



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Изменчивость метеорологических параметров г. Мурманск»

Исполнитель **Кожина Наталья Игоревна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор физико-математических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

22 мая 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

	Стр
Введение.....	3
1 Метеорологическая характеристика района южного колена Кольского залива.....	5
1.1 Климат.....	5
1.2 Типы погоды.....	6
1.3 Температура и влажность воздуха.....	8
1.4 Ветры.....	9
1.5 Видимость.....	10
1.6 Облачность и осадки.....	10
1.7 Особые метеорологические явления.....	11
2 Краткое описание рельефа местности и климата г. Мурманск	12
2.1 Рельеф местности и растительность.....	12
2.2 Климат.....	13
3 Изменчивость метеорологических параметров г. Мурманск.....	20
3.1 Данные наблюдений.....	20
3.2 Проверка данных на однородность и стационарность.....	22
3.3 Статистический анализ.....	25
3.4 Анализ данных наблюдений. Построение и анализ графиков температуры воздуха.....	33
3.5 Анализ данных наблюдений. Построение и анализ графиков хода скорости ветра.....	35
3.6 Анализ данных наблюдений. Построение и анализ графиков хода средних значений атмосферного давления.....	40
Заключение.....	43
Список использованной литературы.....	45

Введение

Основная и актуальная проблема климата – это его глобальное изменение. Глобальное изменение климата уже дает наблюдаемые воздействия на окружающую среду: ледники тают, лед на реках и озерах раскалывается намного раньше, а растительные и животные диапазоны меняют свою среду обитания, смещаясь к северу.

Климатические изменения в Арктике происходят примерно в 1,5-2 раза быстрее, чем в других частях планеты. Только за последние десятилетия рост температуры в отдельных частях Арктики достиг 4°C. Это уже привело к стремительному таянию арктических льдов, к росту частоты и силы штормов, к увеличению риска разрушения берегов, сложенных многолетнемерзлыми породами. Так как значительная часть арктических территорий принадлежит нашей стране, именно мы должны быть намного более заинтересованы причиной и решением этой проблемы [13, 14].

Актуальность темы исследования обусловлена продолжающимся потеплением климата в Арктической зоне, ожидаемым уменьшением сложности ледового плавания по Северному Морскому пути. Также, изменяются многие ключевые параметры не только судоходства, но и всей экономики региона. Очень высока вероятность воздействия климатических изменений на береговую инфраструктуру морских транспортных систем.

Объектами исследования являются данные наблюдений за температурой воздуха, скоростью ветра и атмосферным давлением на метеостанции г. Мурманск.

Целью настоящей работы является исследование изменчивости метеопараметров в г. Мурманск

Для проведения исследования необходимо выполнить несколько задач:

- изучить географическое расположение г. Мурманск, а так же характерные метеорологические и климатические особенности района;
- рассмотреть особенности рельефа местности;
- собрать информацию по среднемесячным температурам воздуха и скоростям ветра по г. Мурманск;
- сформировать, подготовить для обработки базу данных для холодного периода года и привести данные к единому периоду наблюдений;
- провести анализ изменчивости метеоэлементов.

Так же в ходе работы на основе имеющихся данных будет проведено выявление и анализ современных климатических изменений в районе г. Мурманск.

Климат описываемого района формируется под влиянием общей циркуляции атмосферы над Баренцевым морем и прилегающими районами, а также теплого Северо-Атлантического течения.

Поступление теплого морского воздуха с Атлантического океана и холодного воздуха из центральной части Арктического бассейна обеспечивает большую изменчивость температурного и ветрового режимов.

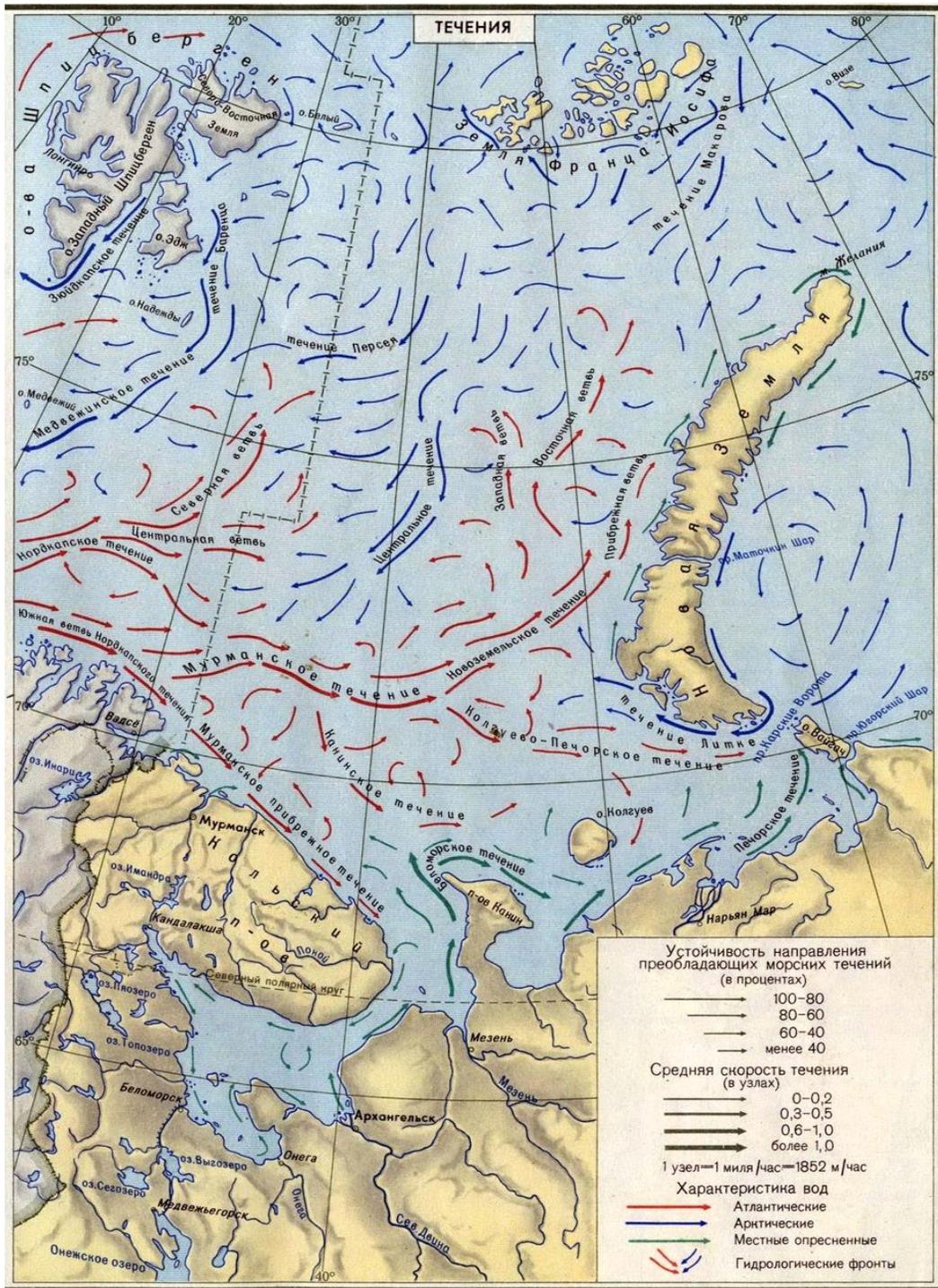
Циклоническая деятельность развита в течение всего года, но наиболее активна зимой, особенно в западной части района, где отмечаются штормовые ветры, сильные осадки в виде снежных зарядов и гололед.

Входящее в Баренцево море Нордкапское течение, являющееся ветвью Северо-Атлантического течения (рис. 1.2), обуславливает даже в суровые зимы незамерзаемость юго-западной части моря и в значительной мере смягчает климат. Кроме того, на климат отдельных частей описываемого района большое влияние оказывают местные физико-географические особенности побережья, такие, как рельеф, изрезанность береговой линии.

Так, на побережье глубоко вдающихся в сушу губ и заливов температура воздуха зимой значительно ниже, а летом выше, чем на открытом побережье моря; осадки летом выпадают реже, облачность менее устойчива [1].

1.2 Типы погоды

В описываемом районе отмечаются циклонические и антициклонические типы погоды. К циклоническим типам относятся юго-западный, юго-восточный, северный и неустойчивый, а к антициклоническим – слабоветренный, северо-восточный, западный и южный. Преобладающими являются неустойчивый тип погоды в течение всего года, юго-западный – с октября по апрель и слабоветренный – с мая по сентябрь.



Масштаб 1:10 000 000

Рисунок 1.2 – Течения Баренцева и Белого морей [9]

Юго-западный тип погоды наблюдается, когда циклоны приносят с Атлантического океана морской воздух. При быстром прохождении глубокого циклона в его передней части обычно отмечается усиленный перенос морского воздуха с юго-запада на северо-восток.

Юго-восточный тип погоды отмечается при поступлении в данный район континентального воздуха с юго-востока. Для этого типа погоды характерны восточные, юго-восточные и южные ветры, ливневые осадки и понижение температуры воздуха.

Северный тип погоды наблюдается при вторжении холодных масс воздуха их центральных районов Арктического бассейна.

Неустойчивый тип погоды обычно бывает при прохождении местных циклонов. Он характеризуется неустойчивыми по направлению ветрами и резкими колебаниями температуры воздуха.

Слабоветренный тип погоды обусловлен наличием над центральной частью Баренцева моря антициклона или гребня высокого давления.

Северо-восточный тип погоды отмечается при образовании заключительного антициклона после серии циклонов.

Западный тип погоды наблюдается, когда над описываемым районом располагается северная периферия антициклона, проходящего в умеренных широтах.

Южный тип погоды бывает при распространении на район Баренцева моря западной периферии антициклона, проходящего в умеренных широтах [14, 15].

1.3 Температура и влажность воздуха

Самыми холодными месяцами в западной части описываемого района являются январь и февраль. В это время средняя месячная температура воздуха в открытом море составляет $-4...-6$ °С, а на побережье $-6...-9$ °С (в глубоко

вдающихся в сушу заливах и губах до -11°C).

Самые теплые месяцы – июль и август, когда в западной части описываемого района средняя месячная температура воздуха составляет в открытом море $8 - 10^{\circ}\text{C}$, а на побережье $9 - 12^{\circ}\text{C}$. В любой из летних месяцев возможны заморозки.

Относительная влажность воздуха велика: в течение всего года она составляет 80-90%, лишь в районе порта Мурманск с апреля по июнь-июль не превышает 75%.

1.4 Ветры

Режим ветров в описываемом районе носит преимущественно муссонный характер. В открытом море с сентября по апрель преобладают ветры от Ю и ЮЗ. С мая по август наиболее часто отмечаются ветры от С, СВ и СЗ.

Режим ветров на побережье имеет существенные отличия вследствие местных особенностей рельефа, а также изрезанности береговой линии. С сентября по май преобладают ветры от Ю и ЮЗ. Кроме того в этот период часто наблюдаются ветры от З. С мая по август господствуют ветры от С и СВ, а также ветры от СЗ и от В.

Средняя месячная скорость ветра на побережье с сентября по май от 6 до 9 м/с (местами $10 - 12$ м/с), а с июня по август составляет $4 - 7$ м/с.

Повторяемость штилей невелика: менее 10% в течение всего года, но в вершинах заливов и губ в отдельные месяцы может достигать 30%.

Ветры со скоростью 15 м/с и более чаще наблюдаются в период с октября по март, менее часты в глубоко вдающихся в сушу заливах и губах.

Зимой штормовые ветры отмечаются преимущественно от ЮЗ, а летом – от СЗ. На Мурманском побережье в осенне-зимний период в тыловой части циклонов скорость северных ветров может достигать 40 м/с и более.

1.5 Видимость

В описываемом районе преобладает видимость более 10 миль. Видимость 1 миля и менее возможна в течение всего года.

Основными причинами ухудшения видимости являются туманы, низкая облачность, осадки и метели. Зимой в тыловой части циклонов часто наблюдаются снежные заряды – кратковременные, но интенсивные осадки в виде снега или снежной крупы, сопровождающиеся резким усилением ветра и ухудшением видимости практически до нуля.

Туманы в описываемом районе наблюдаются довольно часто. На побережье материка среднее годовое число дней с туманом увеличивается с запада на восток от 15 – 35 до 65 – 85. Густые туманы наиболее часты летом. Продолжительность туманов испарения в губах и заливах вдоль Мурманского берега может превышать 7 суток.

1.6 Облачность и осадки

Облачность в описываемом районе повсеместно составляет 7 – 9 баллов в течение всего года. На побережье материка среднее годовое число пасмурных дней колеблется от 180 до 220, среднее годовое число ясных дней не превышает 20. Преобладают слоисто-кучевые и слоистые облака.

Среднее годовое число дней с осадками более 0,1 мм и более на побережье изменяется от 180 до 220. Осадки выпадают в основном в виде дождя или снега, нередко снежные заряды. Снег возможен в любой месяц, но в июле и августе он наблюдается один раз за 15 – 20 лет.

Максимальное количество осадков отмечается: в теплое время года при прохождении циклонов, следующих с юга, а в холодное время – при прохождении циклонов с Атлантического океана.

1.7 Особые метеорологические явления

Грозы в описываемом районе бывают редко, в основном летом. Среднее годовое число дней с грозой составляет 2 – 6. Обычно грозы продолжаются менее 1 ч, но летом иногда длятся более 5 ч.

Метели в данном районе наблюдаются очень часто. Среднее годовое число дней с ними колеблется от 55 до 130. Чаще всего метели отмечаются с ноября по март: от 10 до 25 дней в среднем за месяц.

Рефракция и миражи довольно часто наблюдаются в данном районе. Они существенно искажают внешний вид наблюдаемых объектов. При рефракции отдаленные предметы могут быть видны с гораздо больших расстояний, чем в обычных условиях. Иногда под влиянием рефракции вид берега искажается настолько, что даже при хорошем знании местности его бывает трудно опознать. При миражах можно видеть несколько изображений одного и того же предмета, а также наблюдать изображения несуществующих предметов. Часто предметы кажутся увеличенными, приподнятыми или перевернутыми.

При рефракции искажения бывают более значительными, когда наблюдение ведется с небольшой высоты. Признаком наступления рефракции и миражей служат кажущееся дрожание горизонта и мгла.

Полярные сияния – нередкое явление в описываемом районе. Чаще всего они наблюдаются во время безлунной полярной ночи и продолжаются до 15 ч и более в сутки. При них увеличивается дальность видимости, резко очерчивается линия горизонта, как правило, отмечаются магнитные бури и помехи в радиосвязи. В годовом ходе максимум повторяемости полярных сияний отмечается в марте и октябре [1].

2 Краткое описание рельефа местности и климата города Мурманск

2.1 Рельеф местности и растительность

Мурманский берег Баренцева моря преимущественно высокий, западная его часть гористая, а восточная представляет собой возвышенную равнину, имеющую незначительный уклон к востоку. Горы высокие, лишенные растительности, сложенные из твердых скалистых пород. На отдельных участках берег крутой, обрывистый, гранитный и покрытый мхом.

Мурманский берег покрыт скудной тундровой растительностью; трава растет лишь в долинах и на южных склонах гор. В районе Кольского залива встречается кустарник [1].

Основные сведения о гидрометеорологической станции Мурманск приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Основные сведения о гидрометеорологической станции

Название ГМС	Координаты ГМС		Высота метеоплощадки над уровнем моря (м)
	широта	долгота	
Мурманск	68°58'	33°03'	57

Мурманск – самый крупный город, расположенный за Полярным кругом. Он находится на восточном побережье южного колена Кольского залива в 50 км от побережья Баренцева моря.

Порт Мурманск – самый северный из незамерзающих портов Российской Федерации, доступен для любых судов.

Город вытянут вдоль залива с севера на юг, находится в довольно узкой

прибрежной зоне, т.к. с востока к нему примыкает ряд сопок (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – г. Мурманск [8]

2.2 Климат

Климат любого региона в большой степени зависит от атмосферной циркуляции. В холодную часть года над Норвежским и Баренцевым морями увеличивается циклоническая деятельность. Преобладающие траектории перемещения циклонов в холодное время обуславливают вынос теплого влажного атлантического воздуха, что создает сравнительно высокий температурный фон зимой. Летом увеличивается повторяемость антициклонов.

Годовой ход атмосферного давления определяется преобладанием тех или иных атмосферных процессов и связанных с ними воздушных масс. Осенью и

зимой с увеличением повторяемости циклонов атмосферное давление понижается, летом повышается. Самое низкое среднемесячное давление приходится на декабрь, а самое высокое – на май. В зависимости от повторяемости и интенсивности циклонов и антициклонов среднее месячное давление может значительно колебаться в разные годы.

Характерной особенностью ветрового режима на Кольском полуострове является его муссонный характер, т.е. хорошо выраженная сезонная смена ветров преобладающих направлений. Зимой преобладают южные, юго-западные ветры с материка. Летом преобладают северные, северо-восточные ветры с Баренцева моря. Весной и осенью направление ветра менее устойчиво, но сохраняется преобладание ветров южного и юго-западного направлений (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Повторяемость направления ветра в Мурманске [11,12]

направл.	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
С	5	4	10	14	27	37	38	30	16	11	7	6
СВ	3	2	4	6	9	13	9	8	4	5	4	3
В	2	2	4	4	7	5	3	4	3	2	2	1
ЮВ	1	2	3	4	4	2	3	3	3	3	2	2
Ю	65	66	51	36	22	18	24	28	39	45	61	64
ЮЗ	14	14	16	16	12	9	10	12	16	17	14	14
З	5	5	6	10	7	5	4	5	8	8	5	5
СЗ	5	5	6	10	12	11	9	10	11	9	5	5
штиль	2	2	3	3	2	2	3	4	3	3	3	3

Средняя скорость ветра имеет хорошо выраженный годовой ход с максимумом в январе и минимумом в июле – августе. Увеличение штормового ветра происходит в зимние месяцы в период наибольшей повторяемости и интенсивности циклонических процессов. Однако от года к году число дней с

большими скоростями ветра может сильно варьировать, наиболее изменчиво оно в осенне-зимний период. Максимальная скорость ветра (порыв), зарегистрированная за весь период наблюдений, отмечалась в новогоднюю ночь на 1 января 1972 года и составила 42 м/с.

Температурный режим Мурманска кроме солнечной радиации в основном определяется преобладанием теплых воздушных масс из северных районов Атлантики зимой и прохладного воздуха с Баренцева моря летом. Это обуславливает сравнительно мягкую, хотя и продолжительную зиму, и сравнительно прохладное лето. Самые холодные месяцы в году – январь и февраль, самый теплый – июль (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Температура в Мурманске [11,12]

Климат Мурманска (норма 1991—2020 гг)

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °С	7,0	6,6	9,0	16,9	29,4	30,8	32,9	30,2	24,2	15,0	9,6	7,2	32,9
Средний максимум, °С	-6,5	-6,4	-1,9	2,9	8,4	13,8	17,7	15,3	10,7	3,6	-1,8	-4,1	4,3
Средняя температура, °С	-9,6	-9,3	-5,1	-0,3	4,6	9,4	13,2	11,5	7,6	1,6	-4	-6,8	1,1
Средний минимум, °С	-12,7	-12,3	-8,2	-3,3	1,5	5,9	9,6	8,3	5,1	-0,3	-6,2	-9,6	-1,9
Абсолютный минимум, °С	-39,4	-38,6	-32,6	-21,7	-10,4	-2,5	1,7	-2	-5,4	-21,2	-30,5	-35	-39,4

Климат Мурманска за последние 10 лет (2011—2020 гг)

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Средний максимум, °С	-8,9	-6,4	-1,4	3,2	9,7	13,9	18,1	15,7	11,6	3,4	-1,3	-4,6	4,4
Средняя температура, °С	-10,8	-8,4	-4,1	0,5	6,1	10,3	14,3	12,4	8,9	2,0	-2,6	-6,2	1,8
Средний минимум, °С	-12,7	-10,4	-6,9	-2,3	2,5	6,6	10,4	9,0	6,2	0,5	-3,9	-7,8	-0,7

Необходимо отметить, что в отдельные годы средние месячные температуры могут существенно отличаться от средних многолетних, а самым холодным и самым теплым может быть любой из зимних или летних месяцев. На фоне относительно теплой зимы возможны резкие похолодания, связанные с вторжениями холодного арктического воздуха. Морозные дни с температурой

воздуха равной и ниже – 25 °С возможны уже в ноябре. В январе и феврале такие морозы в среднем составляют 2 – 3 дня, в марте они отмечаются не ежегодно. Сильный мороз в Мурманске – обычно непродолжительное явление, но в отдельные годы возможны морозы на протяжении недели и более.

Летом возможны жаркие дни, но такая погода редко удерживается несколько суток. Жаркие дни с температурой выше 30 °С наблюдаются крайне редко, в августе такие дни не отмечались. Первые заморозки в Мурманске возможны в конце августа, но в среднем они наступают в третьей декаде сентября. Последние заморозки отмечаются в первых числах июня, но в отдельные годы возможны и позднее.

Мурманск относится к зоне повышенного увлажнения (табл. 2.4). С сентября по март средняя месячная относительная влажность воздуха превышает 80 %, достигая наибольших значений в ноябре-январе. Весной она значительно уменьшается, минимум относительной влажности приходится на июнь. Сухие дни с относительной влажностью не более 30% осенью и зимой не отмечаются, весной наблюдаются не ежегодно, а летом – 2–3 дня в июне-июле.

Таблица 2.4

Влажность в Мурманске [11]

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
84	83	80	73	72	70	75	79	80	83	86	85

В Мурманске преобладает облачная погода. Наименьшее количество облачности и наибольшее количество ясных дней отмечаются в марте.

В среднем за год в Мурманске выпадает 489 мм осадков. На теплый период (апрель-октябрь) приходится 68% всего выпавшего за год количества осадков (табл. 2.5). Наименьшее количество осадков отмечается в апреле, что

связано с малым влагосодержанием преобладающих воздушных масс. Наибольшие среднемесячные суммы осадков – в июле и в августе.

Таблица 2.5

Осадки в Мурманске [11]

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
январь	33.6	3 (1937)	71 (2020)	19 (1970)
февраль	24.1	2 (1969)	68 (2021)	13 (1947)
март	28.7	1 (1946)	53 (2000)	18 (2010)
апрель	28.8	6 (1956)	72 (2000)	15 (2020)
май	37.4	10 (2013)	74 (1944)	25 (2021)
июнь	55.5	3 (1997)	142 (1981)	45 (1984)
июль	65.6	11 (1942)	148 (1984)	49 (2007)
август	71.0	19 (1958)	195 (1974)	57 (1977)
сентябрь	54.4	19 (1993)	120 (1970)	33 (2007)
октябрь	55.9	10 (1938)	131 (2019)	23 (1963)
ноябрь	35.5	5 (1942)	103 (1973)	26 (1971)
декабрь	36.9	3 (1966)	113 (2016)	20 (2016)
год		257 (1942)	673 (2021)	57 (1977)

Первый снег в Мурманске выпадает уже в сентябре (табл. 2.6), но появляется снежный покров, в среднем, в середине октября при отрицательных средних суточных температурах воздуха.

Таблица 2.6

Снежный покров в Мурманске [11]

месяц	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	янв	фев	мар	апр	май	июн	год
число дней	0	0	0.3	11	26	31	31	28	31	25	6	0.2	189
высота (см)	0	0	0	3	11	19	26	28	30	19	2	0	
макс.выс. (см)	0	0	12	31	60	65	73	84	75	66	57	10	84

Устойчивый снежный покров образуется в конце октября – начале ноября. В холодные зимы устойчивый снежный покров может устанавливаться в начале октября, в аномально теплые – в декабре.

Метель является одним из явлений погоды, ухудшающих видимость, а продолжительные метели с сильным ветром и выпадением снега могут вызывать перебои в работе транспорта и работ на открытом воздухе. Метели возможны и в сентябре, но продолжительность их меньше часа и отмечаются они раз в 10 лет. Наибольшей активности метелевая деятельность достигает в январе – феврале.

Летом в Мурманске преобладают адвективные туманы, наиболее часто они наблюдаются в августе и сентябре. Осенью и весной – радиационные. При сильных морозах во время парения залива гидрометеорологическая станция временами закрывается туманом, т.к. она расположена на мысу восточного берега залива. Туманы испарения закрывают территории торгового и рыбного портов, понижают видимость над заливом до 1км и менее, тем самым, усложняя работу определенных служб и ведомств (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Туман в торговом порту

Грозы в Мурманске наблюдаются редко, в среднем около 6 дней за год. Возможны они в течение всего года, но наиболее часто отмечаются в июле, в среднем 2 – 3 дня с грозой. Летние грозы наиболее продолжительные. Зимой грозы отмечаются крайне редко и очень кратковременно. Чаще всего они наблюдаются при обильных снежных зарядах и сильном ветре. В отдельные годы число дней с грозой может изменяться от 1 до 15, причем, бывают годы, когда в любой из летних месяцев грозы отсутствуют.

В любом из месяцев холодного периода могут наблюдаться гололедно-изморозевые образования. Отложения гололеда в Мурманске чаще незначительны. Образуется он в основном при выпадении дождя, мороси или мокрого снега при слабом морозе. Изморозь наблюдается значительно чаще и дает более мощные отложения, чем гололед [14, 15].

3 Изменчивость метеорологических параметров г. Мурманск

Для решения поставленной задачи необходимо было выполнить следующие виды работ:

- собрать информацию по среднемесячным температурам воздуха и скоростям ветра по данным наблюдений ГМС г. Мурманск, которые охватывают период с 2016 по 2020 гг;
- сформировать базу данных среднемесячных температур воздуха и скоростей ветра для холодного периода года по г. Мурманск;
- осуществить оценку качества данных, их однородности и привести данные к единому периоду наблюдений;
- построить графики хода метеоэлементов и проанализировать полученные результаты.

3.1 Данные наблюдений

Основой для исследования послужили ежедневные средние данные наблюдений за температурой воздуха, скоростью ветра и атмосферным давлением. Фрагмент данных содержится на рисунке 3.1. Данные получены с ГМС Мурманск и состоят из 825 для каждого метеоэлемента.

По полученным данным была сформирована база (рис. 3.2) по каждому метеоэлементу с 2016 по 2020 гг (5 лет) за холодный период с ноября по март включительно (5 месяцев).

После формирования базы были получены среднемесячные значения, максимальные и минимальные значения всех названных метеоэлементов за исследуемый период (рис. 3.1 – 3.3).

2015-2016						
Наименование	Дата	ГОД	Месяц	T, °C	P, гПа	V, м/сек
Мурманск	01.11.2015	2015	11	1,8	992,8	6,3
Мурманск	02.11.2015	2015	11	5,2	980,6	7,3
Мурманск	03.11.2015	2015	11	3,4	990,4	5,6
Мурманск	04.11.2015	2015	11	1,7	992,0	4,4
Мурманск	05.11.2015	2015	11	0,9	1003,6	5,3
Мурманск	06.11.2015	2015	11	-2,1	1013,5	2,3
Мурманск	07.11.2015	2015	11	-5,9	1012,4	2,5
Мурманск	08.11.2015	2015	11	-1,0	1007,3	4,4
Мурманск	09.11.2015	2015	11	-1,5	1004,7	4,5

Рисунок 3.1 – Фрагмент данных наблюдений ГМС Мурманск, ноябрь 2015 г.

2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
T, °C				
1,8	1,1	-5,3	1,4	-18,3
5,2	0,8	-6,0	0,8	-7,8
3,4	-2,9	-2,6	0,3	-3,9
1,7	-5,7	1,9	1,1	-3,5
0,9	-6,9	0,3	3,5	-5,9
-2,1	-6,9	0,3	3,6	-6,0
-5,9	-8,9	2,0	1,5	-8,0
-1,0	-10,7	0,0	0,2	-10,9
-1,5	-7,8	0,8	-0,3	-12,9
-2,1	-3,9	2,8	-1,5	-20,3
-7,8	-0,1	1,7	0,3	-18,7

Рисунок 3.2 – Фрагмент данных наблюдений по температуре воздуха ГМС Мурманск, январь, за весь период наблюдений (2016 – 2020 гг.)

	T, °C	P, гПа	V, м/сек
среднее	-6,4	997,7	4,3
max	5,2	1034,5	9,6
min	-30,3	959,9	0,0

Рисунок 3.3 – Результат расчета средних значений за зимний период 2015-2016гг

Затем ряды температуры, скорости ветра и атмосферного давления были проверены на однородность и стационарность.

3.2 Проверка данных на однородность и стационарность

Задача оценки различий двух групп независимых наблюдений может решаться с использованием параметрических критериев статистики: либо критерия Стьюдента (t), если сравнение выборок ведется по средним значениям (X и Y), либо с использованием критерия Фишера (F), если сравнение выборок ведется по их дисперсиям.

Наши ряды наблюдений по температуре воздуха, скорости ветра и атмосферному давлению были проверены по обоим критериям.

Проверка гипотезы об однородности двух выборочных совокупностей F -критерием Фишера, то есть об отсутствии в рядах наблюдений систематических различий между результатами наблюдений за разные промежутки времени на протяжении исследуемого периода.[5]

Критерий Фишера позволяет сравнивать генеральные дисперсии двух независимых выборок. Нулевая гипотеза H_0 формулируется следующим образом: генеральные дисперсии двух выборок равны. Для этого вычисляется F -статистика, равная $F = D_1 / D_2$, где D_1 — большая дисперсия, D_2 — меньшая дисперсия.

Определить критическое значение критерия Фишера при заданном уровне значимости можно по одноименной статистической таблице (рис. 3.4).

Различают два вида рядов: стационарные и нестационарные.[5] Стационарные ряды — это такие ряды, в которых не содержится тренд (рис.3.5,а). В нестационарных рядах содержится тренд (рис.3.5,б).

	f_1										
f_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	245.95
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.20

Рисунок 3.4 – Значения критерия Фишера для уровня значимости $p = 0.05$
 f_1 – число степеней свободы большей дисперсии, f_2 – число степеней свободы
меньшей дисперсии

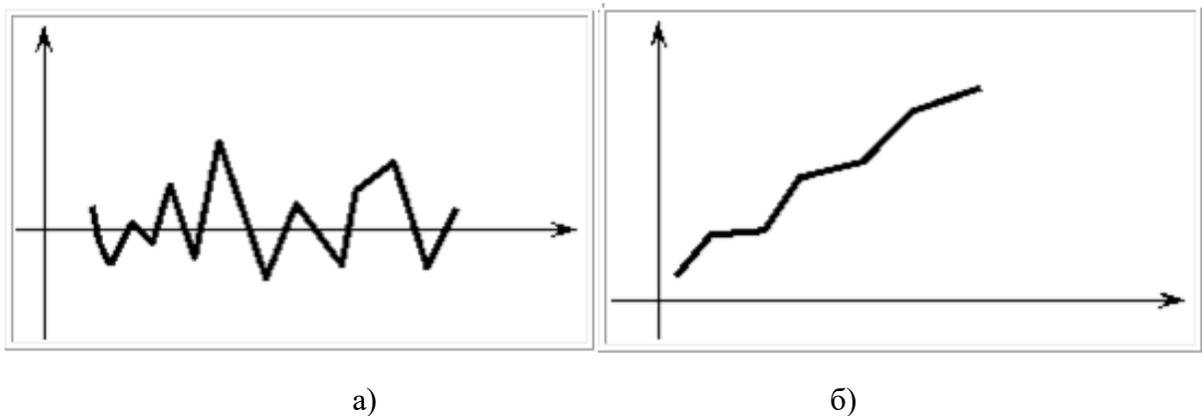


Рисунок 3.5 – Стационарный (а) и нестационарный (б) ряды

- Критерии однородности – это критерии проверки гипотез о том, что две (или более) выборки взяты из одного распределения вероятностей.[5]
- Мода, или типичность — значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто.[5]
- Медиана — это значение варьирующего признака, приходящееся на середину ряда, расположенного в порядке возрастания или убывания числовых значений признака, т.е. величина изучаемого признака, которая находится в середине упорядоченного вариационного ряда.

Критерий Стьюдента позволяет найти вероятность того, что оба средних значения в выборке относятся к одной и той же совокупности.[5]

Результаты оценки однородности и стационарности рядов среднемесячных температур воздуха, скоростей ветра и атмосферного давления по критериям Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст) сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Оценка однородности рядов наблюдений

Название метеостанции	Ф	Ст	Ф	Ст	Ф	Ст	Ф	Ст	Ф	Ст
Мурманск	ноябрь		декабрь		январь		февраль		март	
Температура воздуха, °С	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Скорость ветра, м/с	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Атмосферное Давление, гПа	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

В таблице 3.1 знаком «+» представлен вывод о принятии гипотезы однородности (отклонений гипотезы не наблюдалось). Принятые значения выбирались по наименьшему из критериев.

Результаты оценки однородности и стационарности по критериям Фишера и Стьюдента, показывают, что ряды среднемесячной температуры воздуха,

скорости ветра и атмосферного давления являются однородными и (поскольку во всех исследуемых рядах содержится тренд) нестационарными.

3.3 Статистический анализ

По данным наблюдений за 2016 – 2020 гг. проведем статистический анализ, рассмотрим средние и экстремальные значения температуры воздуха и скорости ветра за холодный период года (ноябрь – март).

Данные расчета для ноября за пятилетний период по температуре и скорости ветра показаны в таблице 3.2.

Хорошо видно, что в Мурманске наиболее холодным был ноябрь 2019 г. (где отмечено и наиболее низкое значение температуры за 5 лет – минус 20,3°C), а наиболее теплым ноябрь 2020 г с самой высокой минимальной температурой за период (в минус 6,2°C). Разница в средних значениях температур 2019 и 2020 гг. составила 6,3 градуса. Наиболее низкое максимальное значение так же наблюдалось в 2019 году, а наиболее высокое – годом ранее. Тогда как среднее значение температуры в 2016 и 2017 гг. близки друг к другу и к климатической норме.

А вот для скорости ветра – все наоборот: наиболее ветреным стал 2020 год (средняя скорость ветра 5,5 м/с), тогда как 2019 оказался наименее ветреным за весь период (средняя скорость ветра 3,3 м/с). Наиболее низкое значение в 0,6 м/с (как и наименьший порыв 6,5 м/с) так же отмечено в 2019, а наиболее высокое (2,3 м/с) – в 2020 (как и наибольший порыв за 5 лет – 9 м/с).

Данные расчета для ноября по температуре и скорости ветра

Температура	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее	-3,9	-3,8	-0,1	-6,4	0,2
Стандартная ошибка	0,7	1,0	0,6	1,1	0,5
Медиана	-3,4	-2,2	0,4	-5,7	0,1
Мода	-6,9	-6,0	0,8	-3,5	3,2
Стандартное отклонение	4,1	5,3	3,2	5,8	2,7
Дисперсия выборки	16,4	28,4	10,5	33,2	7,2
Экссесс	-1,4	0,1	3,3	0,3	-0,3
Асимметричность	-0,1	-1,0	-1,5	-0,9	-0,6
Интервал	13,1	18,7	15,1	21,6	10,2
Минимум	-10,7	-15,9	-10,9	-20,3	-6,2
Максимум	2,4	2,8	4,2	1,3	4,0
Сумма	-115,7	-113,1	-4,1	-193,0	5,0
Счет	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Ветер	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее	3,7	3,9	4,7	3,3	5,5
Стандартная ошибка	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Медиана	2,8	3,7	5,1	3,2	5,2
Мода	1,9	5,5	3,4	3,5	5,0
Стандартное отклонение	2,2	1,9	1,9	1,5	1,8
Дисперсия выборки	4,9	3,6	3,5	2,2	3,3
Экссесс	-0,5	-1,1	-0,8	-0,3	-0,9
Асимметричность	0,8	0,2	0,0	0,3	0,0
Интервал	8,0	6,4	7,0	5,9	6,7
Минимум	0,9	0,9	1,1	0,6	2,3
Максимум	8,9	7,3	8,1	6,5	9,0
Сумма	110,4	117,0	141,2	97,5	164,1
Счет	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0

Самым холодным за пять лет стал декабрь 2017 года (табл. 3.3) со средней температурой $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а самым теплым и наименее ветреным – декабрь 2019 (средняя температура минус $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя скорость ветра $3,8\text{ м/с}$). Абсолютный минимум в $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ виден в 2020 году, а абсолютный максимум в 2016 ($2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Наиболее сильный порыв станция зафиксировала в 2019 году ($9,6$

м/с).

Таблица 3.3

Данные расчета для декабря по температуре и скорости ветра

Температура	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее	-4,9	-8,0	-5,4	-4,5	-5,4
Стандартная ошибка	0,9	1,1	0,7	0,6	1,1
Медиана	-3,7	-6,4	-4,6	-4,7	-3,8
Мода		-4,2	-3,0	-8,5	-1,4
Стандартное отклонение	4,8	6,0	3,8	3,1	5,9
Дисперсия выборки	23,0	35,9	14,5	9,7	34,4
Эксцесс	0,9	-0,7	0,6	-0,8	3,4
Асимметричность	-1,0	-0,7	-0,3	-0,2	-1,8
Интервал	20,3	19,7	17,6	11,2	25,8
Минимум	-18,0	-20,1	-13,9	-10,8	-25,0
Максимум	2,3	-0,4	3,7	0,4	0,8
Сумма	-151,5	-247,4	-167,7	-138,4	-167,6
Счет	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
Ветер	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее	4,3	4,1	5,1	3,8	4,0
Стандартная ошибка	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Медиана	4,5	4,1	5,4	3,3	4,0
Мода	1,6	5,1	3,8	4,9	5,9
Стандартное отклонение	1,6	1,7	1,7	2,1	1,9
Дисперсия выборки	2,6	2,8	3,0	4,5	3,5
Эксцесс	-0,7	-0,2	-0,5	0,9	-0,2
Асимметричность	0,2	0,4	-0,4	1,0	0,5
Интервал	6,0	6,6	6,7	8,5	7,6
Минимум	1,6	1,4	1,4	1,1	0,9
Максимум	7,6	8,0	8,1	9,6	8,5
Сумма	133,8	125,8	156,7	119,2	124,0
Счет	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0

Самый ветреный январь со средней скоростью ветра 5,7 м/с и, одновременно, самый теплый (-7,9 °С) был в 2017 году (табл. 3.4). А самый холодный – в 2016, со средней температурой -16,5°С. Разница между самым

холодным и самым теплым январем достигла 8,6 градусов. Так же в январе 2017 г. отмечены самый большой порыв ветра (10,6 м/с) и наиболее высокое значение температуры (+1,2 °С).

Таблица 3.4

Данные расчета для января по температуре и скорости ветра

	Температура	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее		-16,5	-7,9	-9,4	-12,2	-8,7
Стандартная ошибка		1,4	1,2	1,0	1,1	1,2
Медиана		-16,3	-6,0	-8,3	-12,3	-7,1
Мода		-15,6	-2,7	-2,3	-19,9	-7,8
Стандартное отклонение		7,8	6,7	5,8	6,0	6,9
Дисперсия выборки		61,0	44,5	33,3	36,0	48,0
Эксцесс		-1,0	2,3	0,2	-0,9	-0,1
Асимметричность		0,1	-1,6	-0,8	0,0	-0,8
Интервал		26,9	29,0	22,4	23,3	25,0
Минимум		-30,3	-27,8	-24,7	-24,4	-24,2
Максимум		-3,4	1,2	-2,3	-1,1	0,8
Сумма		-511,6	-246,4	-292,3	-377,8	-269,1
Счет		31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
	Ветер	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее		3,3	5,7	3,6	3,1	4,0
Стандартная ошибка		0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
Медиана		2,8	5,6	2,8	2,5	4,1
Мода		2,0	3,6	1,9	2,4	6,5
Стандартное отклонение		1,7	2,3	2,2	1,5	2,3
Дисперсия выборки		3,0	5,2	5,1	2,4	5,3
Эксцесс		1,8	-0,8	0,5	2,1	-0,8
Асимметричность		1,0	0,3	1,1	1,3	0,4
Интервал		8,5	8,5	8,8	7,2	8,5
Минимум		0,0	2,1	0,6	0,8	0,5
Максимум		8,5	10,6	9,4	8,0	9,0
Сумма		101,6	177,6	110,9	95,8	125,3
Счет		31,0	31,0	31,0	31,0	31,0

В таблице 3.5 показаны данные для февраля за пятилетний период.

Февраль 2018 отмечен как самый холодный ($-10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) за весь период и при этом наименее ветренный ($V_{\text{cp}}=7\text{ м/с}$). Самым теплым стал февраль 2016г. ($-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Таблица 3.5

Данные расчета для февраля по температуре и скорости ветра

	Температура	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее		-5,0	-7,6	-10,6	-9,5	-5,8
Стандартная ошибка		0,9	0,8	0,8	1,3	1,0
Медиана		-3,8	-7,0	-11,0	-8,2	-6,3
Мода		-1,8	-5,1	-14,7	-12,7	-2,4
Стандартное отклонение		4,8	4,3	4,5	7,1	5,5
Дисперсия выборки		22,6	18,6	19,8	50,8	29,9
Эксцесс		-0,7	-0,3	-0,6	-0,9	-0,1
Асимметричность		-0,5	-0,1	0,2	-0,4	-0,5
Интервал		17,3	17,9	16,9	25,6	22,0
Минимум		-15,1	-16,5	-18,4	-23,1	-19,9
Максимум		2,2	1,4	-1,5	2,5	2,1
Сумма		-143,7	-213,0	-297,9	-265,7	-167,3
	Ветер	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее		4,0	4,5	3,7	39,1	4,7
Стандартная ошибка		0,4	0,4	0,3	35,2	0,4
Медиана		3,6	3,9	3,4	3,8	4,5
Мода		6,6	3,9	2,0	2,0	4,1
Стандартное отклонение		1,9	2,0	1,6	6,2	2,1
Дисперсия выборки		3,7	3,9	2,7	7,9	4,4
Эксцесс		-1,2	-0,5	-0,2	8,0	0,1
Асимметричность		0,1	0,5	0,7	5,3	0,6
Интервал		6,1	7,1	5,7	8,1	8,2
Минимум		0,9	1,4	1,4	1,1	1,6
Максимум		7,0	8,5	7,1	9,2	9,8
Сумма		114,8	124,9	102,7	1093,8	135,0
Счет		29,0	28,0	28,0	28,0	29,0

Самый теплый март (табл. 3.6) был в 2016 году ($-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), самый холодный ($-8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) – в 2018, при этом наиболее низкое значение составило $-17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальное значение в $4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ так же отмечено в 2016 г. По средней скорости ветра наиболее ветреным стал 2020 г. ($5,7\text{ м/с}$), а менее ветреным – 2018 ($3,7\text{ м/с}$).

Таблица 3.6

Данные расчета для марта по температуре и скорости ветра

	Температура	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее		-2,4	-3,5	-8,0	-5,1	-3,8
Стандартная ошибка		0,7	0,6	0,6	0,9	0,8
Медиана		-3,4	-3,7	-7,4	-3,6	-4,3
Мода		-3,9	-6,8	-7,8	-0,5	-4,6
Стандартное отклонение		4,0	3,1	3,6	5,0	4,4
Дисперсия выборки		16,0	9,6	12,9	24,8	19,2
Эксцесс		-0,8	0,5	0,6	-0,5	0,6
Асимметричность		0,4	-0,5	-0,8	-0,7	-0,4
Интервал		13,5	13,4	15,2	18,9	19,0
Минимум		-8,7	-12,3	-17,9	-17,1	-16,1
Максимум		4,8	1,1	-2,7	1,8	2,9
Сумма		-73,7	-109,4	-243,5	-158,5	-119,1
		31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
	Ветер	2016	2017	2018	2019	2020
Среднее		4,7	4,9	3,7	4,9	5,7
Стандартная ошибка		0,4	0,3	0,3	0,3	0,4
Медиана		4,1	5,1	3,5	4,8	5,8
Мода		7,6	6,6	6,1	3,1	3,3
Стандартное отклонение		2,1	1,9	1,4	1,6	2,0
Дисперсия выборки		4,3	3,7	2,1	2,6	4,2
Эксцесс		-0,3	-0,4	-0,6	-0,4	-1,1
Асимметричность		0,6	-0,4	0,6	0,5	-0,1
Интервал		8,1	7,8	5,1	5,9	7,5
Минимум		1,5	0,6	1,8	2,5	2,1
Максимум		9,6	8,4	6,9	8,4	9,6
Сумма		144,7	152,7	114,7	152,0	176,0
Счет		31,0	31,0	31,0	31,0	31,0

Подводя промежуточный итог, можно сказать, что за пять лет не выявлено тенденции как к повышению, так и к понижению температур на территории региона, поскольку в каждом месяце температура варьируется от года к году (рис. 3.6).

При анализе данных наблюдений температуры воздуха – средних и экстремальных значений (таблицы 3.2 – 3.6) выявлено, что:

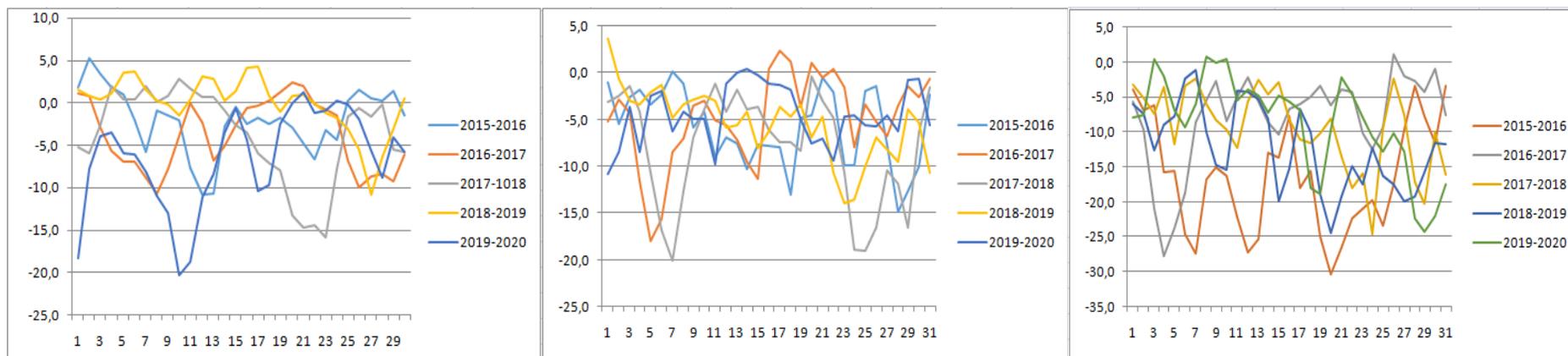
- самый холодный ноябрь за исследуемый период был в 2019 году;
- самый холодный декабрь – в 2017 году;
- самый холодный январь – в 2016 году;
- самый холодный февраль – в 2018 году;
- самый холодный март – в 2018 году.
- самый теплый ноябрь за исследуемый период был в 2020 году;
- самый теплый декабрь – в 2019 году;
- самый теплый январь – в 2017 году;
- самый теплый февраль – не выявлено;
- самый теплый март – в 2016 году.

Результаты проведенного анализа сведены в таблицу 3.7.

Таблица 3.7

Анализ средних и экстремальных значений температуры воздуха

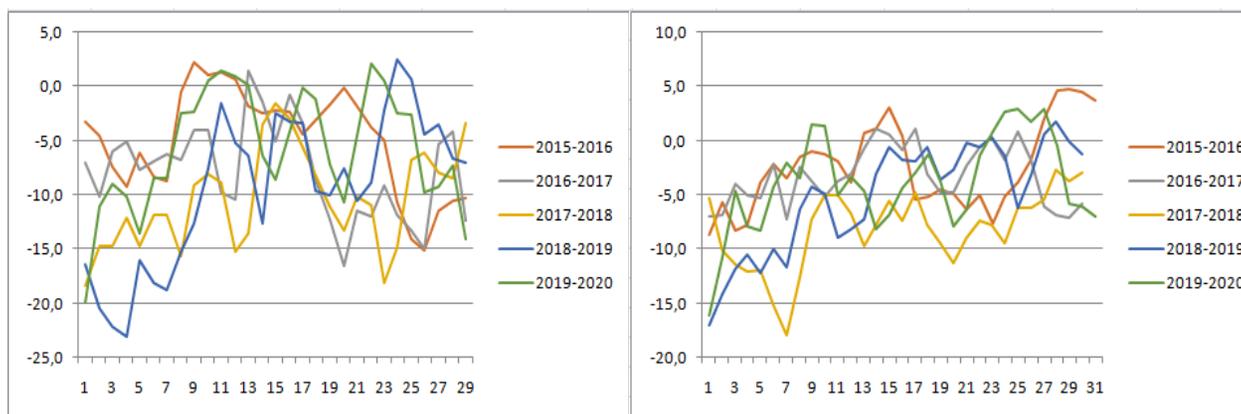
	2016	2017	2018	2019	2020
Ноябрь				Холод	Тепло
Декабрь		Холод		Тепло	
Январь	Холод	Тепло			
Февраль			Холод		
Март	Тепло		Холод		



ноябрь

декабрь

январь



февраль

март

Рисунок 3.6– Ход средней температуры воздуха за холодный сезон (2016-2020 гг.)

3.4 Анализ данных наблюдений. Построение и анализ графиков хода температуры воздуха

По данным наблюдений были построены графики хода среднесуточных температур по месяцам (ноябрь – март) за период с 2016 по 2020 гг. для выявления общей тенденции. Определены экстремальные значения температуры за каждый месяц. Проведены линии тренда. Также построены графики среднемесячных температур (ноябрь – март) за весь период наблюдений (2016 – 2020 гг.).

Из анализа графиков на рисунке 3.7 следует, что средняя температура воздуха за ноябрь, декабрь и январь месяцы за период с 2016 по 2020 гг. понижалась (согласно линии тренда), что вполне объяснимо и совпадает с климатической характеристикой региона, где самым холодным месяцем года является январь.

Средняя температура воздуха за февраль и март месяцы за период с 2016 по 2020 гг. повышалась (согласно линии тренда). Таким образом, в последние месяцы холодного сезона года – февраль и март, наблюдается рост средней температуры воздуха в г. Мурманск, что можно объяснить предстоящей сменой холодного сезона года на теплый.

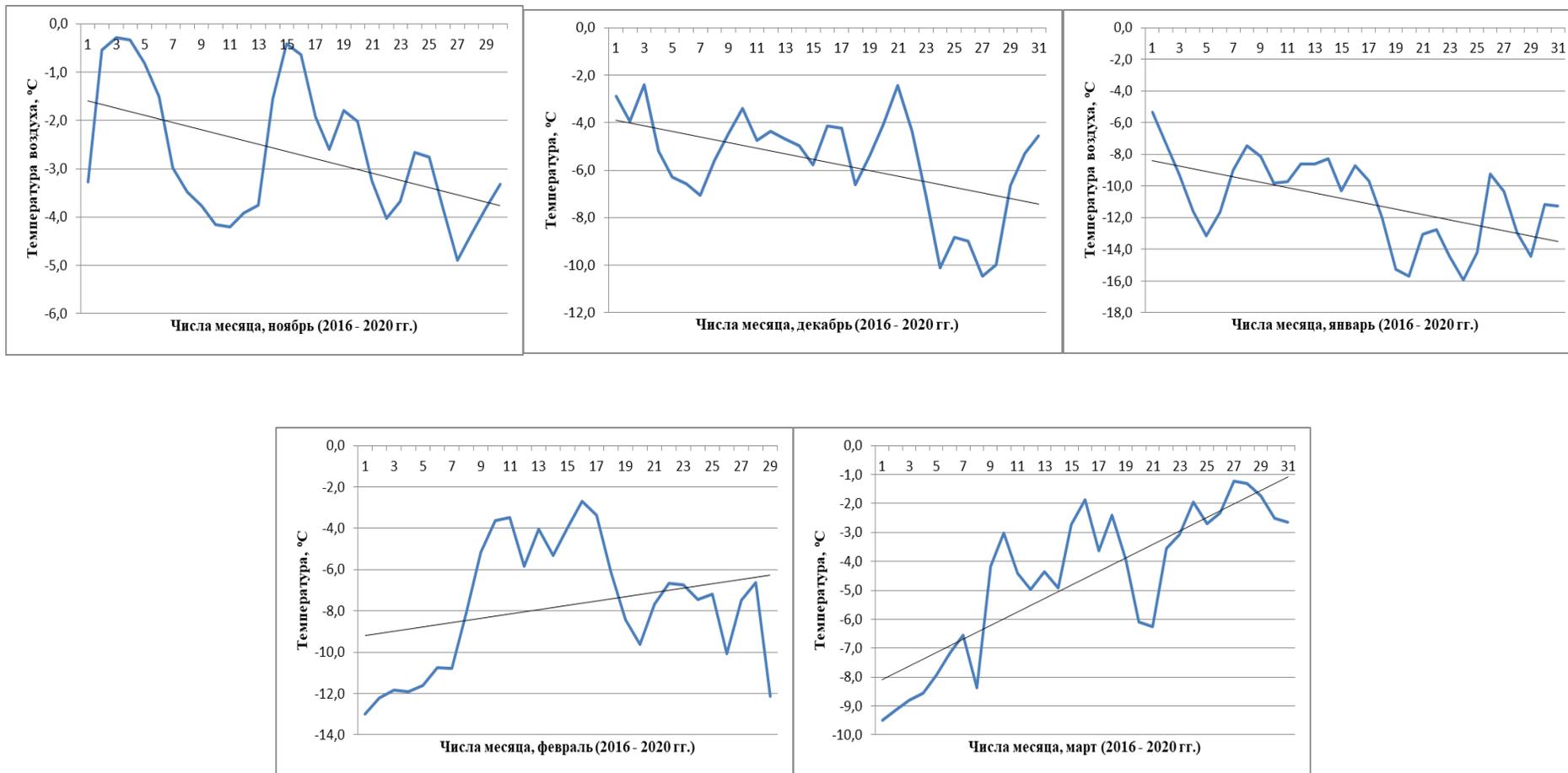


Рисунок 3.7– Ход средней температуры воздуха за холодный сезон (2016-2020 гг.)

3.5 Анализ данных наблюдений. Построение и анализ графиков хода скоростей ветра

Посмотрим, как меняются скорости ветра в холодный период года в районе исследования. Для этого рассчитаем среднесуточные значения по месяцам (табл. 3.8). По расчетным данным построены графики (рис. 3.8) хода средних скоростей ветра и проведены линии тренда.

Таблица 3.8

Средние скорости ветра по дням месяца за период с 2016 по 2020 гг.

Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
3,2	5,6	4,8	3,9	3,4
4,7	6,2	3,4	2,7	3,0
4,1	4,6	3,5	2,6	4,4
4,7	3,7	4,8	3,5	4,7
4,4	3,9	4,2	4,2	4,0
2,7	3,5	4,4	4,5	4,2
3,7	3,0	4,5	5,1	3,8
3,7	3,9	5,1	4,7	4,3
3,9	4,3	4	4,7	3,9
5,0	3,9	5,3	4,4	5,2
4,3	4,2	4,7	5,0	3,1
3,4	4,1	4,2	4,1	3,7
3,6	4,6	3,9	4,9	4,3
4,2	4,5	4,6	4,2	5,0
6,1	3,8	4,2	4,7	6,1
5,4	4,1	3	5,5	5,8
4,4	4,0	4,3	4,7	5,4
3,8	3,7	2,5	3,1	5,2
4,6	4,6	2,9	4,9	4,7
5,5	5,2	4,2	5,2	4,3
4,8	4,4	4,6	5,8	4,5
4,2	4,4	4,9	4,0	4,3
2,9	3,5	3,1	2,7	5,8
4,2	3,5	1,8	3,4	5,6
2,9	3,2	4,2	2,2	4,4
3,2	2,8	4,7	3,4	5,0
3,3	5,3	4,1	2,2	6,3
3,3	6,2	3,4	3,6	6,5
3,5	4,1	4,6		6,4
4,5	4,8	4,3		5,7
	5,1	2,9		5,3

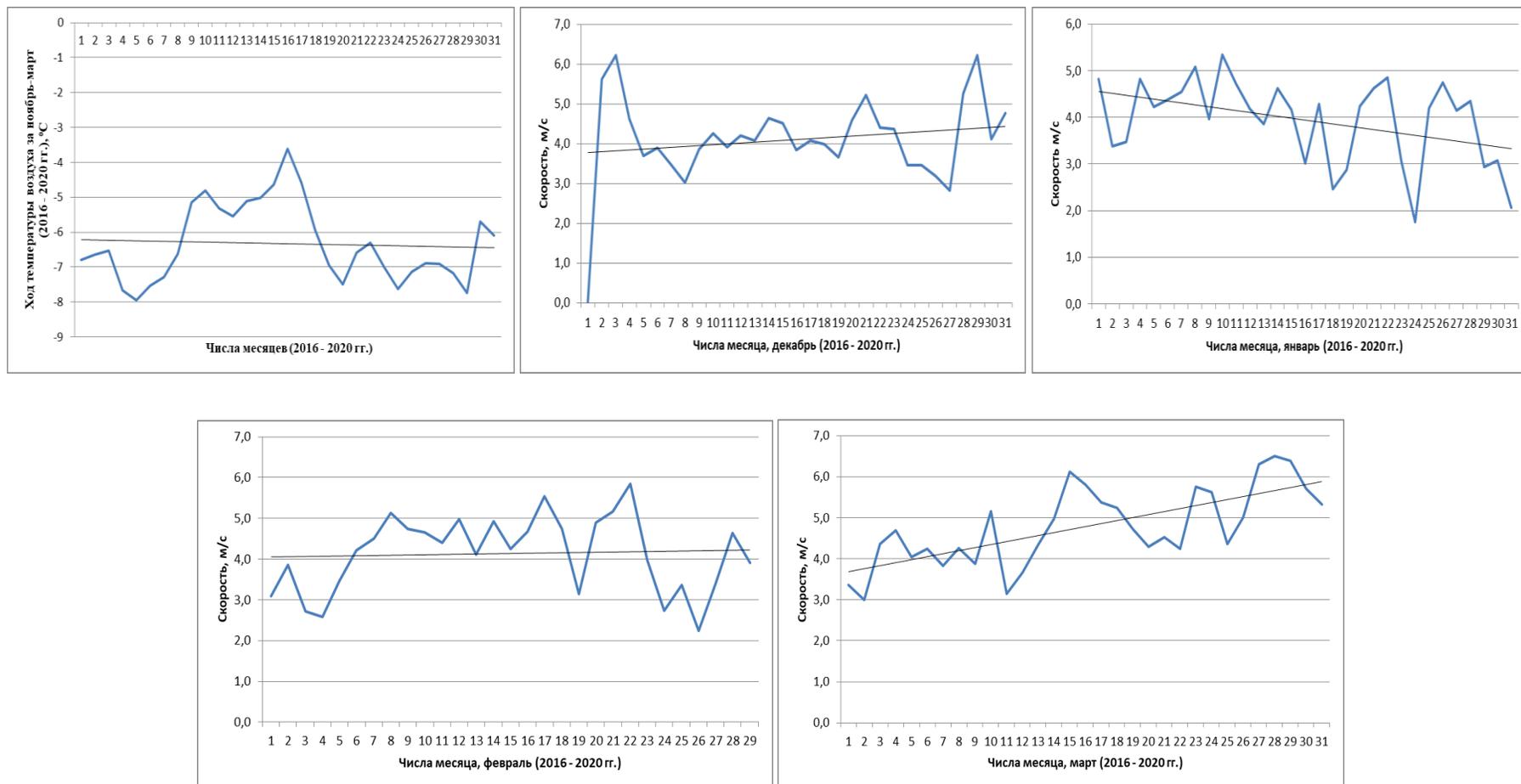


Рисунок 3.8 – Ход средней скорости ветра за холодный период 2016 – 2020 гг.

При анализе графиков (рис. 3.8) видно, что во все месяцы, кроме ноября и января, средняя скорость ветра возрастает.

На рис. 3.9 представлен график хода средней скорости ветра за весь холодный период (ноябрь – март) с 2016 по 2020 гг. График построен по данным из табл.3.8

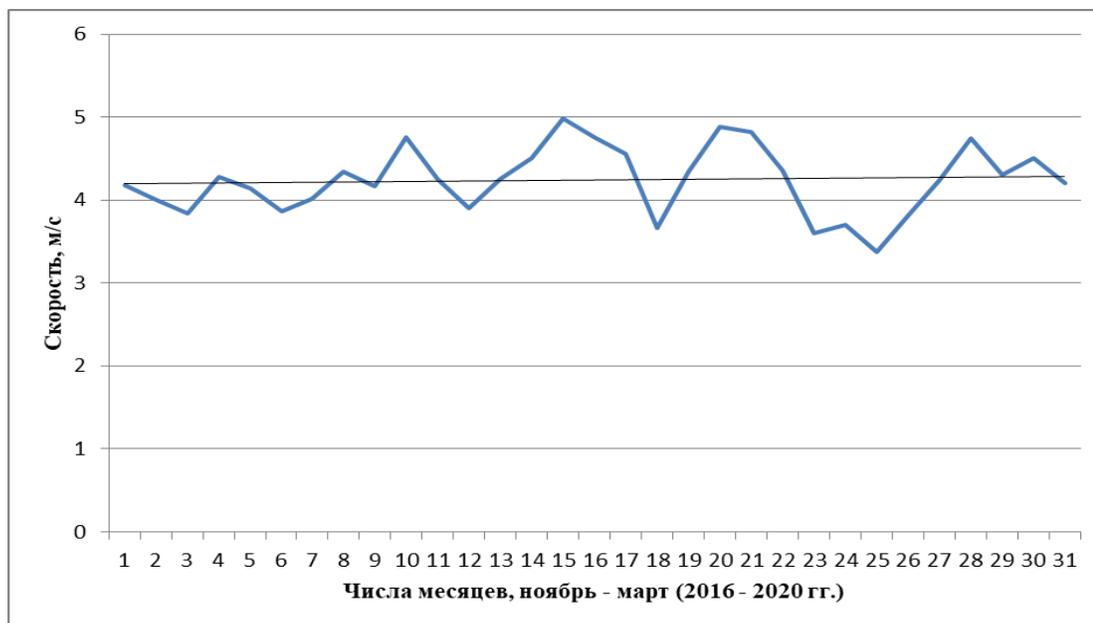


Рисунок 3.9 – Ход средней скорости ветра за ноябрь – март (2016 – 2020 гг.)

Из анализа графика можно сделать вывод, что большой изменчивости средней скорости ветра за исследуемый период не наблюдается (максимум 1-1,5 м/с).

При сравнении графика на рисунке 3.9 с графиком хода средних температур воздуха можно сделать вывод, что ход температуры воздуха обратно пропорционален ходу средних скоростей ветра.

Чтобы проверить эту теорию были построены совмещенные графики хода температуры и скорости ветра за крайние месяцы холодного сезона - ноябрь и март (рис. 3.10, 3.11).

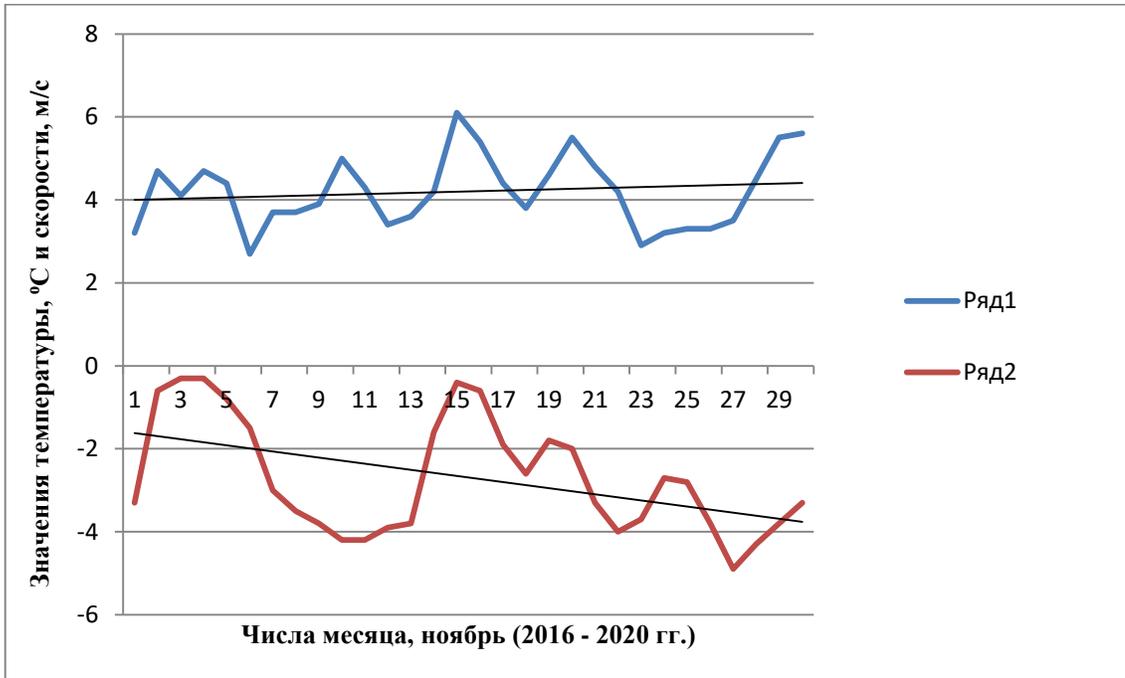


Рисунок 3.10 – Ход средней скорости ветра (ряд 1) и средней температуры воздуха (ряд 2), ноябрь (2016 - 2020 гг.)

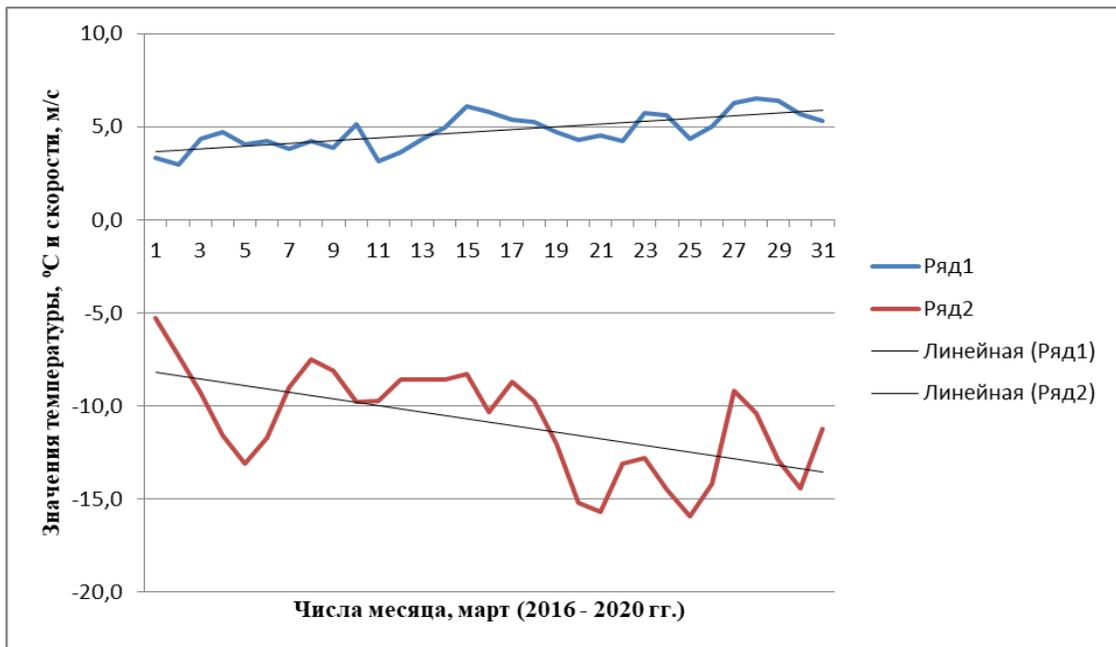


Рисунок 3.11 – Ход средней скорости ветра (ряд 1) и средней температуры

воздуха (ряд 2), март (2016 - 2020 гг.)

На графике за ноябрь месяц (рис. 3.10) прослеживается некоторая согласованность хода температуры и скорости ветра, то есть при усилении ветра происходит рост температуры и наоборот. На графике за март месяц (рис. 3.11) такая связь тоже прослеживается, но менее явно.

Теперь посмотрим совмещенный график (рис. 3.12) хода средней температуры воздуха и средней скорости ветра за весь холодный сезон (ноябрь – март) за период с 2016 по 2020 гг. На этом графике прослеживается практически синхронный ход температуры воздуха и скорости ветра. В период с 9 по 17 число всех месяцев отмечается рост температуры и скорости ветра.

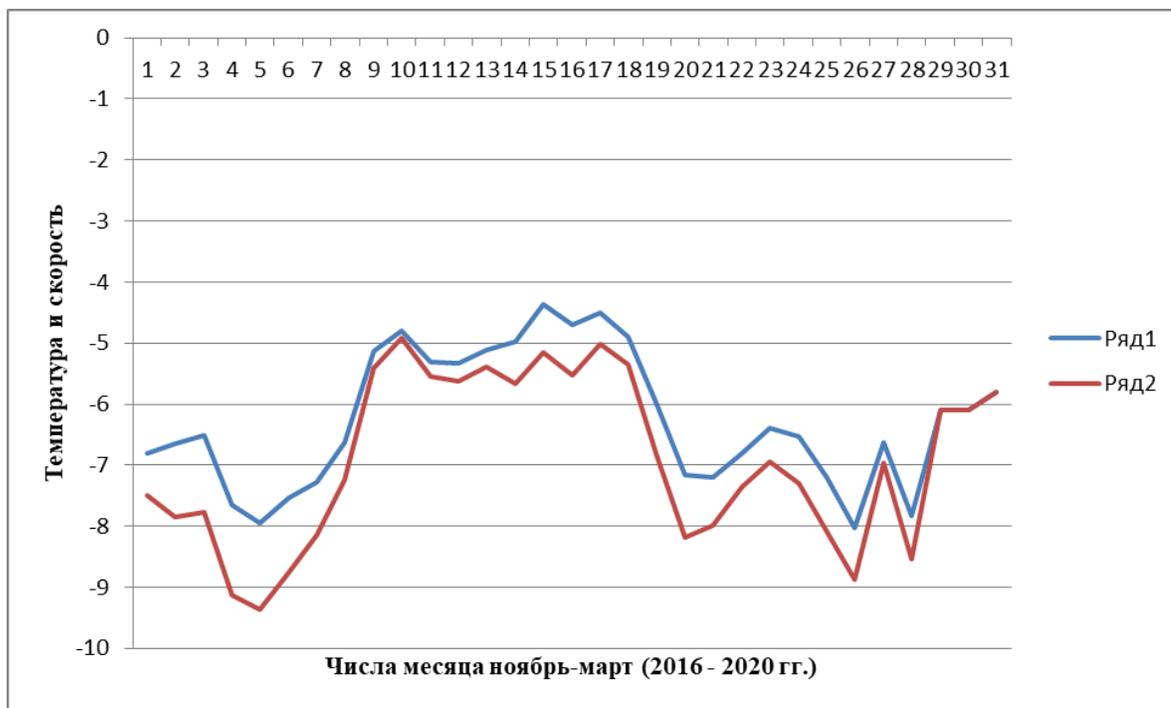


Рисунок 3.12 – Ход средней скорости ветра (ряд 1) и средней температуры воздуха (ряд 2), ноябрь - март (2016 - 2020 гг.)

В результате анализа построенных графиков можно сделать вывод о том,

что максимум скоростей ветра наблюдается в средних числах месяцев, но для ветра это не так явно, как для температуры.

3.6 Анализ данных наблюдений. Построение и анализ графиков хода средних значений атмосферного давления

По данным наблюдений были построены графики хода среднесуточных значений атмосферного давления по месяцам (ноябрь – март) за период с 2016 по 2020 гг. Определены экстремальные значения атмосферного давления за каждый месяц. Проведены линии тренда.

На рисунке 3.13 представлены графики хода среднего атмосферного давления за период ноябрь – март с 2016 по 2020 гг.

Проанализируем графики на рисунке 3.13. Судя по линиям тренда, в ноябре, декабре и январе за период с 2016 по 2020 гг. среднее атмосферное давление возрастало. Наиболее высокие значения наблюдались в середине и в конце ноября, середине декабря и в начале января. В феврале и марте за период с 2016 по 2020 гг. наблюдалось устойчивое падение среднего давления.

Кроме того, в феврале отмечаются наиболее значительные колебания среднего атмосферного давления (что говорит о наиболее глубоких циклонах и мощных антициклонах, проходящих через район г. Мурманск), в марте амплитуда колебаний значительно меньше.

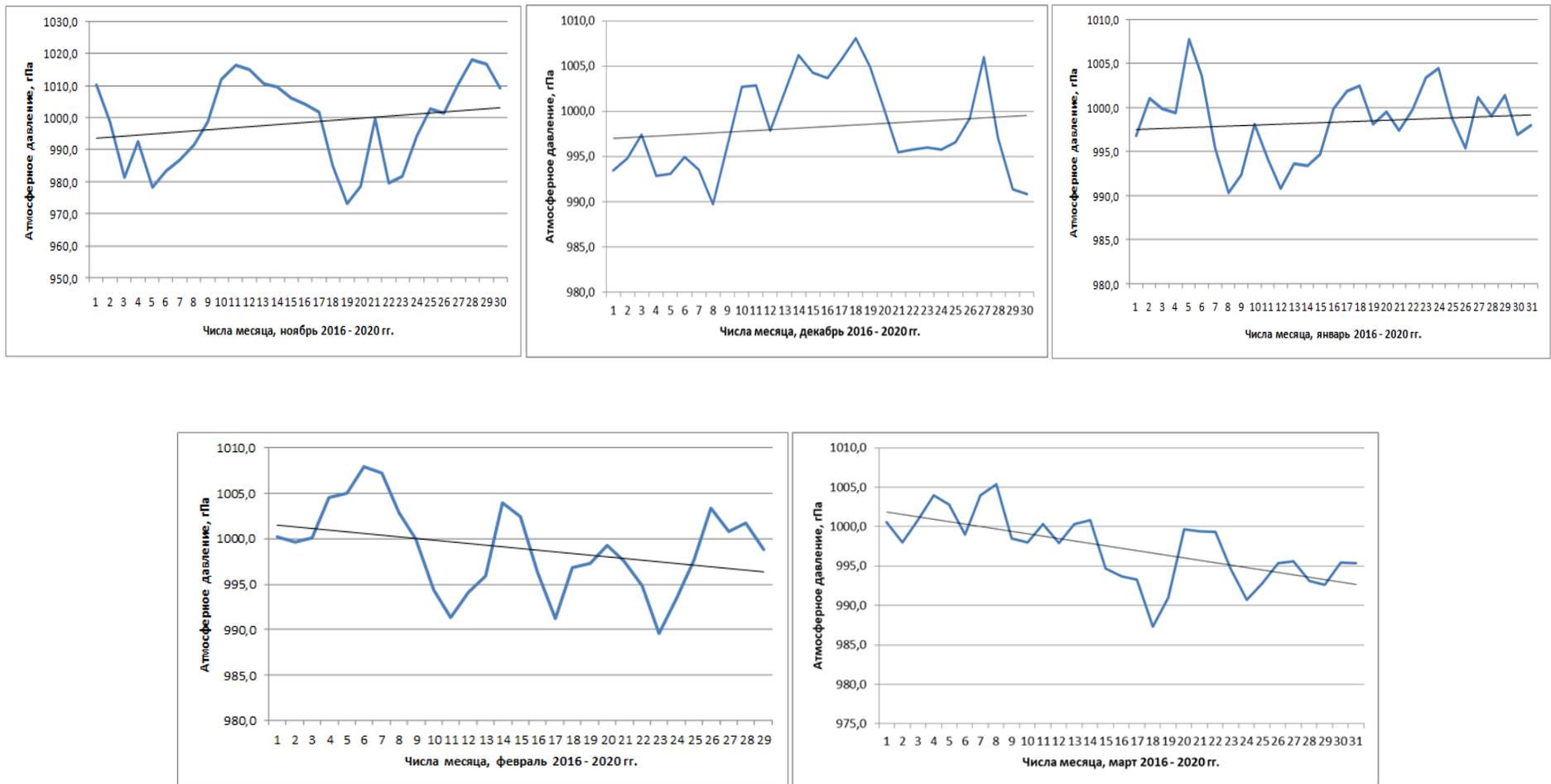


Рисунок 3.13 – Ход среднего атмосферного давления по месяцам (2016 – 2020 гг.)

Судя по линии тренда (рис. 3.14), фон атмосферного давления за исследуемый период неуклонно понижался. Исходя из этого, можно сделать вывод об усилении циклонической деятельности в регионе. Если сопоставить графики хода средней температуры воздуха в феврале и марте (когда наблюдался устойчивый рост температуры), с ходом среднего давления за эти же месяцы (когда наблюдался рост среднего давления), то вывод об усилении циклонической деятельности подтверждается.

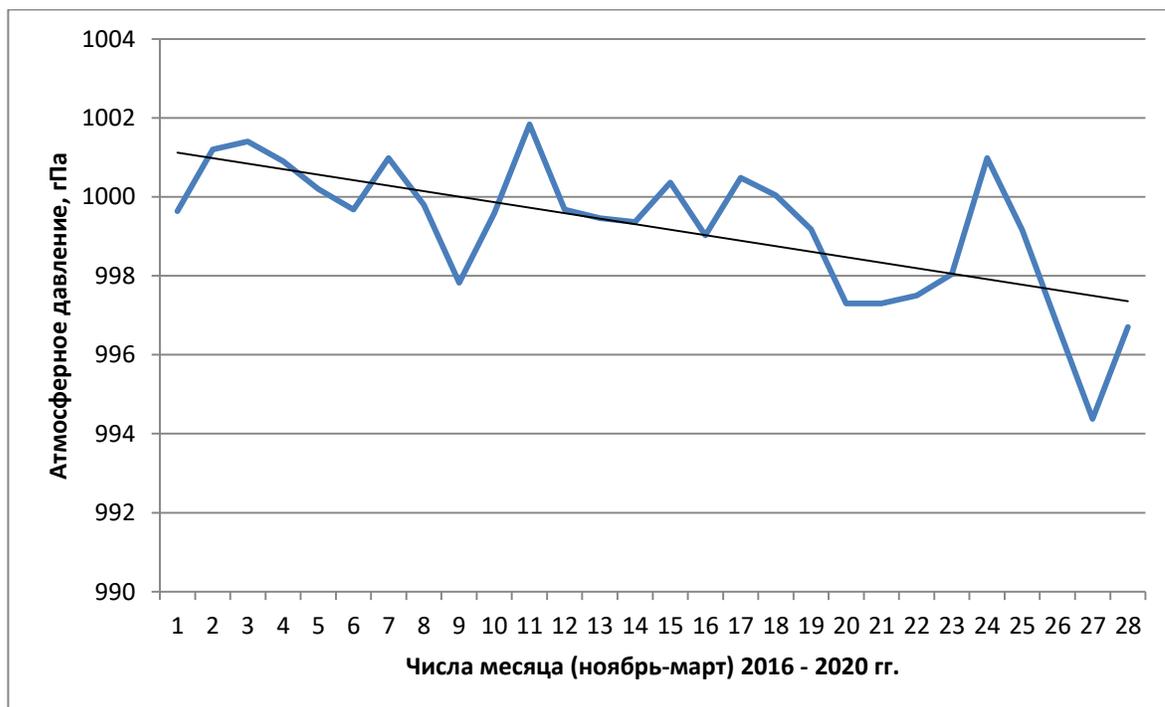


Рисунок 3.14 – Ход среднего атмосферного давления за ноябрь – март за период с 2016 по 2020 гг.

Заключение

В ходе исследования изменчивости метеорологических параметров в г. Мурманск выполнены все поставленные задачи, а именно:

- изучено и подготовлено описание географического расположения г. Мурманск, а так же определены характерные метеорологические и климатические особенности района;
- рассмотрены особенности рельефа местности;
- собрана информация по среднемесячным температурам воздуха, скоростям ветра и атмосферному давлению по г. Мурманск;
- сформирована и подготовлена для обработки база среднемесячных значений атмосферного давления, температур воздуха и скоростей ветра по городу Мурманск с одинаковым периодом наблюдений с 2016 по 2020 гг;
- проведен анализ однородности данных и восстановлены пропуски наблюдений, благодаря чему практически все временные ряды стали иметь одинаковый непрерывный период;
- проведен анализ изменчивости метеозлементов.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- 1) Средняя температура воздуха растет в феврале и в марте месяце, в остальные месяцы наблюдается понижение температуры.
- 2) Средние скорости ветра невелики, в пределах 5-7 м/с
- 4) Среднее атмосферное давление растет в ноябре, декабре и январе, а в целом за весь исследуемый период наблюдается его понижение.

Было выявлено понижение фона атмосферного давления за исследуемый период. На основании этого был сделан вывод об усилении циклонической деятельности в регионе. При сопоставлении графиков хода средней температуры воздуха в феврале и марте (когда наблюдался устойчивый рост

температуры), с ходом среднего давления за эти же месяцы (когда наблюдался рост среднего давления), этот вывод был подтвержден.

5) Продолжающееся глобальное потепление (за исследуемый период) не выявлено в исследуемом районе.

Список использованной литературы

1. Лоция Баренцева моря. Часть II (№ 1112), ГУНиО МО РФ. – Санкт-Петербург, 2006, 496 с.
2. Сайт Всероссийского Научно-исследовательского Института Гидрометеорологической Информации – Мировой центр данных <http://meteo.ru/>
3. В.А. Лобанов, И.А. Смирнов, А.Е. Шадурский. Практикум по климатологии. Часть 1. Учебное пособие. - СПб.: РГГМУ, 2011
4. Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е. Практикум по климатологии. Часть 2. Учебное пособие. - СПб.:изд. РГГМУ, 2012
- 5.Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Учебник. - СПб.: изд. РГГМУ, 2008.-408 с.
6. Будыко М.И., Винников К.Я. Глобальное потепление, Метеорология и гидрология, № 7, 1976, с. 16–26.
7. В.А. Лобанов, А.Е. Шадурский. Применение эмпирико-статистических методов для моделирования и анализа климатических изменений. Ученые записки РГГМУ №14, 2010, с.73-88.
8. Карты (электронный ресурс). Режим доступа: <https://google.ru/maps>
- 9.Путеводитель по странам, городам и достопримечательностям(электронный ресурс). Режим доступа: <https://wikiway.com/russia/murmansk>
- 10.Проект "Исследование Солнечной системы"(электронный ресурс). Режим доступа: <http://galspase.spb.ru>
11. Погода и климат (электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/22113.htm>
12. Архив погоды в Мурманске (электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=22113>
13. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Оценочный доклад об изменениях климата и

их последствиях на территории Российской Федерации. Москва, 2021 г.(электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.climatechange.igce.ru/>

14. ФГБУ «ААНИИ» (электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.aari.ru/main.php>

15. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.metto.ru/climate>