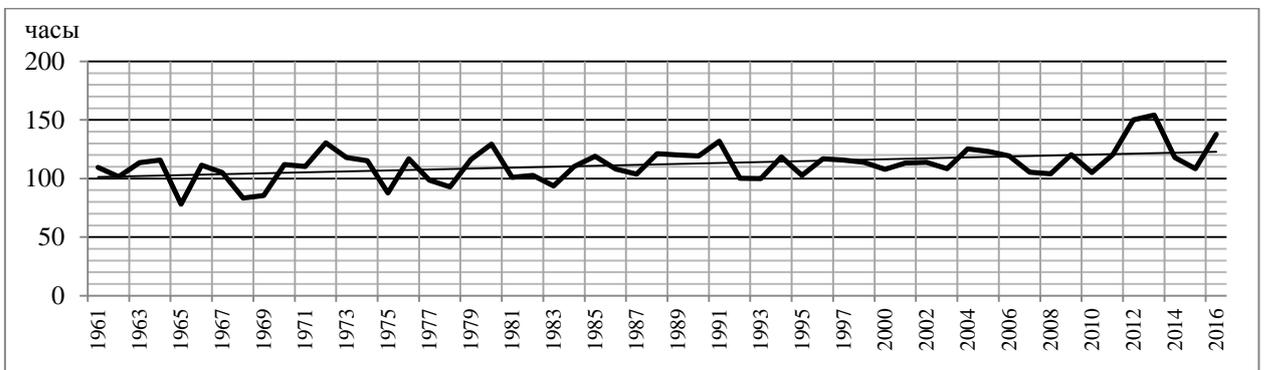


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1961 по 2016гг

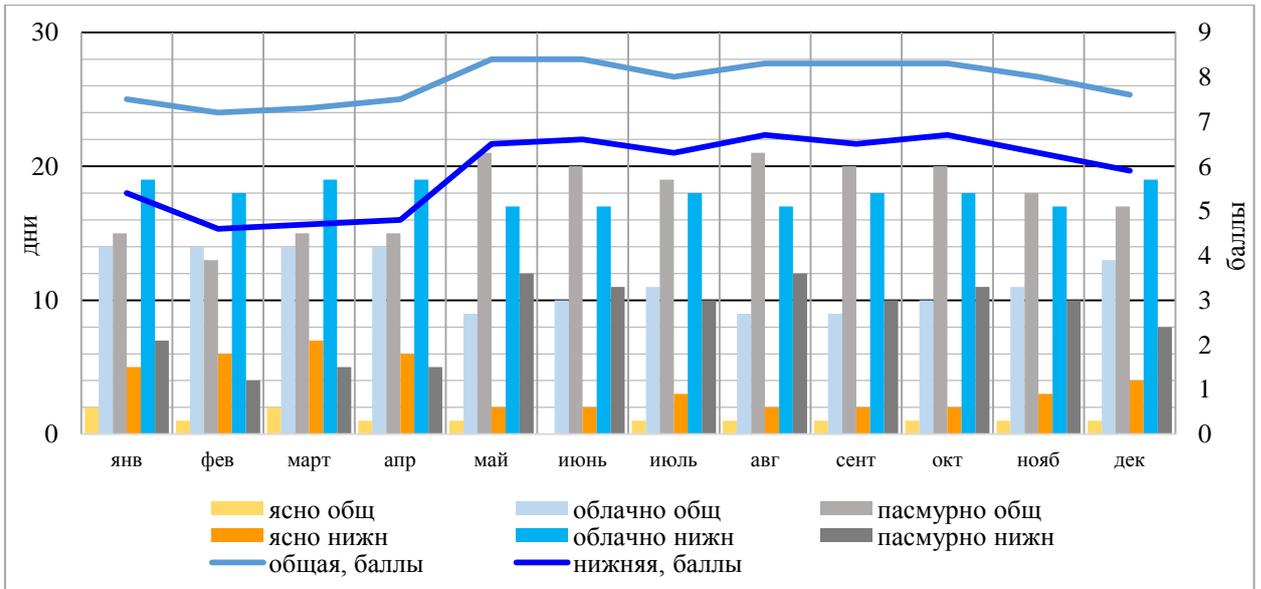


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

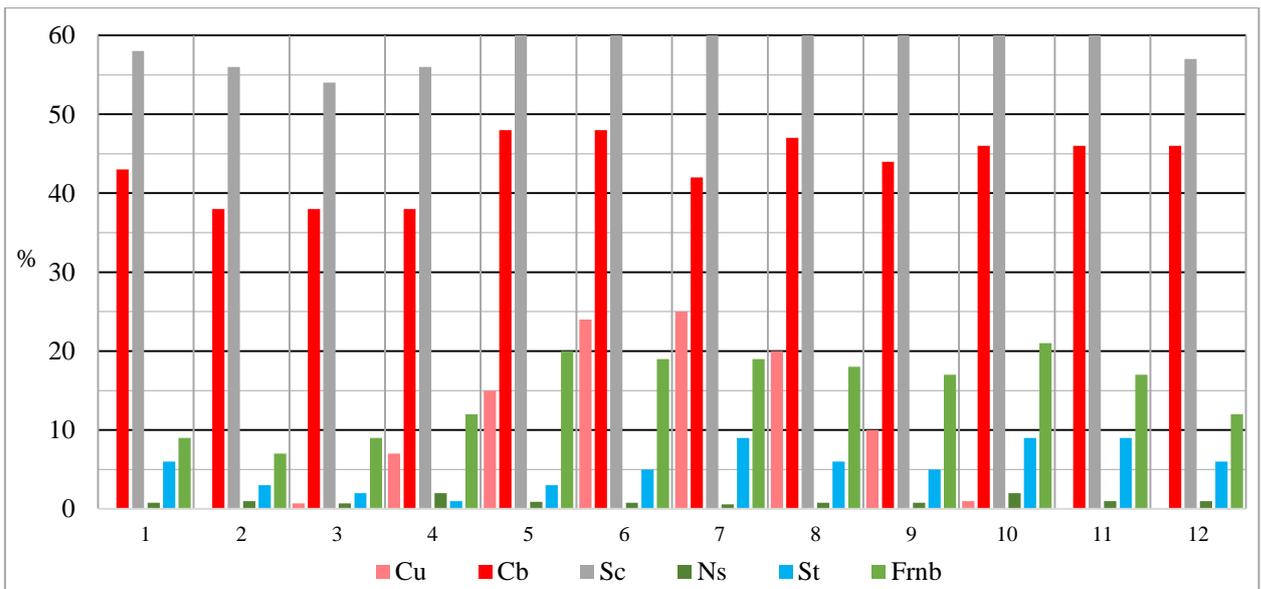


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Псков

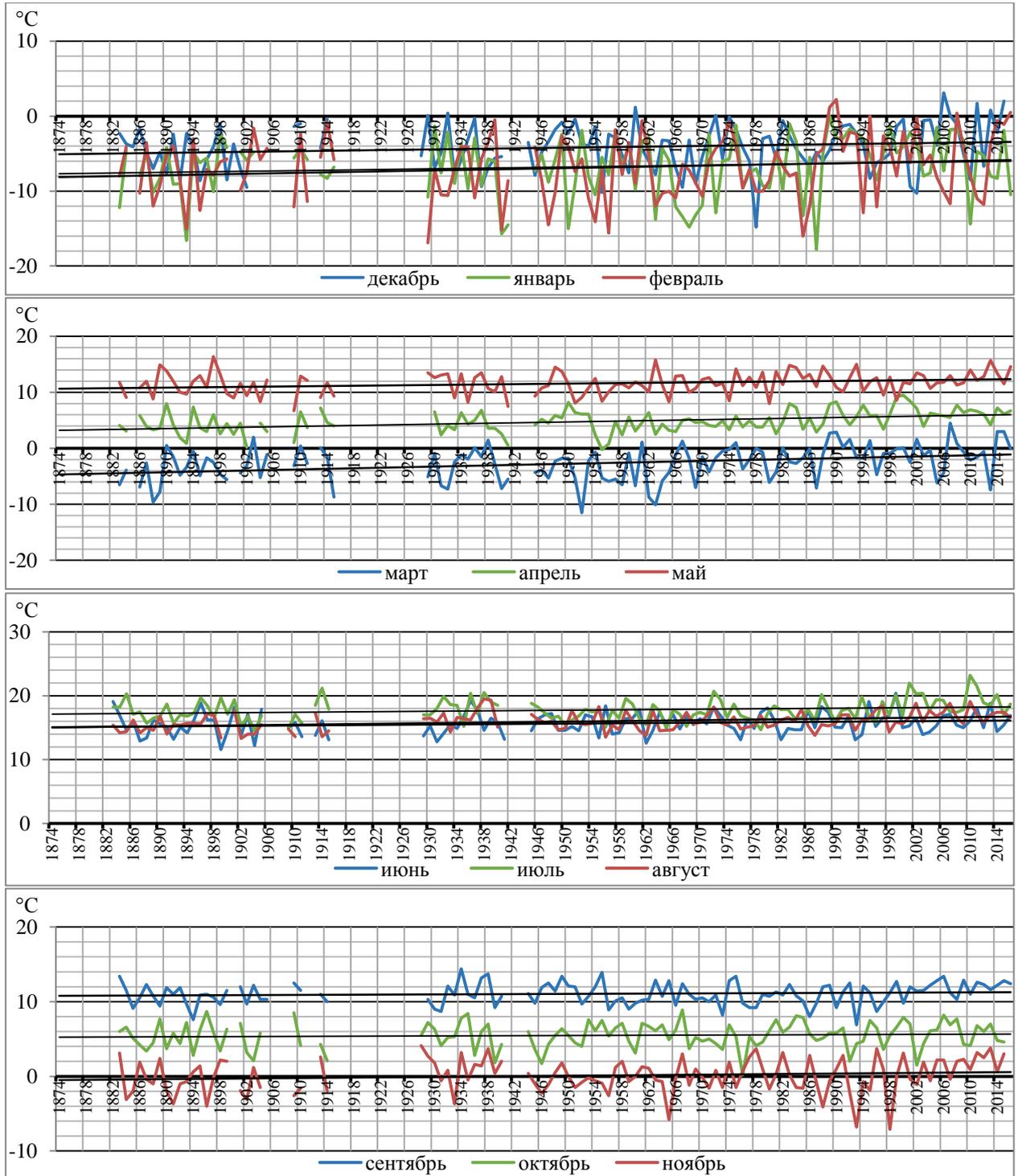


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1874 по 2015гг

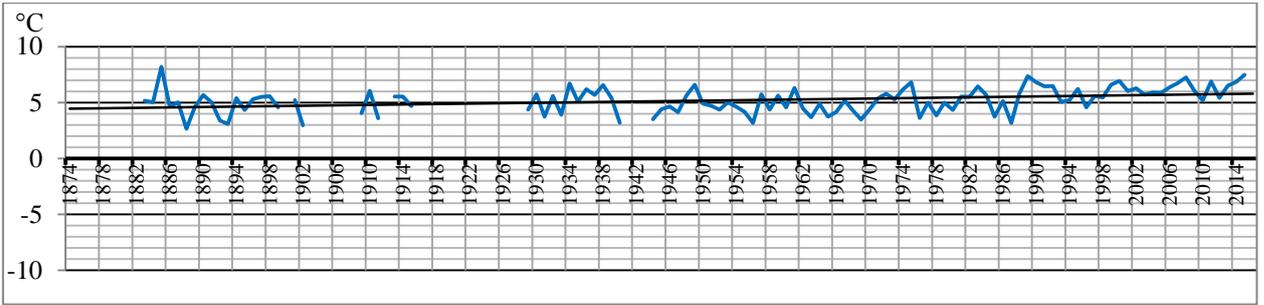


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1874 по 2015гг

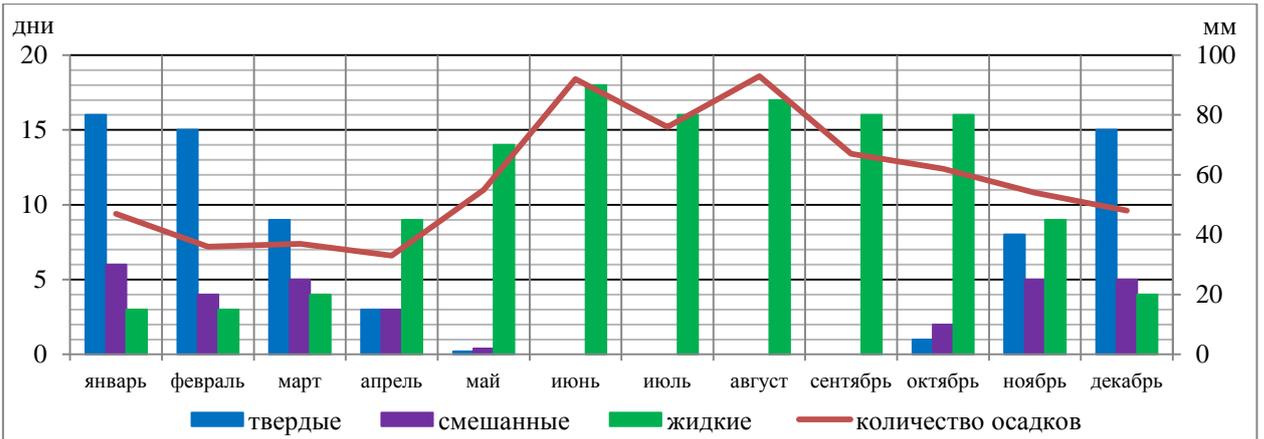


Рисунок 3 – Повторяемость осадков различных типов (дни) и среднее суммарное количество осадков (мм)

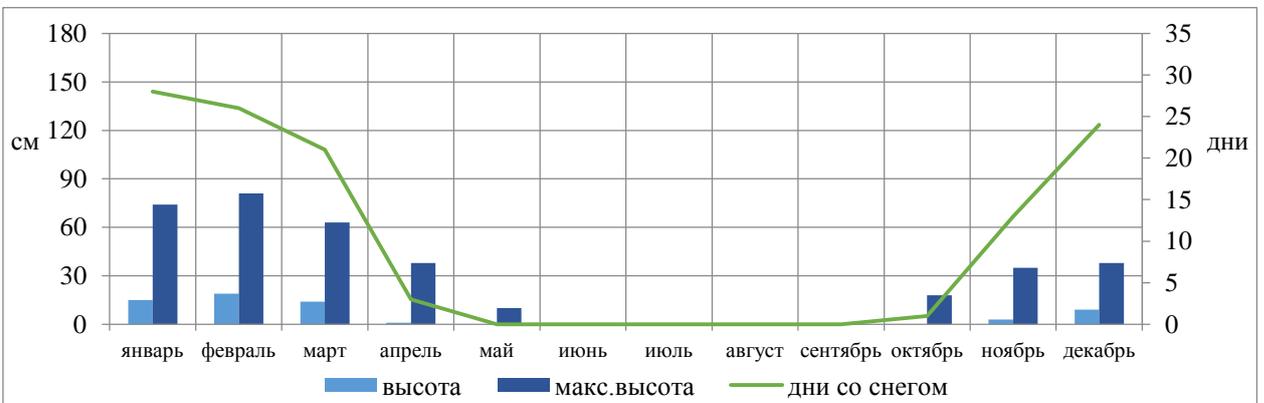


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

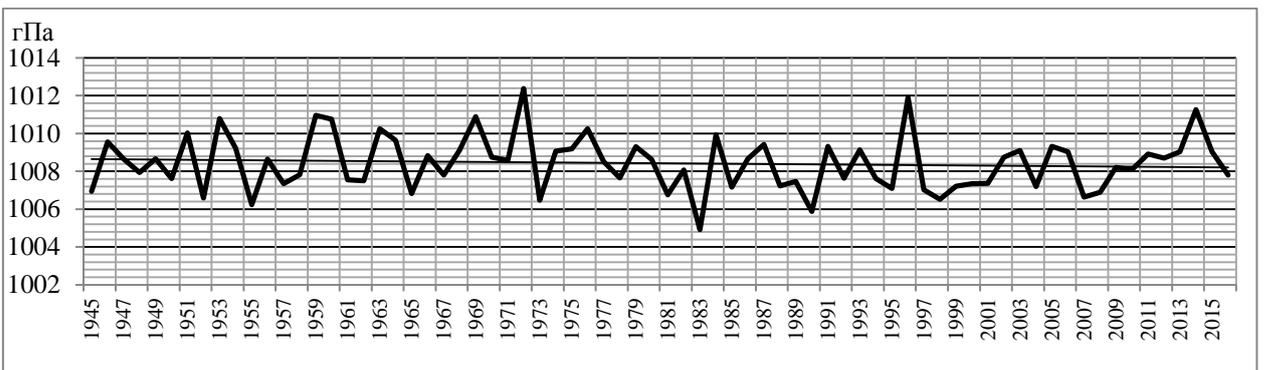


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1945 по 2016гг

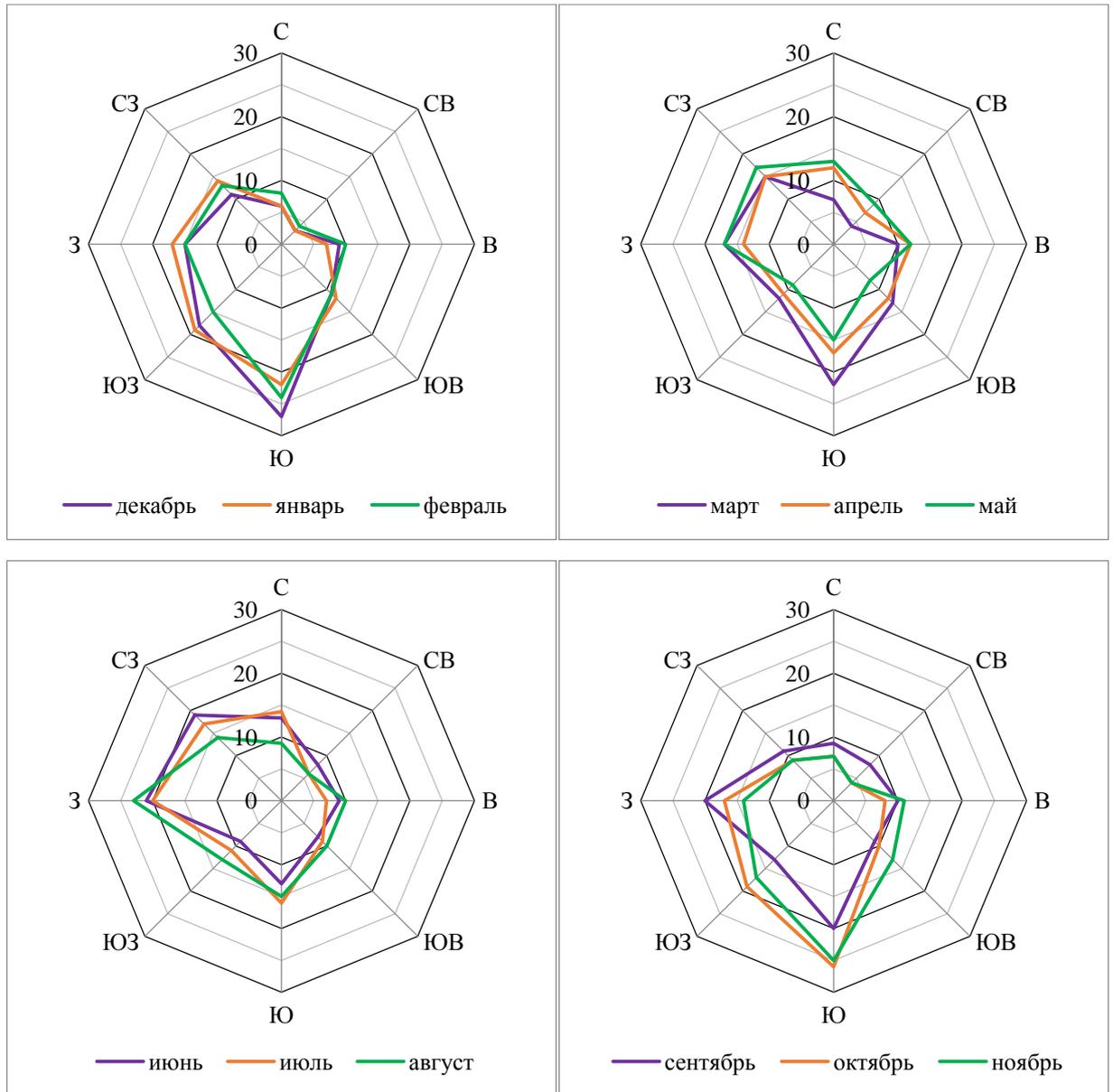


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

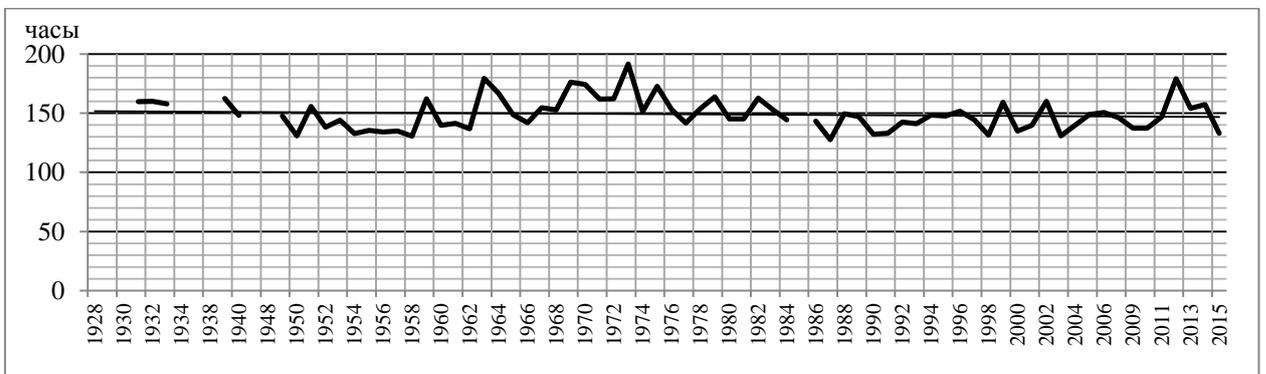


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1928 по 2015гг

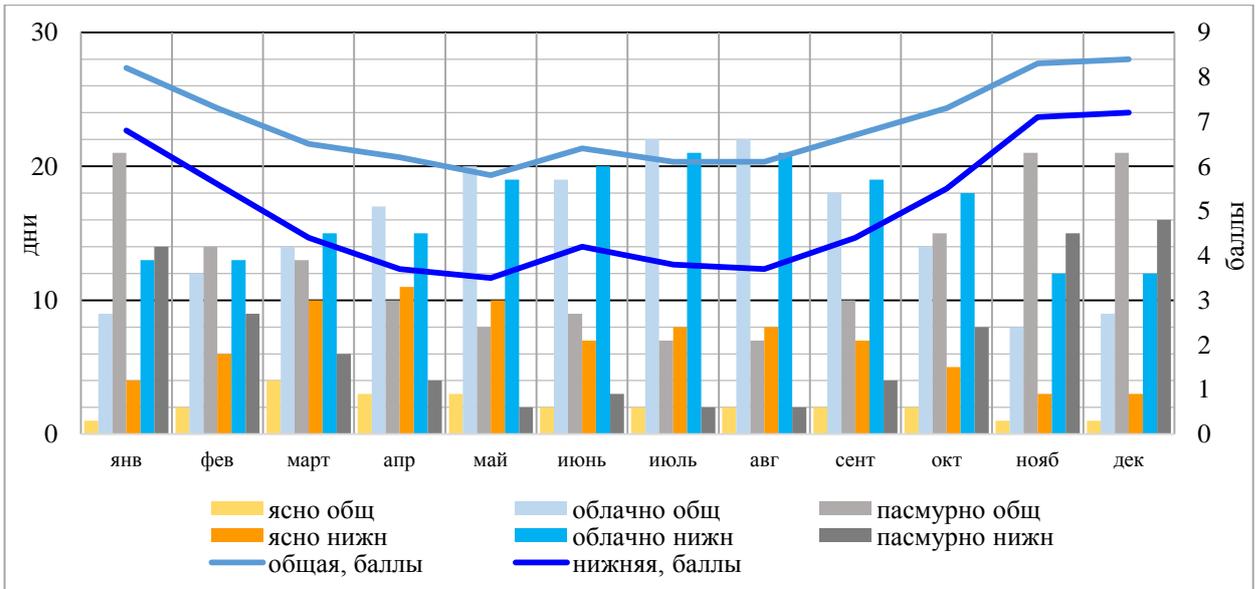


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

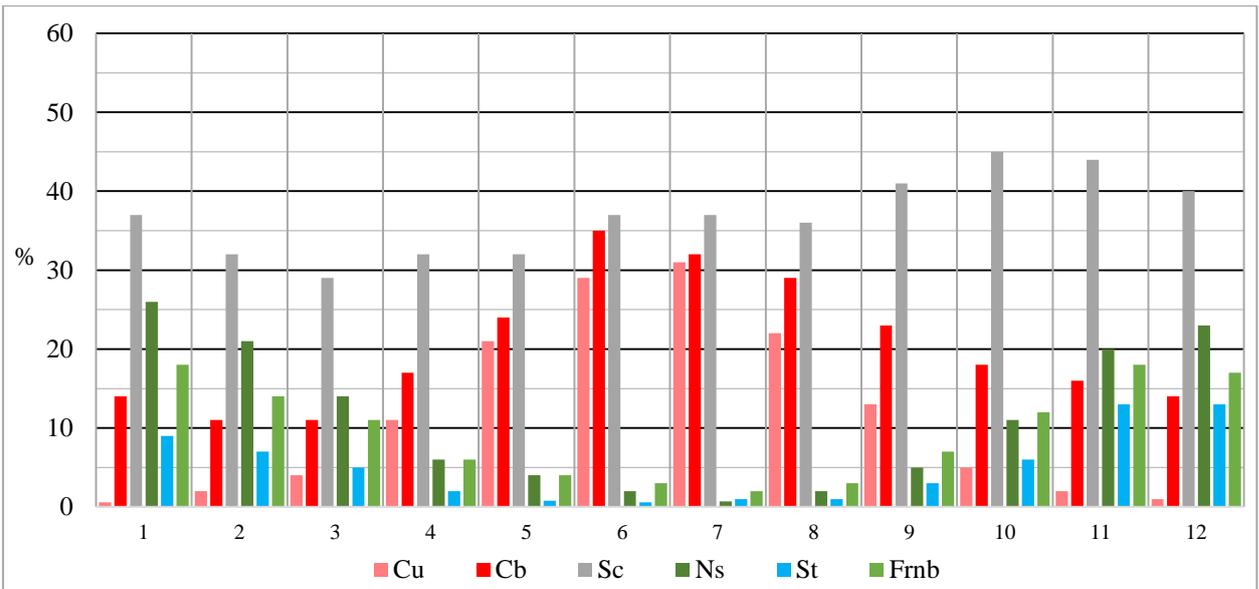


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Калининград

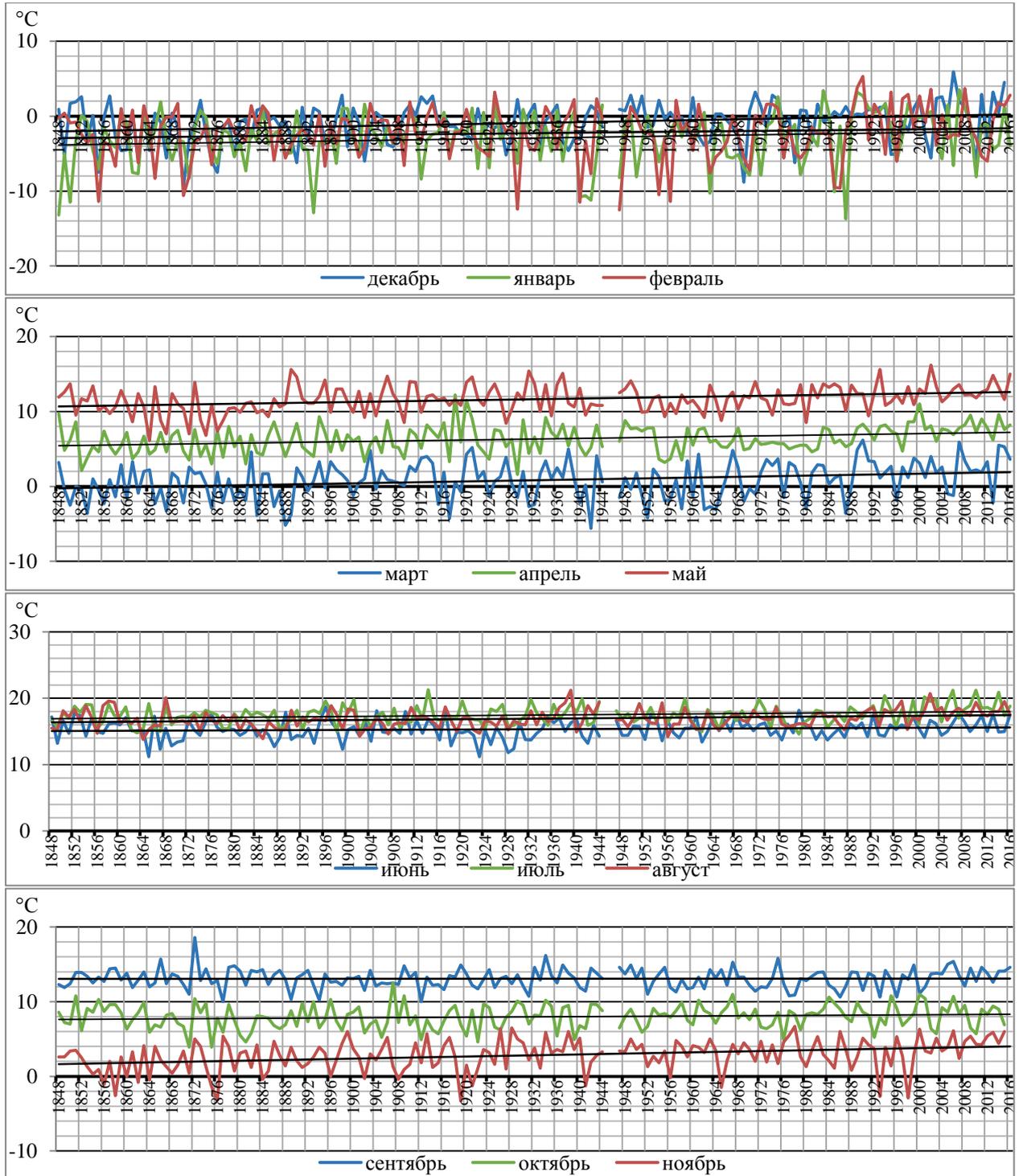


Рисунок 1 – Изменение среднемесячной температуры с 1848 по 2016гг

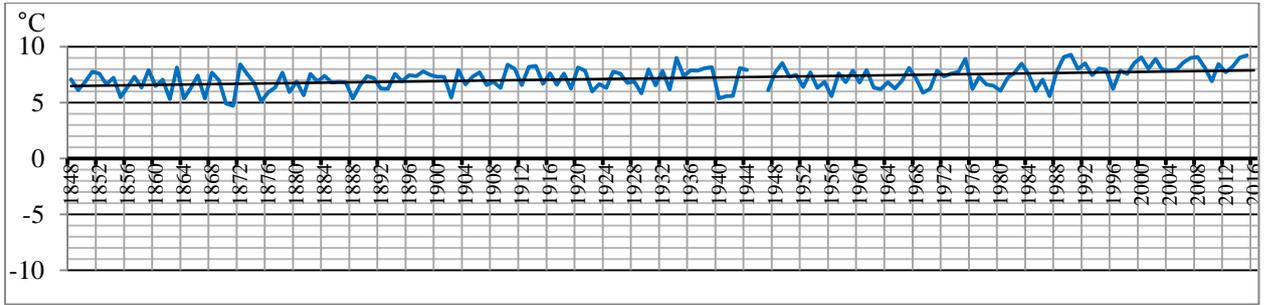


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой температуры с 1848 по 2016гг

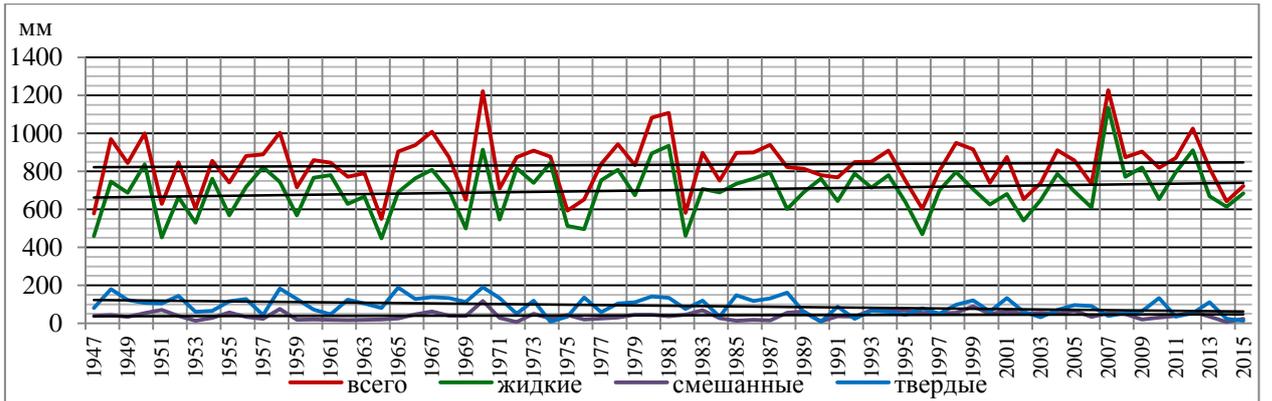


Рисунок 3 – Изменение количества осадков различного типа с 1947 по 2015гг

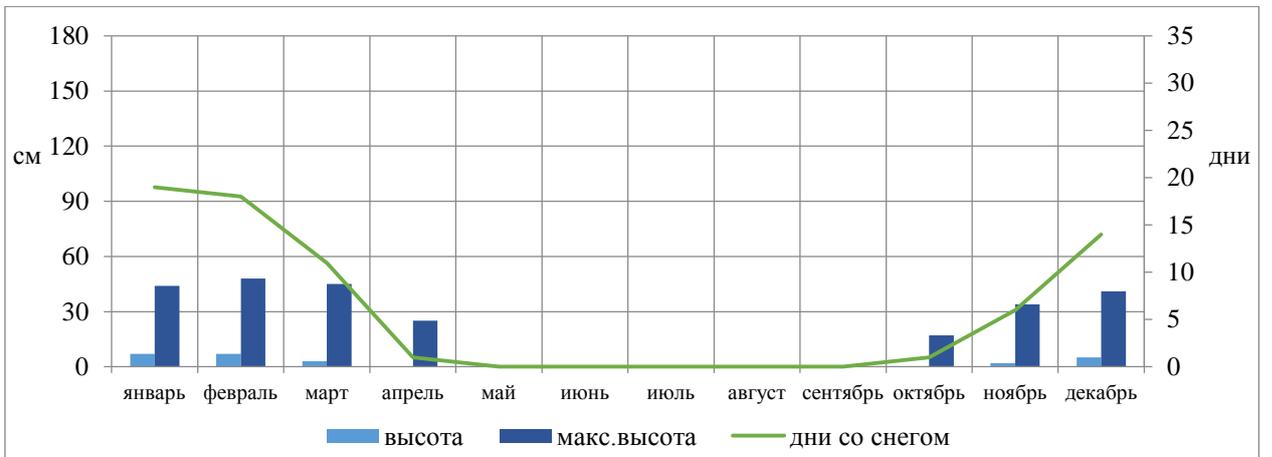


Рисунок 4 – Годовой ход высоты снежного покрова и дней со снегом

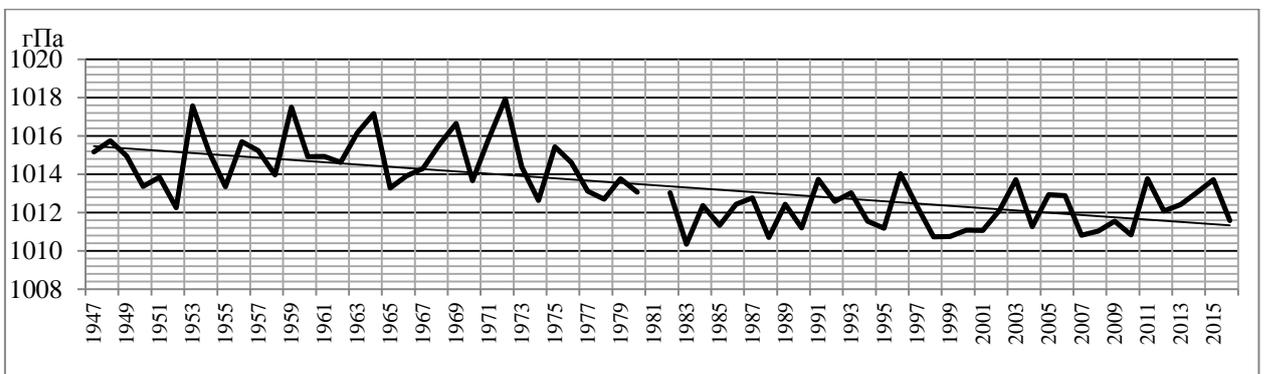


Рисунок 5 – Изменение среднегодового давления воздуха с 1936 по 2016гг

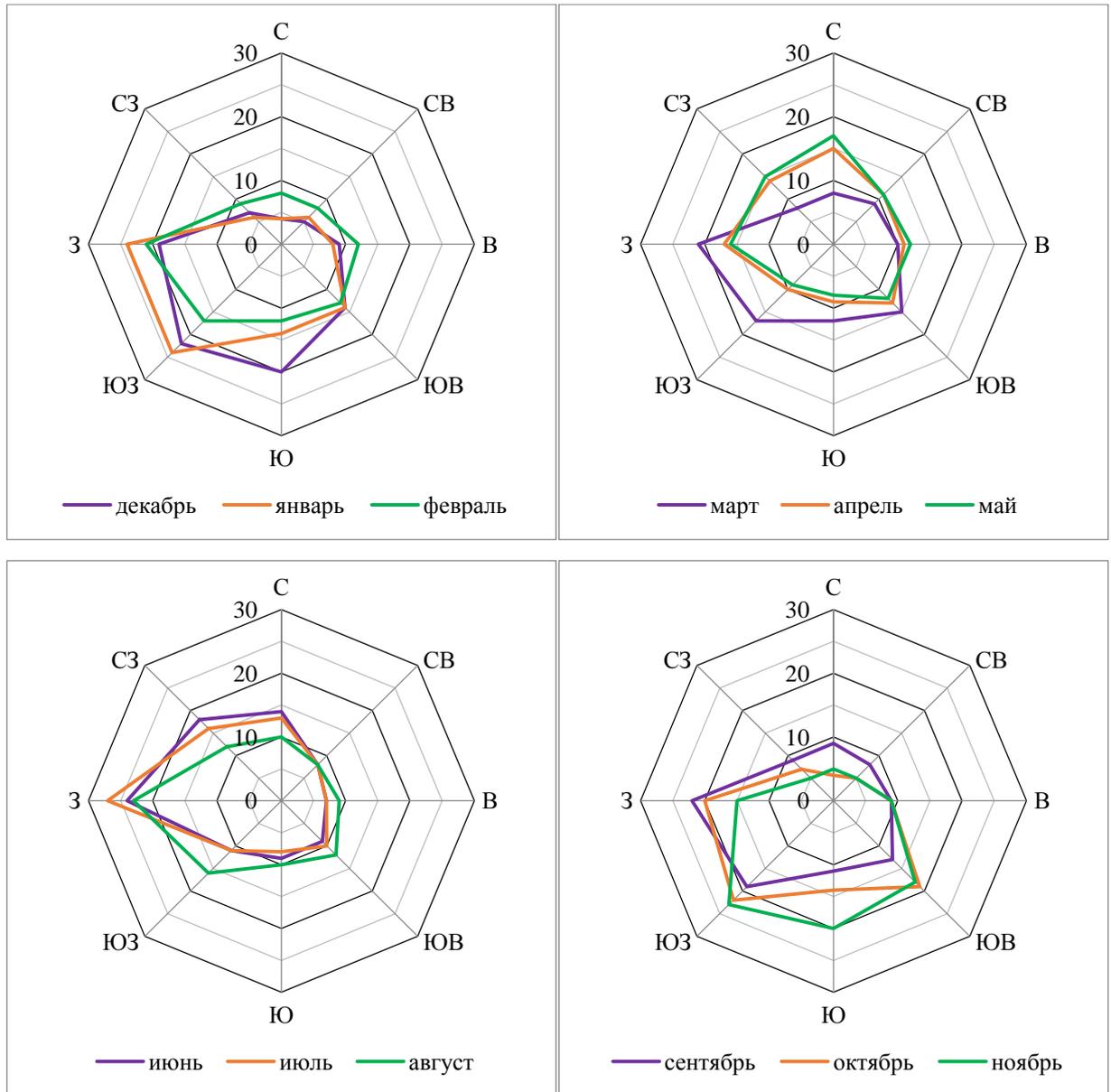


Рисунок 6 – Среднемесячная повторяемость направлений ветра

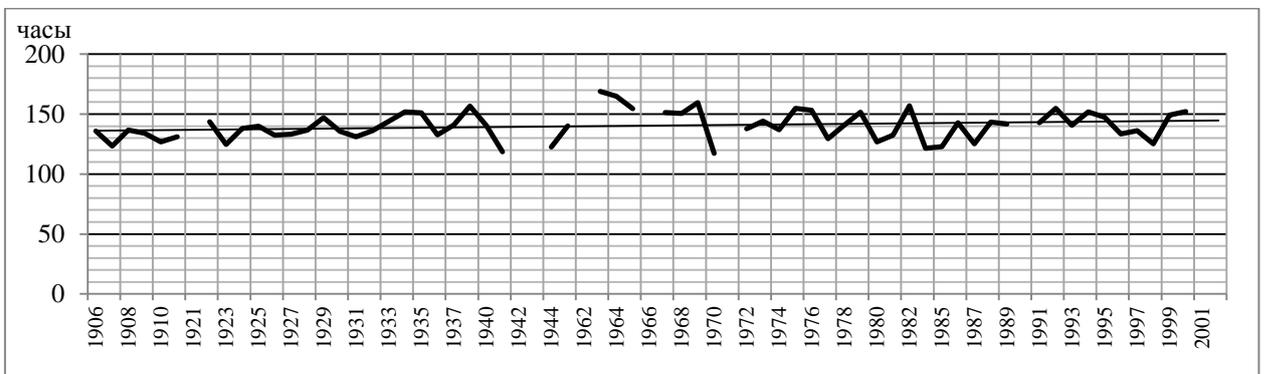


Рисунок 7 – Изменение среднегодового количества часов солнечного сияния с 1906 по 2000гг

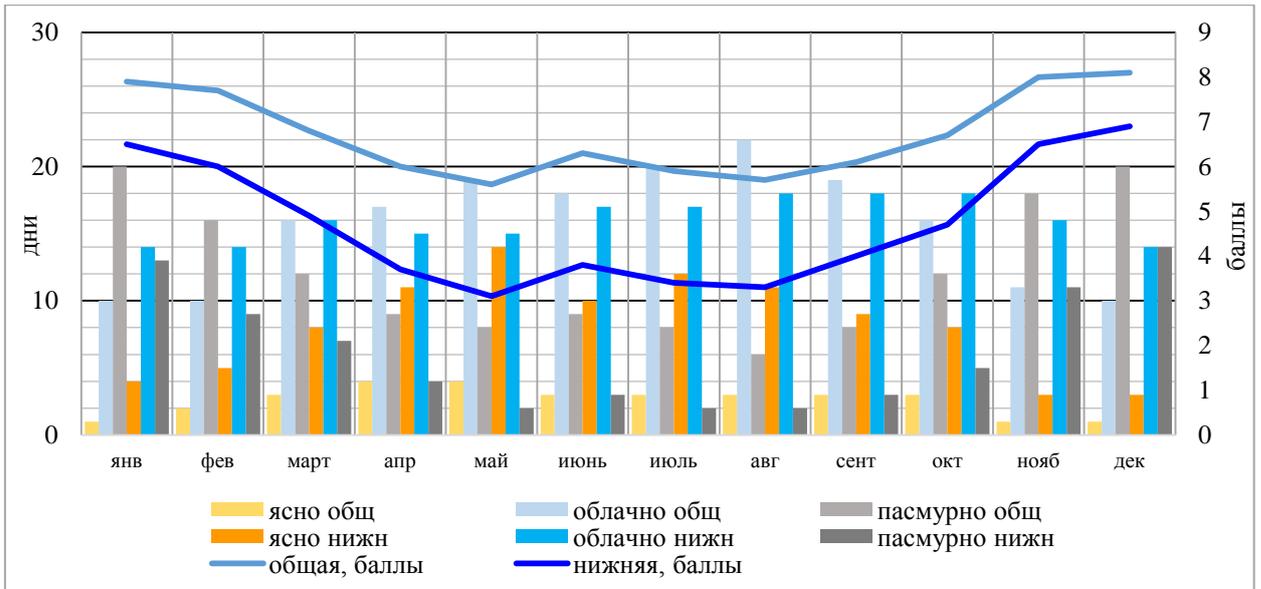


Рисунок 8 – Годовой ход количества облачности общей и нижнего яруса.
Повторяемость количества пасмурных, облачных и ясных дней

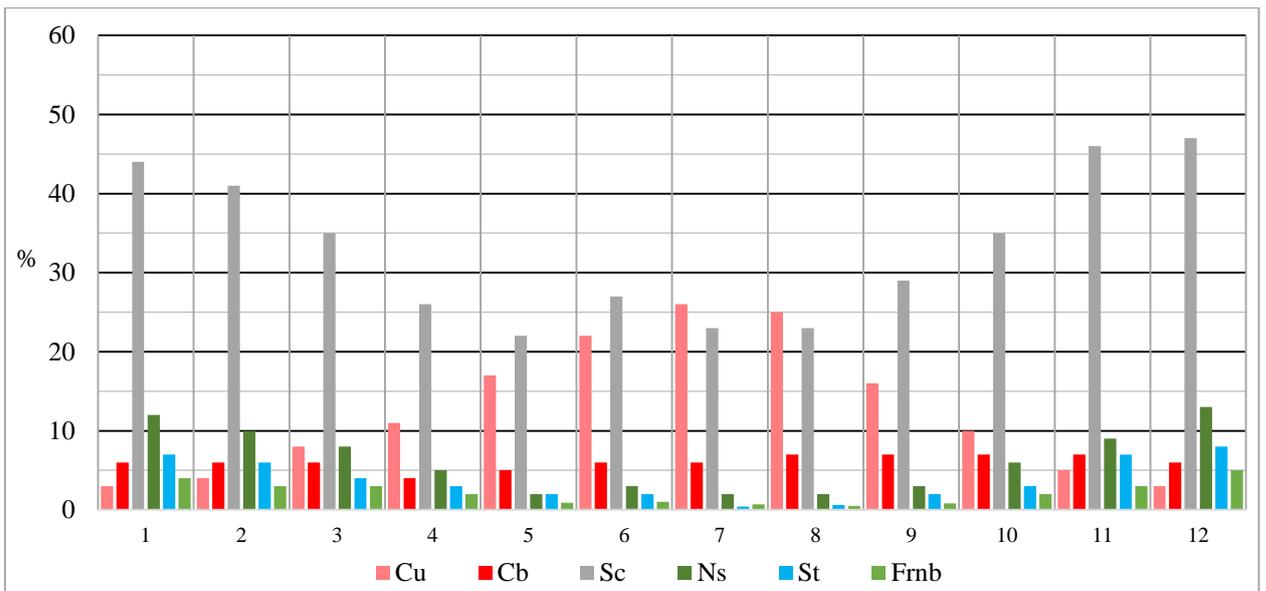


Рисунок 9 – Годовой ход повторяемости значимой для авиации форм облачности

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Изменение среднегодового значения повторяемости явлений погоды, наиболее значительно увеличившихся за период с 1977 по 2015 гг, %

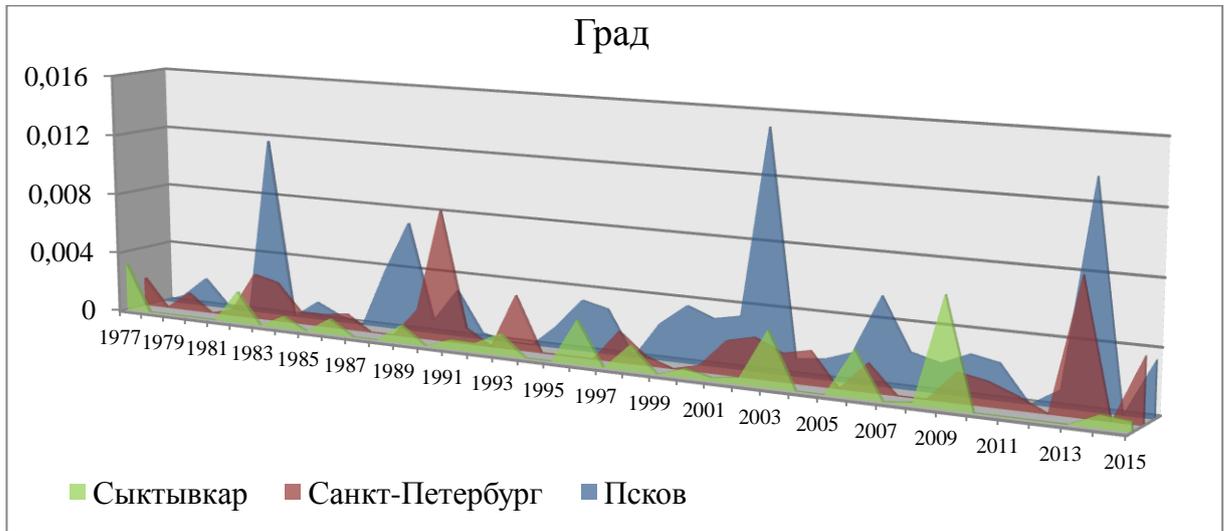


Рисунок 1 – Изменение среднегодового значения повторяемости града, %

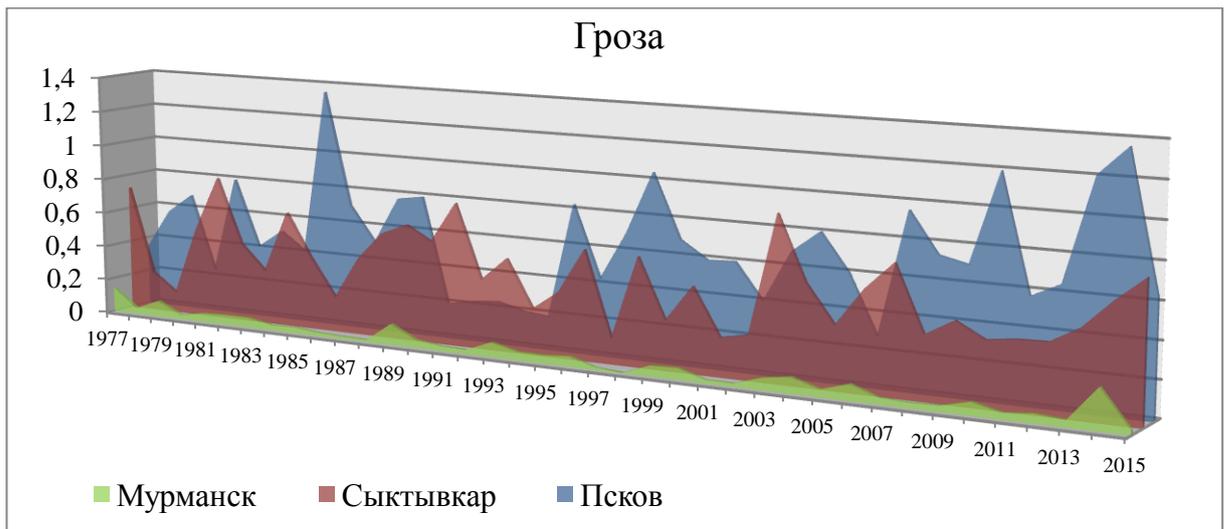


Рисунок 2 – Изменение среднегодового значения повторяемости грозы, %

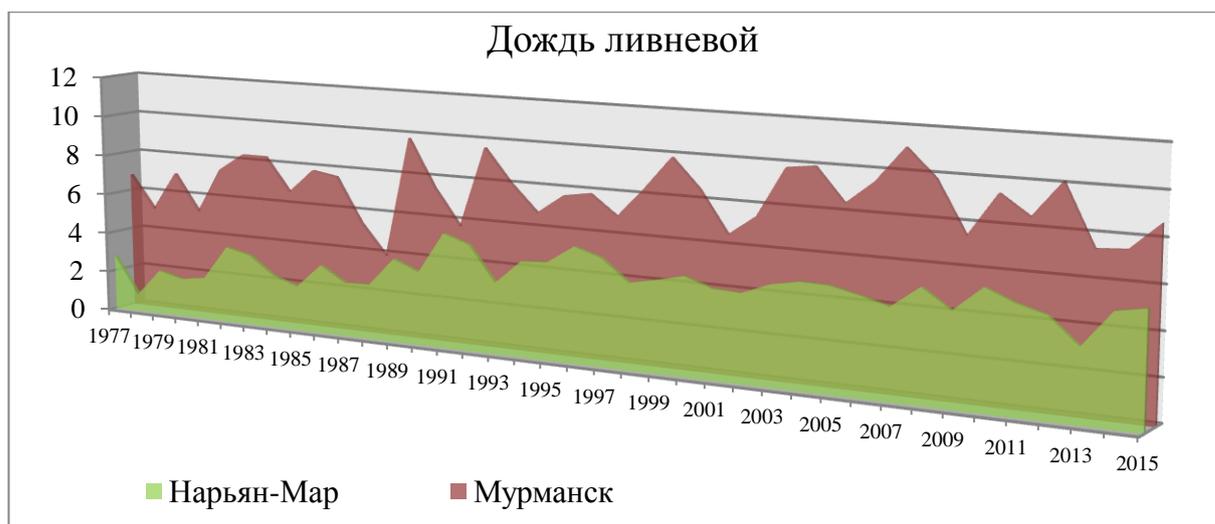


Рисунок 3 – Изменение среднегодового значения повторяемости ливневого дождя, %

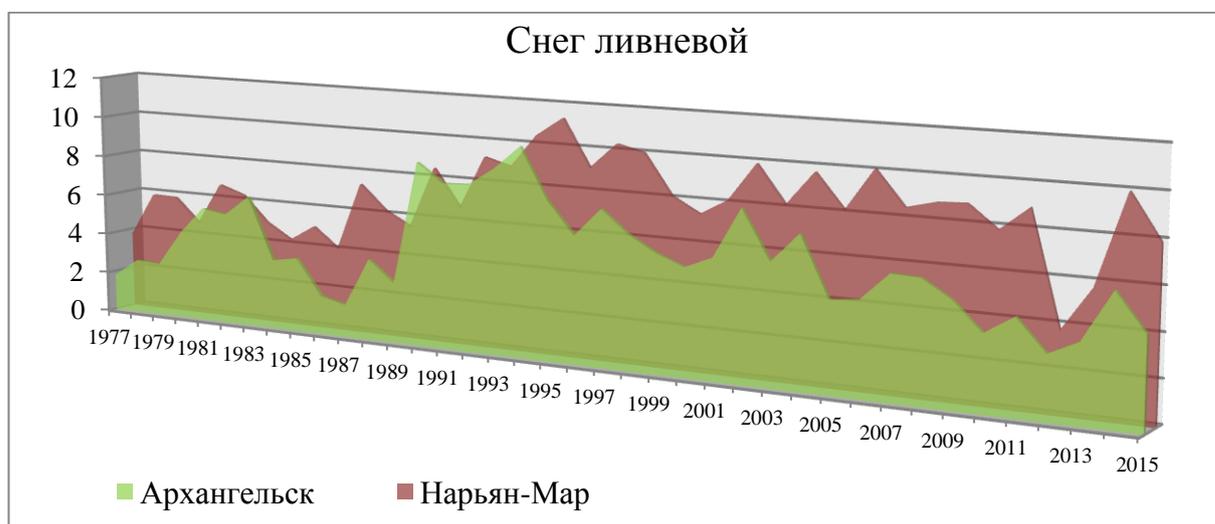


Рисунок 4 – Изменение среднегодового значения повторяемости ливневого снега, %

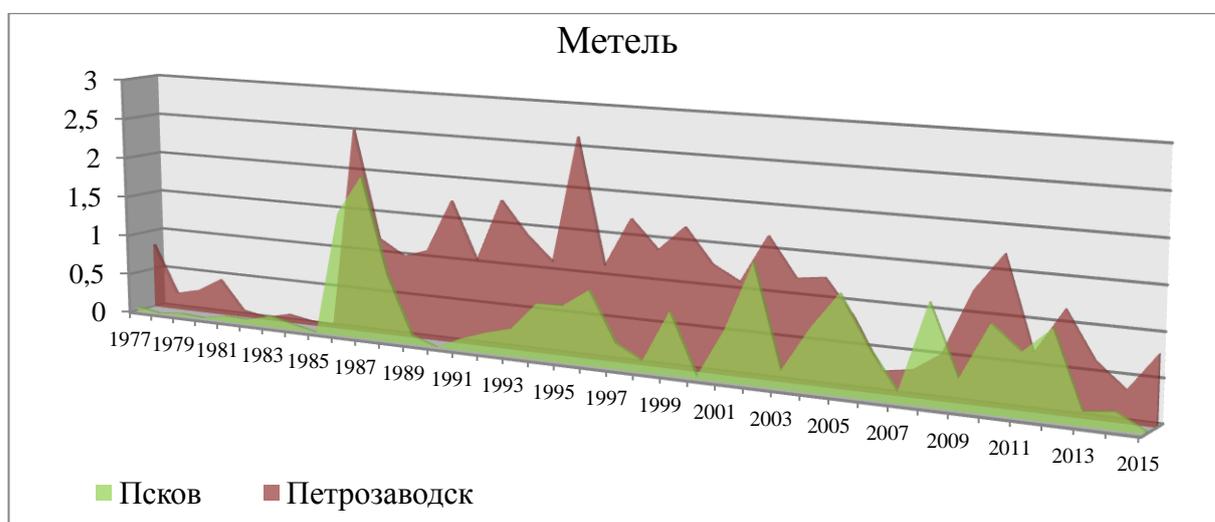


Рисунок 5 – Изменение среднегодового значения повторяемости метелей, %

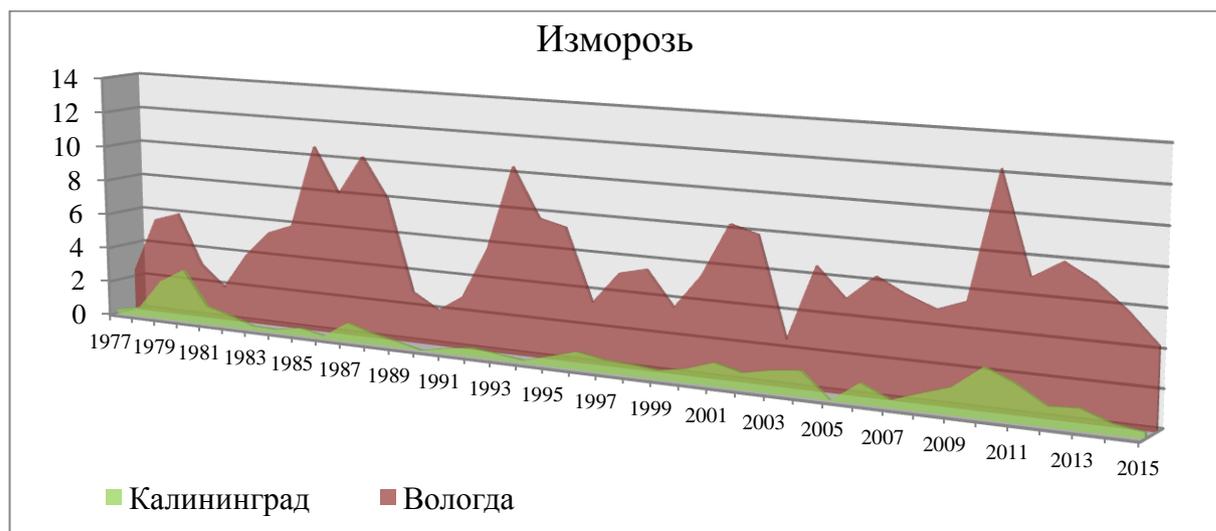


Рисунок 6 – Изменение среднегодового значения повторяемости изморози, %

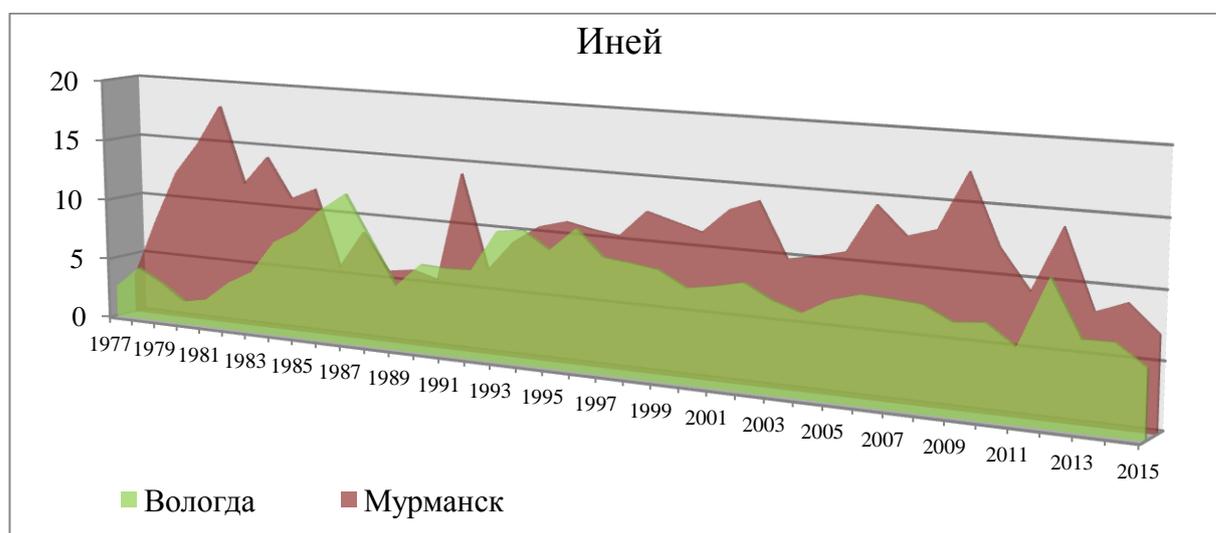


Рисунок 7 – Изменение среднегодового значения повторяемости инея, %

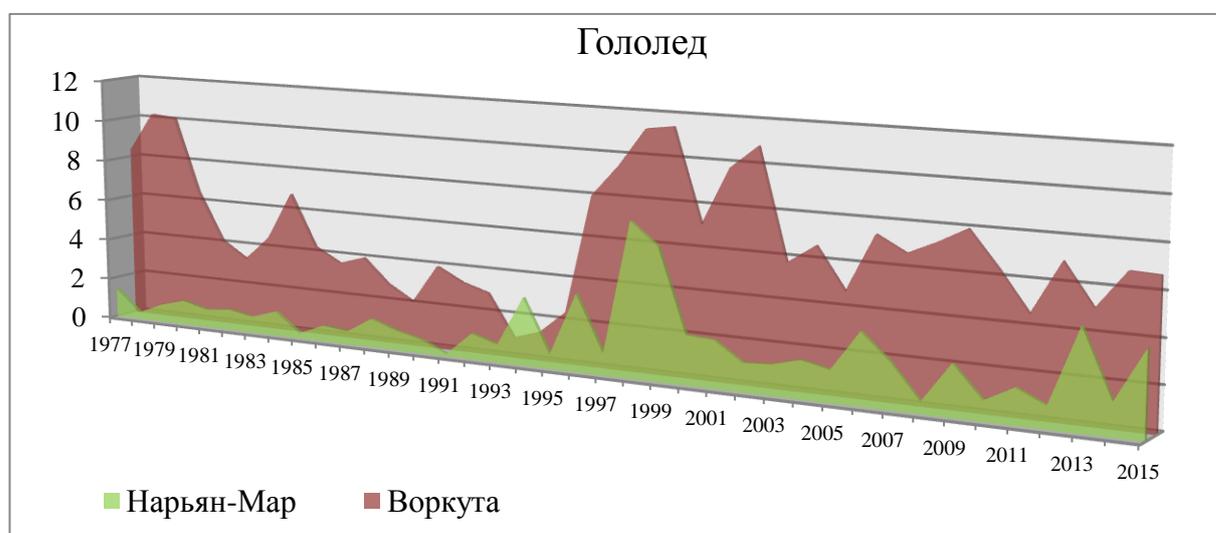


Рисунок 8 – Изменение среднегодового значения повторяемости гололеда, %