



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Микроклимат прибрежной зоны Ладожского озера»

Исполнитель Ахмадеева Алина Илдаровна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

Кандидат физико-математических наук  
Сероухова Ольга Станиславовна

« 29 » мая 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	2
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИБЕЖНОЙ ЗОНЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА .....	4
1.1 Физико-географические характеристики приладожской зоны .....	4
1.2 Климатический режим и климатообразующие факторы .....	7
1.3 Оротографические особенности района исследования .....	12
2. МЕТОДОЛОГИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ. ОЦЕНКА РЕЖИМОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК. ....	14
2.1 Понятие микроклимата.....	14
2.2 Методы микроклиматического исследования .....	16
2.3 Роль неоднородной поверхности в формировании микроклимата. ....	18
2.4 Анализ термического режима.....	21
2.5 Анализ ветрового режима .....	27
3. МИКРОКЛИМАТ ПРИЛАДОЖЬЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ.....	38
3.1 Микроклимат термического режима .....	43
3.2 Микроклимат ветрового режима.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	52
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Ладожское озеро является уникальным природным объектом на территории Российской Федерации. Особую важность представляют условия приладожского климата, которые имеют непосредственное влияние на (комфортность жизни человека, сельское хозяйство, вегетативный период). Микроклиматическое описание местности приладожской зоны у города Санкт-Петербурга является необходимым для общего понимания условий формирования районов природопользования. Для исследования были выбраны метеорологические станции, расположенные в городах и поселках Ленинградской области, таких как Санкт-Петербург, Воейково, Сосново, Шлиссельбург. Очевидная близость выбранного района к городу федерального значения и расположение между двумя водными объектами, такими как Ладожское озеро и Финский залив, делает исследовательскую работу значимой и актуальной.

Целью настоящей работы является определение микроклиматических характеристик прибрежной зоны Ладожского озера и определение взаимосвязи их с неоднородностью подстилающей поверхности. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Подготовить базу метеорологических данных по выбранным пунктам за каждый день (с соблюдением метеорологических сроков) десятилетнего периода с 2012 года по 2022 год.

2. Построить годовой ход среднемесячной температуры воздуха. Рассчитать даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевую границу для определения дат начала весны и осени за десять лет. Построить графики скорости ветра, построить розы ветров. Проанализировать и сравнить полученный материал.

3. Провести микроклиматическую характеристику района. Проанализировать связь метеорологических характеристик и неоднородности поверхности.

4. Составить таблицы виртуального анализа ветрового режима на вершине и склонах холма.

В первой главе были рассмотрены климатические особенности приладожья и физико-географическое описание района, выбранного для исследования.

Во второй главе описываются методы микроклиматического исследования и сравнительный анализ характеристик метеорологических показателей, таких как температура, скорость и направление ветра.

В третьей главе отображаются результаты микроклиматического исследования и анализ связи метеорологических характеристик и неоднородности поверхности.

# 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИБЕЖНОЙ ЗОНЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

## 1.1 Физико-географические характеристики приладожской зоны

Прибрежная зона Ладожского озера является довольно крупной и необъятной. Рассмотрим физико-географические особенности с юго-западной стороны приладожья. Район располагается между двумя крупными водными объектами — Финским заливом и Ладожским озером. На рисунке 1.1 изображена карта местности.

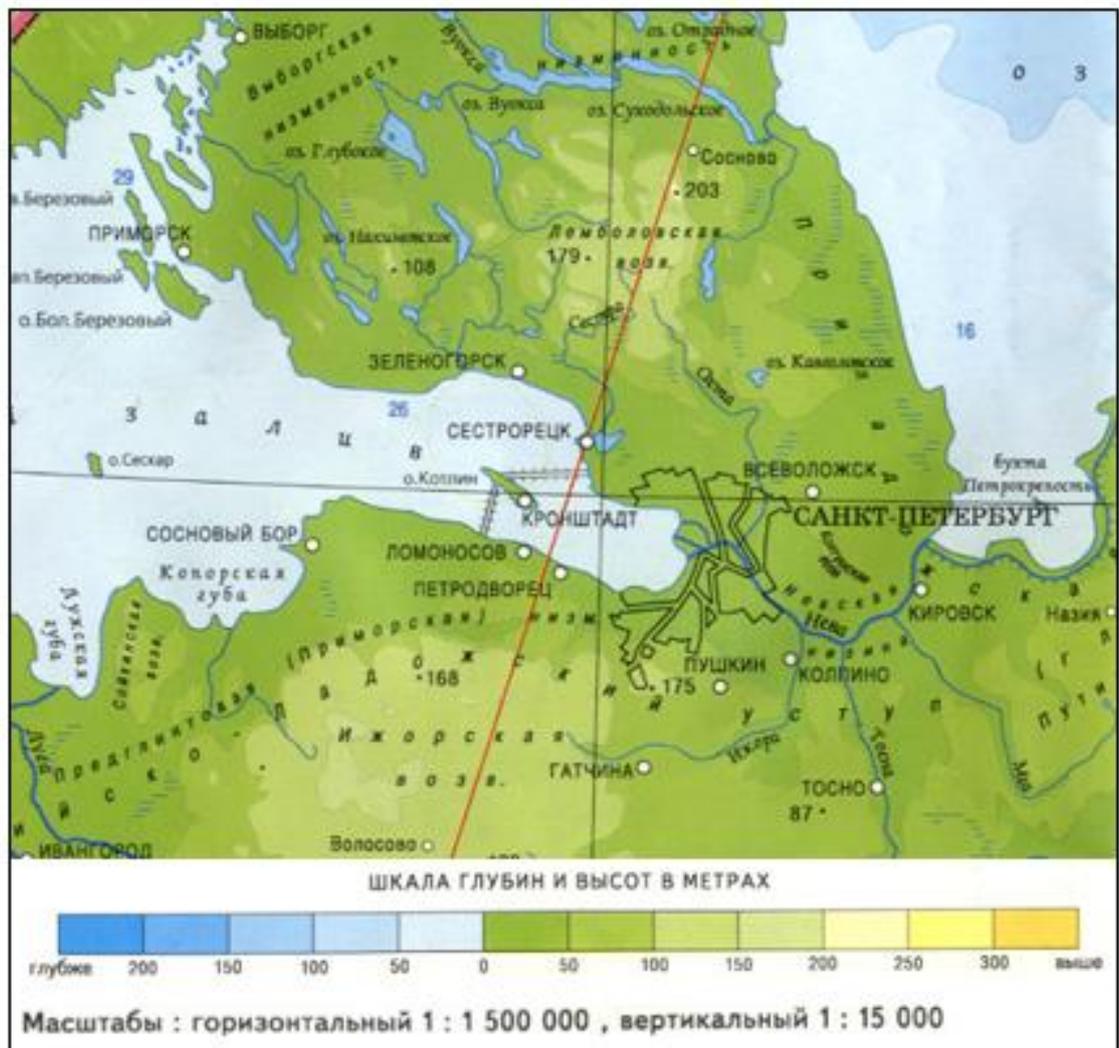


Рисунок 1.1 – Физико-географическая карта района исследования

Ленинградская область располагается на северо-западе Европейской территории России и является частью Русской равнины. На западе она граничит с Эстонией, а на северо-западе – с Финляндией. Южные и юго-западные границы разделяют Ленинградскую область с Псковской и Новгородской областями, восточные – с Вологодской областью, а на севере находится граница с Карелией [1].

Ленинградская область расположена в лесной зоне, при этом её северо-восточная часть находится в подзоне средней тайги, а основная часть территории области – в пределах подзоны южной тайги. На рисунке 1.2 изображена карта ландшафтов местности.

Около 50% территории Ленинградской области занимают леса, при этом наибольшая лесистость наблюдается на севере и северо-востоке. Характер растительности Ордовикского плато, а также некоторых районов на юго-западе относится к хвойно-широколиственному лесному типу. Значительную часть территории области занимают болота, а луговая растительность с преобладающими суходольными лугами занимает менее 10% площади [2].

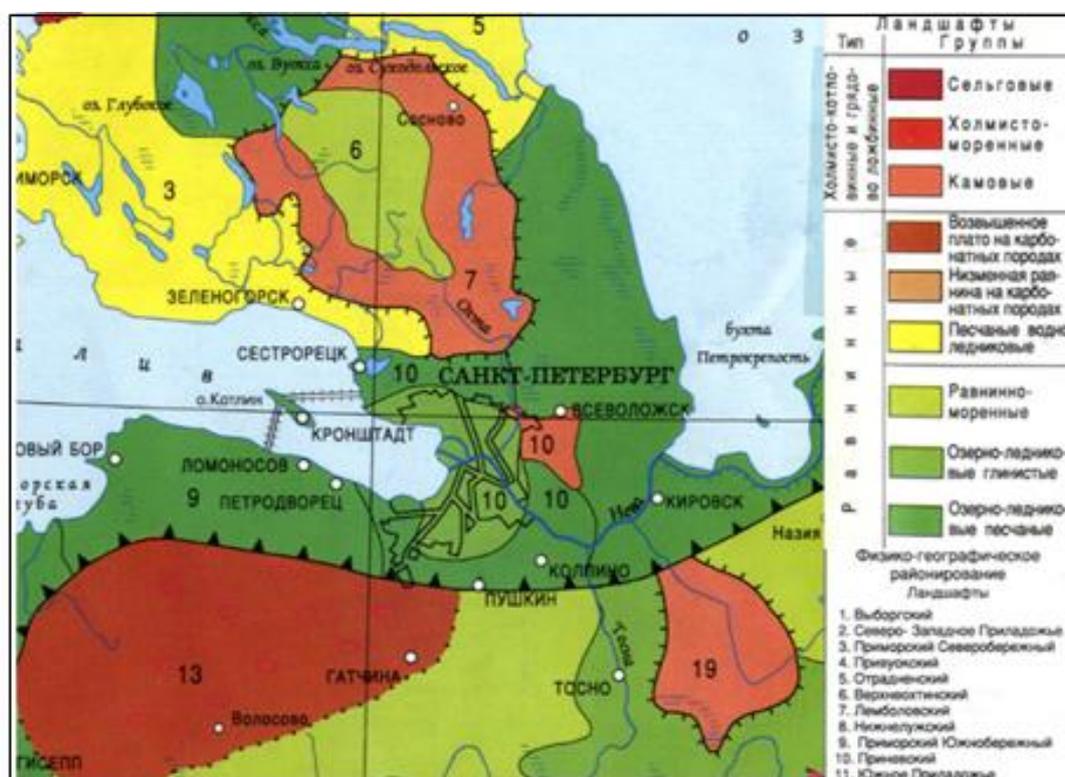


Рисунок 1.2 – Карта ландшафтов района исследования

С историческими геоморфологическими событиями на территории преобладают болота. По характеру поверхности территория Ленинградской области представляет собой обширную, местами всхолмленную равнину. Значительную часть площади представляют низменности с густой гидрологической сетью, многочисленными озерами и болотами, в частности – Волховская и Приильменная низины.

Общий равнинный характер поверхности местами нарушается холмистыми возвышенностями, такими как Валдайская и Вепсовская, а также Лемболовскими и Токсовскими высотами и Тихвинской грядой. К югу от низменного побережья Финского залива крутым уступом поднимается Ордовикское (Силурийское) плато, восточная часть которого является Путиловским плато, а западная носит название Ижорской возвышенности [3].

На территории области расположено Ладожское озеро, образованное крупными мелководными заливами: бухтой Петрокрепость, губами Волховской и Свирской. Средняя глубина в южной, открытой части озера составляет 13 м. Обширный водосборный бассейн Ладожского озера с общей площадью в 258 600 км<sup>2</sup>, расположен на территории Республики Карелии, Ленинградской, Новгородской, Псковской, Вологодской, Тверской и Архангельской областей России, а также на части территорий Финляндии и Республики Беларусь. Данный бассейн состоит из четырех водосборов: Онежско-Свирского (84,4 тыс. км<sup>2</sup>), Ильмень-Волховского (80,2 тыс. км<sup>2</sup>), Саймо-Вуоксинского (68,7 тыс. км<sup>2</sup>) и Ладожского (24,7 тыс. км<sup>2</sup>).

Всего в бассейне Ладожского озера насчитывается около 50 тыс. озер, занимающих 17% площади водосбора, множество болот и малых рек, общей протяженностью до 45 тыс. км. Воды трех озер: Онежского, Ильмень, Саймы поступают в озеро с главными притоками – реками Свирь, Волхов, Вуокса, дающими около 86% общего поступления в озеро поверхностных вод, а река Нева осуществляет сток из озера в Финский залив [3].

Территория отличается большой пестротой почвенного покрова, что объясняется особенностями рельефа, почвообразующих пород, различными

условиями увлажнения, а также стока атмосферных вод и уровня стояния грунтовых вод.

Почвами, широко представленными на территории области, являются подзолистые, дерново-подзолистые и болотные. В большинстве случаев подзолисто-глеевые и торфянисто-подзолисто-глеевые почвы заняты лесами. Такие почвы могут использоваться под сенокосы, при осушении – под пашню. Особую группу представляют дерново-карбонатные почвы, богатые кальцием и гумусом, встречающиеся в пределах Ордовикского плато [3].

## 1.2 Климатический режим и климатообразующие факторы

Ленинградская область относится к зоне умеренного климата, переходного от океанического к континентальному. Зима в области умеренно мягкая, лето умеренно тёплое. Климат Ленинградской области атлантико-континентальный, характеризуется умеренно-холодной зимой и нежарким влажным летом с затяжными периодами весны и осени. Частая смена морских (атлантических) и континентальных, арктических воздушных масс, активная циклоническая деятельность обуславливают неустойчивый и изменчивый характер погоды во все сезоны. Переход от сезона к сезону постепенный [1].

Продолжительный зимний период начинается с образования устойчивого снежного покрова во второй половине ноября. За зиму отмечается до 25 дней с оттепелью, в декабре наблюдается их наибольшая повторяемость – 10-12 дней.

Снежный покров держится около 130 дней, его средняя высота достигает максимальных значений в марте. На полевых участках она составляет от 25-30 см в западных районах и до 40 - 50 см – в восточных.

Теплый период (период с положительной среднесуточной температурой) начинается в первой декаде апреля и длится до конца октября – около 210 дней. Повышение температуры воздуха от 0°C до +10°C весной происходит, в среднем, за 45 дней. Период снеготаяния продолжается от 12 до 23 дней, к концу апреля окончательно оттаивает почва. Осенью падение температуры от +10 °C до 0 °C

происходит за 55 дней. Весенние заморозки возможны до конца мая – первой декады июня, в то время как осенние заморозки начинаются, как правило, в первой декаде сентября.

Самым теплым месяцем года является июль (средняя температура воздуха  $+17^{\circ}\text{C}$ ). Самым холодным месяцем в западных районах является февраль (средняя температура воздуха  $-8.5^{\circ}\text{C}$ ), на остальной территории – январь ( $-10^{\circ}\text{C}$ ).

По количеству осадков Ленинградская область относится к зоне достаточного увлажнения, осадки вполне компенсируют возможное испарение. В течение года выпадает 550-700 мм осадков, причем около 70 % годовой суммы осадков приходится на теплый период (апрель–октябрь) [4].

В отдельные годы количество осадков значительно изменяется: в сухие годы их выпадает 350-500 мм, в наиболее увлажненные – до 900мм. Летние осадки часто носят ливневый характер и сопровождаются грозами. Град за теплый период бывает 1-2 раза, при этом отмечается данное явление не каждый год. На рисунке 1.3 можно посмотреть распределение годового количества осадков.

На территории области преобладают ветры юго-западных и западных направлений, несущие влажный воздух атлантического происхождения. Скорость ветра в зимние месяцы составляет 3.5-4.0 м/с, на побережьях водоемов увеличивается до 6.0 м/с.

Сильные ветры (15 м/с и более) отмечаются, как правило, в холодный период. На большей части территории бывает до 10-15 дней в году с такими ветрами, но в прибрежных районах сильными ветрами могут отмечаться до 25 дней [4].

Основной особенностью климата здесь является непостоянство погоды, обусловленное частой сменой воздушных масс, подразделяющихся на морские, континентальные и арктические.

Основной особенностью климата здесь является непостоянство погоды, обусловленное частой сменой воздушных масс, подразделяющихся на морские, континентальные и арктические.

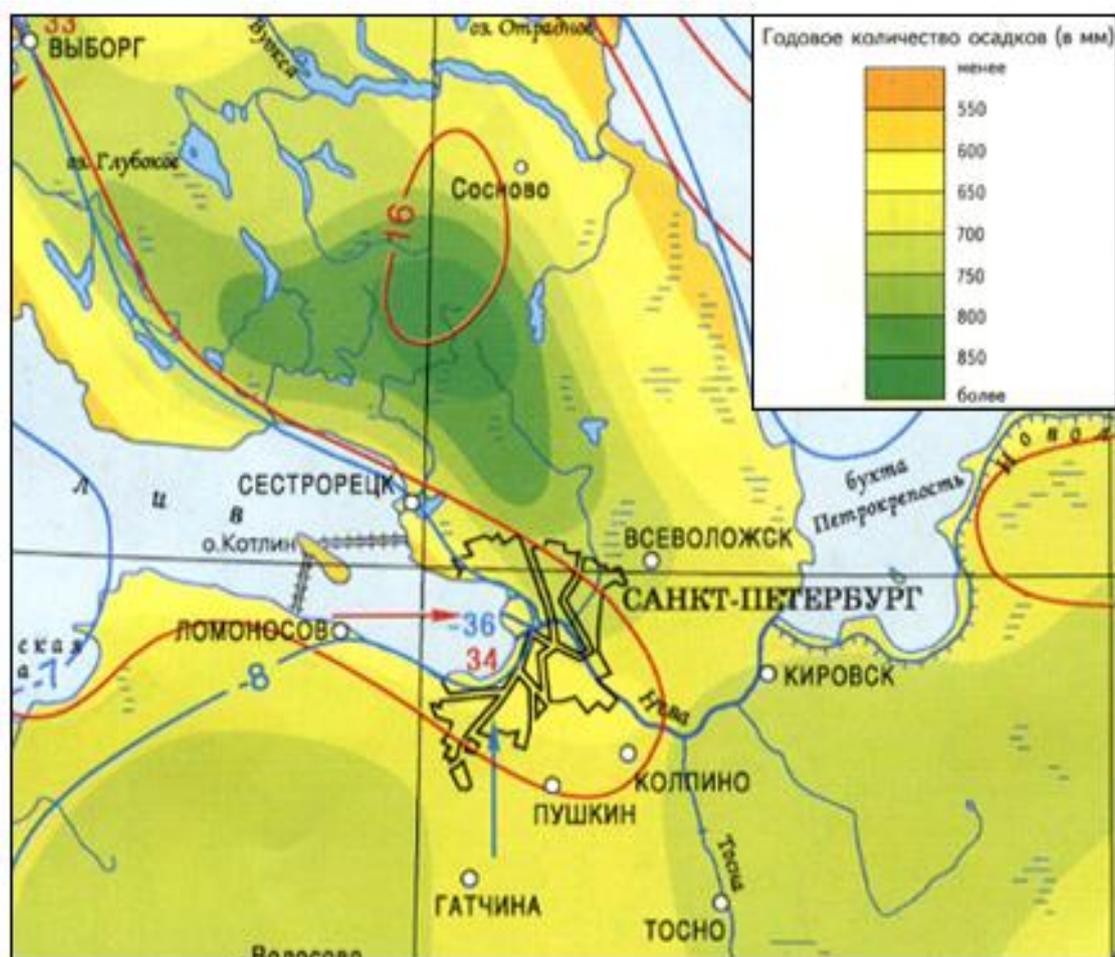


Рисунок 1.3 – Карта распределения годового количества осадков

Основной особенностью климата здесь является непостоянство погоды, обусловленное частой сменой воздушных масс, подразделяющихся на морские, континентальные и арктические.

Морские воздушные массы поступают с запада, юго-запада или северо-запада при перемещении через северо-западные районы России атлантических циклонов, приносящих ветреную погоду и осадки. Зимой они являются причиной резких потеплений, летом – похолоданий. С юго-востока входит сухой континентальный воздух [2].

В антициклонах, сформировавшихся в этих воздушных массах, устанавливается малооблачная и сухая погода, жаркая летом и холодная зимой. С севера и северо-востока, со стороны Карского моря, приходит сухой и холодный арктический воздух.

Вторжения арктических воздушных масс являются причиной наступления ясной погоды и резкого понижения температуры воздуха. В областях повышенного давления, сформировавшихся в этих воздушных массах, зимой наблюдаются наиболее сильные морозы, а летом могут случиться заморозки.

Разнообразие синоптических процессов, а также частая смена воздушных масс приводят к большим междусуточным колебаниям метеопараметров. Перепады температуры воздуха могут значительно превышать амплитуду суточных колебаний, нередко достигая  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  и более [1].

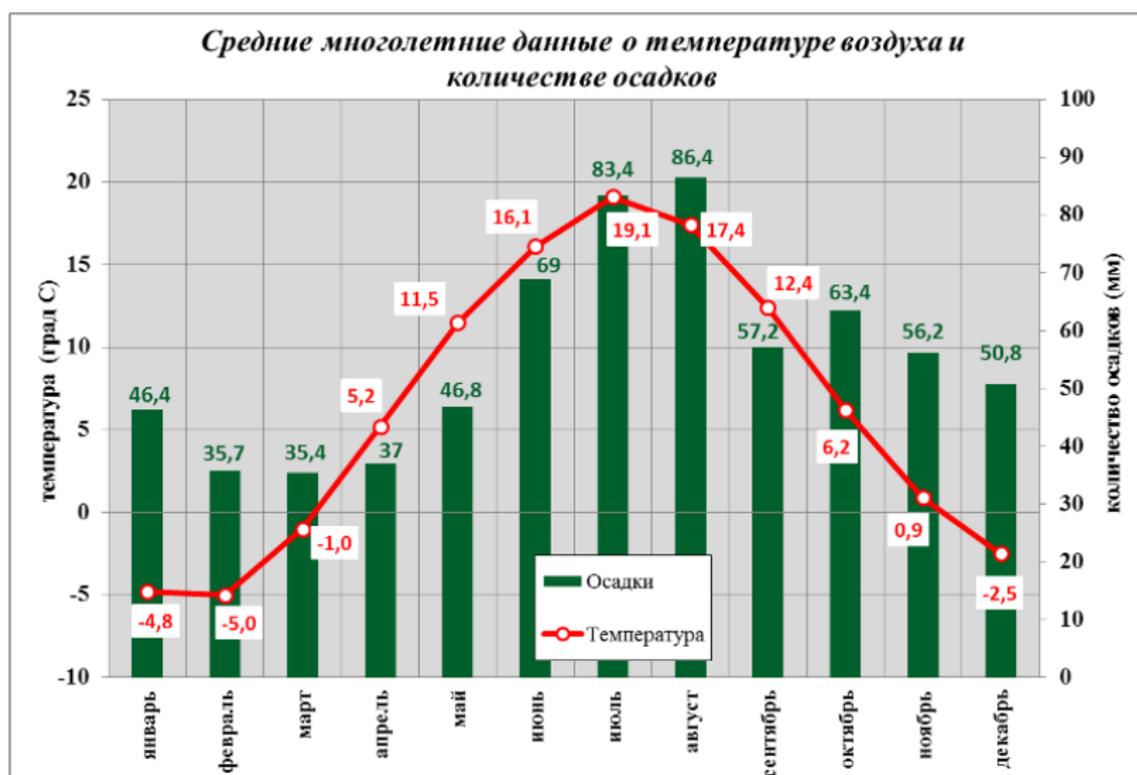


Рисунок 1.4 – Средние многолетние данные о температуре воздуха и количестве осадков.

В связи с большой изменчивостью погоды Ленинградская область является одним из самых сложных для прогнозирования регионов.

Особенностью Ленинградской области является неоднородность погодных условий по территории, обусловленная разнообразием рельефа, большой протяженностью области с запада на восток и близостью крупных водоемов (Финский залив, Ладожское и Онежское озера) [2].

Кроме резких изменений погоды, самих по себе являющихся неблагоприятным фактором, на территории области также наблюдаются практически все опасные метеорологические явления: шквалы и смерчи, снегопады и метели, гололед, кратковременные интенсивные ливни и продолжительные дожди, наводнения, грозы, град, туман, а также сильные морозы и жара, которая может быть причиной лесных пожаров и засухи.

По своему географическому местоположению Санкт-Петербург попадает в зону избыточного увлажнения. Выпадение осадков в регионе главным образом определяется интенсивностью циклонической деятельности.

В среднем за год выпадает 667,7 мм осадков. В течение года осадки выпадают неравномерно, около 50% осадков приходится на осень. Распределение среднемноголетнего годового количества осадков по месяцам представлено на графике. Максимум осадков приходится обычно летом на август, а минимум – на март. [4].

Показательной характеристикой режима увлажнения является число дней с осадками. В Санкт-Петербурге за год в среднем отмечается 120 дней с суточным количеством осадков 1 мм и более, из них на осеннее-зимние месяцы приходится максимальное число таких дней – до 11-12. Минимальное число дней с количеством осадков более 1 мм приходится на весенние месяцы – 8 дней. Средняя продолжительность выпадения осадков в день уменьшается от зимы к лету [4].

Климат в Шлиссельбурге относительно других северных районов более мягкий, среднегодовая температура в Шлиссельбурге составляет +3,5 °С. В январе средняя температура воздуха обычно составляет –12°С, однако штормовой северный ветер может быть причиной кратковременных похолоданий до –30 °С.

Примерно в начале марта наступают внезапные оттепели. Весна приходит в прибрежный город в апреле, и, хотя ночами всё ещё бывают заморозки, дневная температура поднимается до +5...+6 °С. Летом к полудню воздух прогревается

до +23...+25 °С, однако температура воды в Ладоге и в Неве обычно составляет около +18 °С [1].

### 1.3 Орографические особенности района исследования

В зависимости от выбранного пути исследования микроклимата, могут рассматриваться различные воздействия орографии и неоднородности подстилающей поверхности.

Детально можно рассмотреть города и поселения, выбранные для исследования, с географической точки зрения.

Санкт-Петербург является важным промышленным, научным и культурным городом, а также крупнейшим транспортным узлом. Город расположен на побережье Финского залива, реки Невы и островах ее дельты. В качестве основных районов Санкт-Петербурга выделяют северный (правобережный), южный (левобережный) и дельтовый.

Правобережье отличается обилием зелени, озер, прудов, пересеченностью рельефа и общей живописностью ландшафта, при этом представляет собой наиболее возвышенную часть города с крупными парками. Менее благоприятна для освоения восточная часть правобережья в связи со значительной площадью заторфованных земель.

Левобережный район характеризуется плоской однообразной равниной с малым числом водотоков, простирающейся на юг до Пулковских высот. На незастроенных площадях почти отсутствует зелень. Острова невской дельты — крупнейший по занимаемой площади район, отличающийся высоким уровнем застройки. Лесная растительность сохранилась лишь в лесопарках районов новой застройки и в пригородной зоне.

Шлиссельбург расположен на северо-западе Кировского района Ленинградской области, в 50 км от Санкт-Петербурга, на левом берегу истока реки Невы из Ладожского озера. Немного ниже по течению с правого берега в

Неву впадает речка Черная. В окрестностях Шлиссельбурга находятся многочисленные деревни и поселки, зачастую расположенные так близко друг к другу, что их границы могут различить лишь местные жители. Город расположен у бухты Петрокрепость.

Сосново — посёлок в Приозерском районе Ленинградской области, является административным центром Сосновского сельского поселения. Посёлок расположен на южном и восточном берегах Раздолинского озера. Через посёлок протекает река Сосновка и её притоки — ручьи Козлец и Быковец. Близ посёлка можно отметить небольшие озера: Малое Сосновское, Большое Сосновское и Ольховец. Лемболовская возвышенность находится на юго-западе от поселения. В целом район имеет холмистый рельеф из камовых отложений.

Воейково — посёлок в Колтушском сельском поселении Всеволожского района Ленинградской области. Посёлок находится на Колтушской возвышенности, к востоку от Колтушей. Ландшафт района характеризуется камовыми отложениями и холмистой местностью. Высота Колтушской возвышенности колеблется от 50 метров до 100 метров. На территории находится охраняемые парки. В посёлке Воейково находится Центральная экспериментальная полевая база Главной геофизической обсерватории и магнитно-ионосферная обсерватория петербургского отделения Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова. На северо-западной окраине посёлка находится природоохранный объект — термокарстовая котловина «Глубокая», диаметром от 150 до 300 м и глубиной 27 м.

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ. ОЦЕНКА РЕЖИМОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.

### 2.1 Понятие микроклимата

Климатология как наука развивается и помимо макроклимата, к понятию которого все уже так привыкли, выделяется местный климат и микроклимат. Разделение науки на отдельные части вызвано желанием более глубокого изучения тем и направлений. Для того, чтобы это разделение было полезно, необходимо выделить особенности свойств явлений и процессов. Этими свойствами в нашем случае служат масштабы явлений. Или масштабы объектов.

Микроклимат и местный климат выделяют в отдельное направление не только из-за разных масштабов исследования, но и из-за практической значимости. Большая часть деятельности человека и народного хозяйства происходит в условиях местного климата и микроклимата. Климат мелких масштабов намного легче поддается изменениям, чем глобальный.

Масштабы микроклиматических исследований определяются не только масштабами климатообразующих факторов, но и вертикальной протяженностью явлений, а также их близостью к деятельной поверхности. Деятельная поверхность является источником энергии, тепла и влаги. Транспортирование свойств воздуха, таких как температура и влажность, происходит с помощью турбулентного обмена. Турбулентный обмен намного больше в свободной атмосфере, чем в приземном слое воздуха [5].

Итак, масштаб является основой выделения местного климата и микроклимата. Под макроклиматом подразумеваются климатические явления, которые обуславливаются факторами большего масштаба. Такими факторами могут быть циркуляционные процессы, широта местности, расположение относительно морей, орография.

Изменения на уровне макроклимата можно наблюдать вне зоны действия подстилающей поверхности, а на высоте десятков и сотен метров. Однако судить о макроклимате можно и с стандартными измерениями метеорологических параметров на привычных 2 метрах на открытой местности, с помощью сети наблюдений.

Местный рельеф имеет меньшие масштабы. Климатообразующие факторы определяются мезорельефом и растительными массивами. Местный климат может исследоваться для леса, горной долины, речной долины, города. Особенности местного климата прослеживаются на высотах до десятков и сотен метров. Однако с высотой влияние ослабевает.

Наблюдения на таких маленьких высотах позволяют получить градиенты различных метеорологических характеристик. Так как расстояния небольшие, а изменение метеовеличин велико, градиенты получаются больше, чем в макромасштабе. Температура может меняться на несколько градусов только в десятках метров, а вертикальное изменение температуры в приземном слое имеет ярко выраженный суточный ход. Днем адиабатические градиенты, а ночью инверсии могут изменяться в слое 100 метров не только на десятые доли градуса, а на целые десятки градусов.

Микроклиматические явления происходят в приземном слое воздуха вертикальной протяженностью до 2 метров. Микроклимат будет напрямую зависеть от микрорельефа, характера подстилающей поверхности, растительности [5].

Особенность микроклиматических градиентов метеорологических характеристик в том, что они имеют огромные значения. Градиенты температуры, например, могут выражаться сотнями градусов на сто метров. Явления микроклиматических масштабов не выходят за рамки указанных вертикальных и горизонтальных масштабов, но имеют весомое практическое значение.

Слой деятельной поверхности, ограниченный микроклиматическим масштабом, находится под непосредственным влиянием человека. Здесь протекает большая часть деятельности человека, произрастают культурные

растения. От этого слоя зависит сельское хозяйство. Если воздействовать на подстилающую поверхность и изменять ее, то будет меняться и микроклимат. Например, если вытаптывать травостой или вырубать леса, микроклимат будет изменяться очень быстро, травам и растениям придется адаптироваться к новым условиям. Непосредственно, любое вмешательство в устои природы влечет за собой последствия [5].

## 2.2 Методы микроклиматического исследования

Микроклиматических явлений слишком много, и они слишком разнообразны. Поэтому весь земной шар изучить со стороны микроклимата невозможно. При изучении микроклимата, выбирают такие местности, которые являются типичными для других более обширных территорий. Так, при изучении микроклимата сельскохозяйственных территорий выбирают места с одной характерной для данного участка выращиваемой культурой. При подборе участка учитывают еще агротехники, используемые на поле. Немаловажными являются почвенный покров и микрорельеф местности. Дополнительно можно устроить наблюдения за влиянием выращиваемой культуры на микроклимат [6].

Когда участков исследования уже выбран, составляют план местности и расположение основных пунктов наблюдения. Так же можно описать расположение и крутизну склонов, возвышенности, ширину и глубину долины, степень ее замкнутости и облесенности склонов и т.п.

Для полного исследования микроклимата производят наблюдения за температурой и влажностью воздуха и почвы, скоростью и направлением ветра, облачностью, потоками лучистой энергии. Получением данных занимаются через одно и то же время, для точности выводов. В данной работе микроклимат рассматривается на основании данных наблюдений за температурой, скоростью и направлением ветра [7].

Для оценки правдоподобности полученных данных полагается первичная их обработка и сравнение их с рядом наблюдений за много лет с ближайшей метеостанции.

Особенности явлений микроклимата и местного климата, выделяющиеся большой изменчивостью в пространстве, а также их короткая продолжительность наблюдений над ними определяют особенности метода обработки наблюдений [6].

Первичная обработка, которая заключается в осреднении повторных значений, составления базовых таблиц наблюдений, а также критическому их оцениванию, поможет структурировать полученные данные. После первичной обработки следует провести специальную микроклиматическую обработку. Эта обработка нужна для дальнейшего практического применения данных. Обработка данных по микроклимату и местному климату проводится на усмотрение исследователя. Однако, есть определенные принципы, которых должен придерживаться исследователь микроклиматических особенностей района.

Обработка данных выполняется в первую очередь для перехода от краткосрочных наблюдений к осредненным метеорологическим характеристикам. Дальнейший шаг невозможен без первого. С использованием осредненной характеристики пункта наблюдений нужно провести оценку территории исследования [8].

В микроклиматических исследованиях нельзя применять методы стандартной линейной интерполяции. Для нормальной оценки характеристик территории важно использовать локальные описания особенностей местности в виде рельефа, растительности, почвы, городской застройкой.

В микроклиматическом описании территории нужно учитывать закономерности и связи выше перечисленных факторов с метеорологическими характеристиками [6].

Реализуемые в общей климатологии методы приведения значений непригодны в данном случае. Наблюдения для оценки микроклимата территории продолжаются в течение нескольких месяцев или лет [5].

### 2.3 Роль неоднородной поверхности в формировании микроклимата.

Микроклимат описывается локальными изменениями метеорологических характеристик на небольшой территории. Рельеф непосредственно влияет на изменение параметров в горизонтальном и вертикальном направлениях. Например, температуры и скорости ветра будут разные в нижней части долины и на вершине холма.

Влияние на режим ветра оказывает рельеф местности. Влияние оказывает высота местности, дифференциация рельефа, неровность поверхности, высокие деревья и городские постройки [9].

Воздушный поток может изменяться при встрече с выступами и впадинами. Роль выступов могут играть горы, холмы, дюны, сопки, вулканы. Роль впадин играют овраги, ущелья, долины, ямы. Деформация ветра сильно заметна у подножия формы рельефа и ослабевает при подъеме. Поэтому сложно учитывать изменения без нормального хода ветра снизу-вверх.

Бывает два вида деформаций ветра. Это динамическая и термодинамическая. Когда воздушный поток встречает на своем пути препятствие, он его обтекает. При этом может происходить расхождение и схождение ветра. Могут появляться завихрения.

Скорость ветра может усиливаться или ослабевать. По закону Бернулли, в зависимости от сужения или расширения сечения потока его скорость изменяется. При сужении сечения скорость увеличивается, при расширении уменьшается. Это происходит из-за изменения давления в потоке. Скорость ветра может уменьшаться еще за счет затраты энергии на трение и завихрение.

Завихрения могут быть разные. Встречаются как горизонтальные, так и вертикальные завихрения [5].

На береговой части моря или озера присутствует бризовая циркуляция. Днем берег прогревается сильнее, чем вода, поэтому движение потока идет с моря на сушу в приземном слое атмосферы. Давление над морем больше, чем над берегом. На высоте днем происходит обратное направление потока – его называют антибризом.

Ночью движение потоков воздуха идет совсем наоборот. Ночью поверхность берега выхолаживается быстрее, чем моря. Давление меняется и над сушей оно больше, чем над водой. Поток воздуха у воды движется с берега на море и называется береговым бризом, а на высоте с моря на берег.

Бриз развивается, если разница температур на суше и над водой большая. Интенсивность бризовых потоков напрямую зависит от градиента давления, а давление зависит от температуры. Чем выше температура над поверхностью, тем давление меньше, и наоборот.

Дневной бриз тем интенсивнее, чем больше берег является скалистым или песчаным без растительности. И наоборот, если берег зарос травами, кустарниками или место заболоченное, то бризовая циркуляция будет слабая. Это происходит потому, что затрат на испарение идет больше с растительного покрова [5].

Амплитуда температуры в течение суток зависит от формы рельефа. Амплитуда температуры за сутки на равнинах, как правило, вдвое меньше, чем в долинах. На вершинах и склонах возвышенностей суточная амплитуда меньше, чем на равнинах, так как температурный режим сглаживается. Вершины и склоны незначительно прогреваются под солнцем в течение дня и больше тепла отдают в атмосферу, а ночью прохладный воздух опускается вниз по склону. Поэтому на вершинах и склонах воздух днем прохладный и сухой, ночью теплый. Обратная картина происходит в долинах. Ночью и утром долины наполняются влажным и холодным воздухом. Днем в долине воздух сухой и жаркий [9].

Помимо рельефа на температуру влияет скорость ветра и облачность. В горно-долинной местности в ветреную и облачную погоду разность температур на вершине и у подножия сильно изменяется, в отличие от ясной погоды. Вершина становится холоднее, а падение температуры с высотой достигает сухоадиабатического градиента. Зимой на средние месячные температуры влияет инверсия в ночные часы. Летом — перегрев долины днем.

Суточные колебания температуры в ущельях намного ниже, чем в пологих рельефах. Днем ущелье от нагрева защищают отвесные скалы, ночью они же уменьшают тепловое излучение. Термический режим у берегов водоемов тоже значительно отличается от обычной равнинной местности. Воздух над береговыми линиями медленнее нагревается, но тепло держат чуть дольше, благодаря высокой влажности воздуха [5].

Развитие облаков летом затруднено над озерами и большими реками. Ладожское и Онежское озера обладают этой особенностью. Как правило, кучевые облака образуются по краю озера. Когда ветер дует в сторону озера, облака, скорее всего, начинают разрушаться. Их мощность ослабевает и в конечном итоге облака становятся дымкой.

Над большими реками в сплошной облачности появляются открытые участки аккуратно надо водой. Осенью вода в озерах и реках теплее окружающей суши. Из-за этого над водой создаются условия неустойчивости. Эта неустойчивость как раз и приводит к появлению облаков и туманов. Осенью часто развиваются кучевые облака. Условия образования облаков зимой, после появления снега и льда над озером, такие же, как на суше.

Влияние на облачность возвышенностей и холмов есть и довольно существенное. Даже небольшая возвышенность смещает слои атмосферы. Неоднородный рельеф местности с высотами вызывает вынужденную конвекцию. Таким образом на возвышенностях, например, Валдайской, облачности всегда будет чуть больше, чем над равниной. Речь, конечно, идет об облачности нижнего яруса. В течение года это правило действует на образование облачности. А зимой влияние орографии может быть даже больше, чем летом.

Зимой воздух намного ближе к насыщению. Так же зимой высотка нижней границы облаков опускается. Это вызвано избыточной конденсацией [5].

Естественно, что изменение облачности ведет за собой увеличение или уменьшение осадков. Воздушный поток влияет на расположение осадков. Направление смещение воздушных масс определяет, где суммы осадков будут больше. Особенно, если направления ветра во время осадков постоянны. Можно ввести понятие дождливой розы ветров. Это та роза ветров, при которой выпадает большая часть осадков. Если построить такую розу, ей можно будет пользоваться для определения сумм выпавших осадков по обширной территории.

Крупные моря и озера непосредственно влияют на режим осадков. Осадки выпадают реже на островах и плоских побережьях в летние месяцы. Там, где присутствуют восходящие движения от дневного бриза облачности становится больше и увеличивается количество осадков. Не уменьшаются осадки и на наветренных побережьях [5].

#### 2.4 Анализ термического режима

Расположение рядом с водоемами сильно влияет на суточный ход и немного на годовой ход температуры. Зимой влияние не так заметно из-за покрытого льдом озера. На берегу температуры ниже, чем на остальных участках суши, отдаленных от воды. Подобное происходит и с изменением температуры с высотой на холмах. Температура на верхней части холма будет теплее днем, а ночью холоднее.

Радиационное выхолаживание тоже имеет большую роль. Если оно интенсивное, то разница на берегу и вдалеке от него будет большая. То есть при отсутствии облачности разница температур будет намного больше, чем в пасмурную погоду. Разница между нижней частью холма и верхней в ясную погоду будет составлять около 6 °С, а в пасмурную около 2 °С и меньше [9].

Результаты обработки данных наблюдений за температурой представлены на рисунках 2.1 и 2.2.

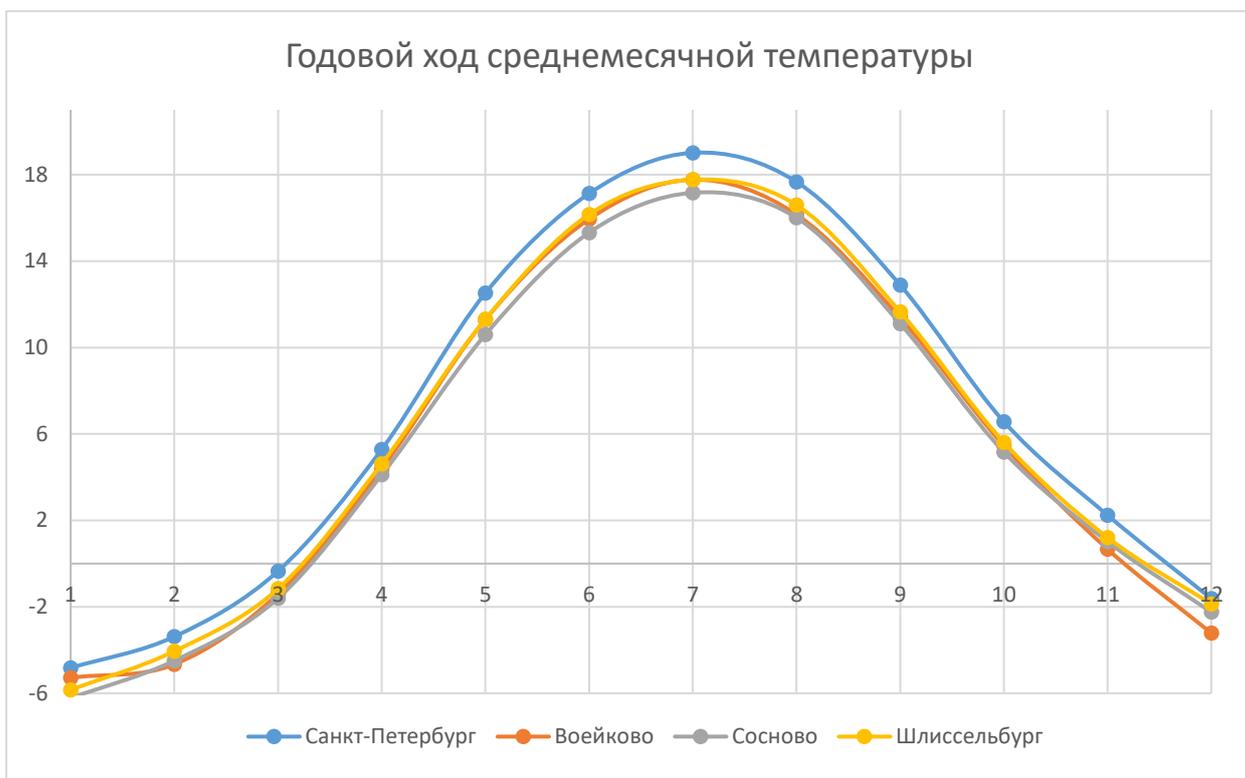


Рисунок 2.1 – График годового хода среднемесячных температур воздуха в Санкт-Петербурге, Воейково, Сосново, Шлиссельбурге

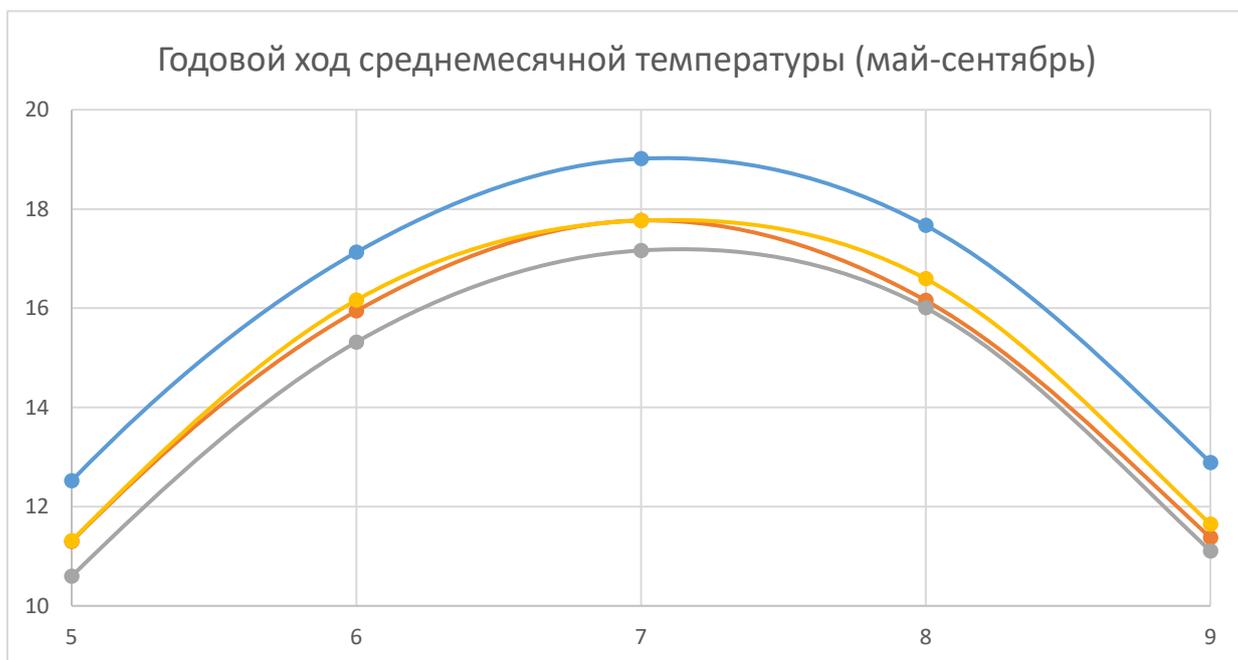


Рисунок 2.2 – График хода среднемесячных температур воздуха с мая по сентябрь в Санкт-Петербурге, Воейково, Сосново, Шлиссельбурге

Среднемесячная температура воздуха в пунктах наблюдения имеет нормальный годовой ход.

Минимумы значений приходятся на январь, максимумы на июль. Расположение метеорологических станций относительно друг друга довольно близкое, поэтому разница между станциями очень маленькая.

Общее влияние орографии и расположения на значения температур довольно велико даже в таком небольшом районе исследования.

Температура в Санкт-Петербурге в течение года больше, чем на всех остальных пунктах. Городская среда города предрасполагает более высокие температуры, чем в его окрестностях.

Для более детального анализа рассмотрим температуры воздуха только с мая по сентябрь.

Средняя температура воздуха в Сосново летом немного меньше, чем в Шлиссельбурге и Воейково. Это легко обосновать расположением данного населенного пункта севернее остальных.

В Шлиссельбурге температура несколько больше, чем в Воейково, хоть их температуры часто совпадают. Так же заметна небольшая разница в августе. Температура в августе в Шлиссельбурге больше, чем в Воейково, что можно объяснить близостью города к берегу Ладожского озера.

Даты наступления весны и осени так же используются для описания термического режима района.

Устойчивый переход температуры через определенные значения имеет большую роль для определения дат наступления весны, вегетационного периода и других следствий потепления или похолодания. Разные пороговые значения отвечают за разные природные явления. Например, весной за начало жизни растений после долгой зимы, осенью за их увяданием.

При устойчивом переходе температуры воздуха через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  весной происходит сход снежного покрова, просыхание почвы, вскрытие рек. После перехода через  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  осуществляется вегетация озимых, холодоустойчивых растений и сельскохозяйственных культур.

С началом осени и наступлением осенних месяцев переход через  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  означает скорое окончание вегетационного периода. А переход через пороговое значение  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  служит показателем окончательного прекращения вегетации растений, появление первых заморозков, завершение полевых и сельскохозяйственных работ [10].

За дату устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15 гр. весной принимается первый день периода, сумма положительных отклонений от нормы которого превышает сумму отрицательных отклонений любого из последующих периодов с отрицательными отклонениями. [11]

Устойчивый переход через определенные значения приходится на тот день, после которого обратного перехода не наблюдается, а если он был, то короткие периоды относились весной к похолоданию, а осенью – к потеплению.

Переход среднесуточных температур через определенные пороговые значения высчитывался по методике, предложенной Хаустовым В.А.

В выбранных пунктах предполагается рассчитать при помощи программы Хаустова В.А. даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел. Программа устроена так, что она отмечает дату устойчивого перехода температуры ниже нулевой границы, т.е. начало зимнего периода, цифрой 0, а дату устойчивого перехода температуры выше нулевой границы, т.е. начало весны, – цифрой 1.

Средние даты перехода температуры через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  весной и осенью, количество дней безморозного периода и сумма среднесуточных температур за безморозный период в пунктах наблюдения представлены в таблице 2.1.

Даты перехода через ноль в положительную сторону на каждой станции различны, однако попадают в период наступления весны исследуемого района – 22 марта. За последние десять лет в Санкт-Петербурге весенний переход через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в среднем наступал раньше, чем в остальных пунктах, и был 13 марта. Далее переход происходит в Сосново, Воейково и Шлиссельбурге. Самый поздний переход в Шлиссельбурге 22 марта.

Таблица 2.1 – Характеристики безморозного периода и переходные даты

Пункты наблюдения	Весна	Осень	Всего дней	Сумма температур
Санкт-Петербург	13.03.	26.11.	259	2916,1
Воейково	20.03.	17.11.	242	2605,5
Сосново	19.03.	22.11.	249	2430,0
Шлиссельбург	22.03.	23.11.	253	2665,4

Осенний переход через ноль наблюдается 17 ноября в Воейково. В Сосново переход происходит на пять дней позже. С отличием в один и четыре дня переход наступает в Шлиссельбурге и Санкт-Петербурге. В Санкт-Петербурге самый поздний переход 26 ноября. Полученные даты близки к климатической норме наступления осени – 23 ноября.

Для детального рассмотрения полученных данных были составлены гистограмма количества безморозных дней в году и график среднесуточных температур за это период. Они представлены на рисунках 2.3 и 2.4.

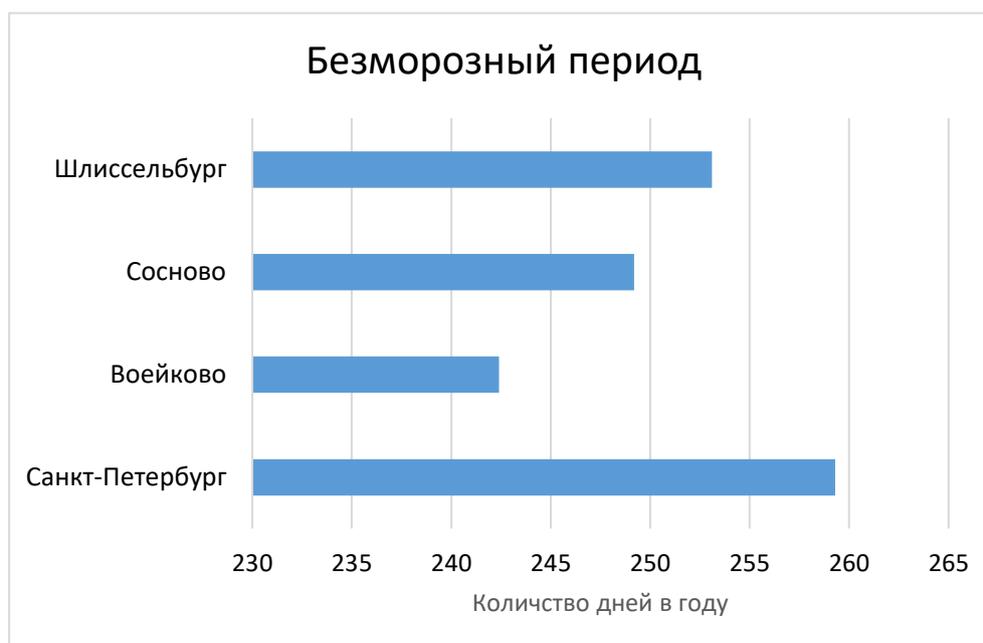


Рисунок 2.3 – Гистограмма распределения количества дней безморозного периода в пунктах наблюдения

Большее количество безморозных дней (259) наблюдаются в городе Санкт-Петербурге. На 6 дней меньше в Шлиссельбурге – 253. Отрыв ранее названных городов в 9-10 дней от пунктов наблюдения в Воейково и Сосново объясняется близким расположением к крупным водным объектам. Примечательно, что Санкт-Петербурге безморозных дней больше еще из-за острова тепла, формирующегося в черте города.

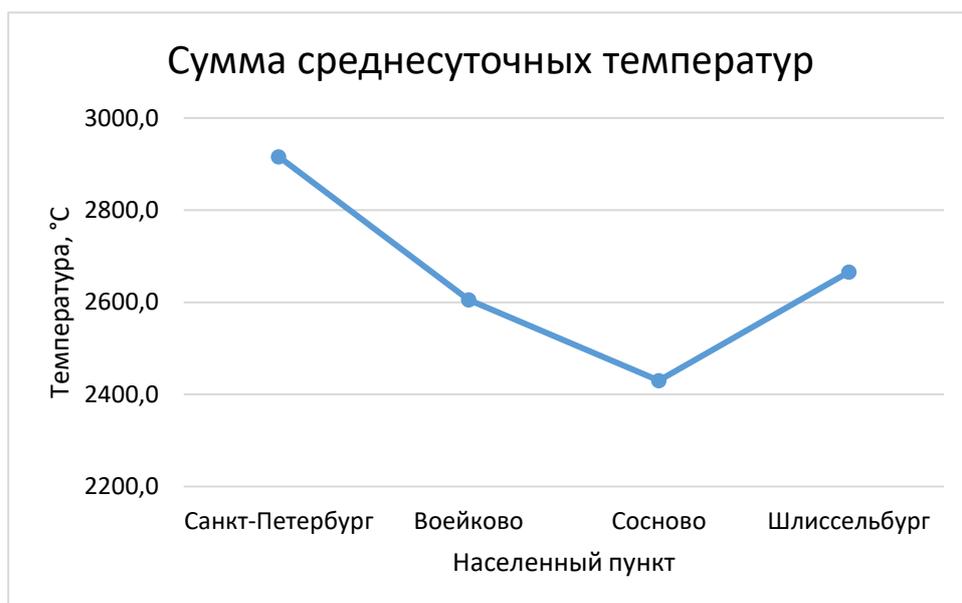


Рисунок 2.4 – График распределения сумм среднесуточных температур за безморозный период в пунктах наблюдения.

Для оценки теплообеспеченности пунктов рассматривается сумма среднесуточных температур, так как по ним можно судить о локальных изменениях в течение нескольких лет. Наименьшая сумма температур в Сосново, что оправдывается более северным положением пункта. В Воейково и Шлиссельбурге значения сумм близки, но в Воейково меньше. Большая сумма температур в Санкт-Петербурге.

Наибольший интерес представляют Шлиссельбург и Воейково. Разница сумм температур довольно мала из-за близкого расположения поселка и города. Ранее на графике среднемесячных температур была видна небольшая разница между обсуждаемыми пунктами – в Шлиссельбурге температура осенью

«запаздывала» на 0,5 °С, в отличие от Воейково, хотя ход температуры до этого был практически одинаковый. Подобная ситуация прослеживается и в несколько больших суммах температур, и в более поздней дате осеннего устойчивого перехода через ноль.

## 2.5 Анализ ветрового режима

Влияние на режим ветра оказывает рельеф местности. Так же важную роль играет городская застройка и высота деревьев. Оценить режим ветра можно по метеорологическим характеристикам. Данные для анализа были взяты из архива метеорологических станций.

Влияние оказывает высота местности, дифференциация рельефа, неровность поверхности, высокие деревья и городские постройки.

Воздушный поток может изменяться при встрече с выступами и впадинами. Роль выступов могут играть горы, холмы, дюны, сопки, вулканы. Роль впадин играют овраги, ущелья, долины, ямы. Деформация ветра сильно заметна у подножия формы рельефа и ослабевает при подъеме. Поэтому сложно учитывать изменения без нормального хода ветра снизу-вверх.

Бывает два вида деформаций ветра. Это динамическая и термодинамическая. Когда воздушный поток встречает на своем пути препятствие, он его обтекает. При этом может происходить расхождение и схождение ветра. Могут появляться завихрения.

Направление ветра зимой, весной, летом и осенью изменяется не сильно. В зимние месяцы направления ветров имеют южное, юго-западное и западное направления на территории Ленинградской области. Деятельность циклонов в это время определяет местную циркуляцию. Скорость западных ветров зимой превышает 4 м/с. Ветры северных направлений зимой практически отсутствуют. Переход от зимы к весне, от весны к лету характеризуется сильными изменениями ветрового режима.

Летом влияние циклонов сильно изменяется в отрицательную сторону. Скорости ветра становятся меньше, однако западный ветер все так же занимает лидирующие позиции. Его скорость в среднем летом 3 м/с. Летом повторяемость штилей намного больше, чем зимой [2].

На береговой части Ладожского озера в теплое время года присутствует бризовая циркуляция. Днем берег Ладоги прогревается сильнее, чем озеро, поэтому движение потока идет с озера на сушу в приземном слое атмосферы. Давление над озером больше, чем над берегом. На высоте днем происходит обратное направление потока - антибриз.

Ночью движение потоков воздуха идет совсем наоборот. Ночью поверхность берега выхолаживается быстрее, чем озера. Давление меняется и над сушей оно больше, чем над водой. Поток воздуха у воды движется с берега на озеро и называется береговым бризом, а на высоте с озера на берег.

Еще бризы могут происходить, помимо Ладожского, на таких озерах, как Онежское, Ильмень. Бриз развивается, если разница температур на суше и над водой большая. Интенсивность бризовых потоков напрямую зависит от градиента давления, а давление зависит от температуры.

Дневной бриз тем интенсивнее, чем больше берег является скалистым или песчаным без растительности. И наоборот, если берег зарос травами, кустарниками или место заболоченное, то бризовая циркуляция будет слабая. Это происходит потому, что затрат на испарение идет больше с растительного покрова [8].

Результат обработки данных наблюдений за направлением ветра и штилей в Санкт-Петербурге представлен на рисунке 2.5 и 2.6.

По пункту Санкт-Петербург направление ветров в течение года меняется не сильно. Розы ветров представлены на рисунке ... В осенние и зимние месяцы больше 50% преобладает ветер юго-западного направления. Так же выделяются ветра восточно-юго-восточного направления. В осеннем месяце октябре направления ветра наиболее разнообразны – присутствуют южные и северные залоки воздуха.

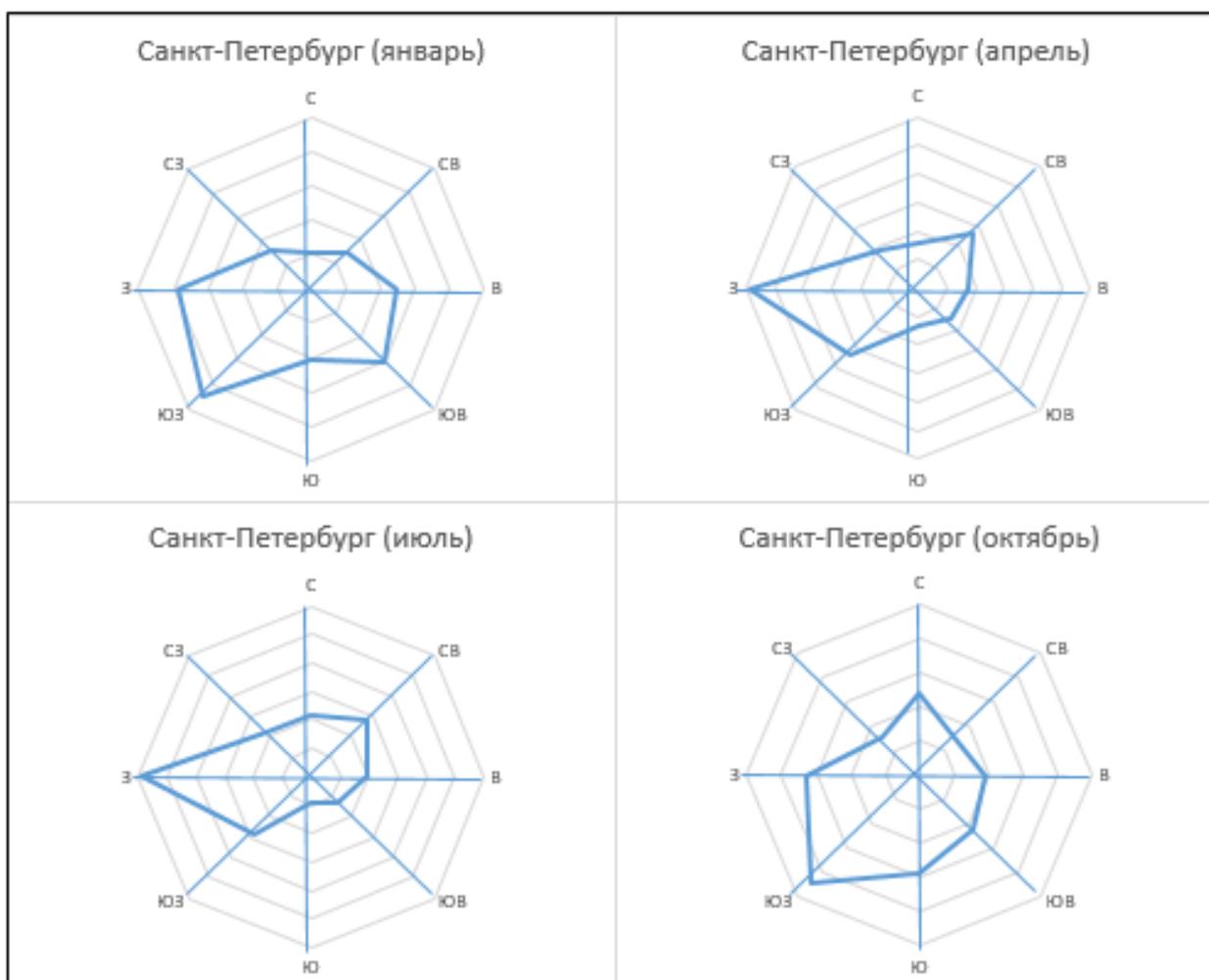


Рисунок 2.5 – Розы ветров в разные сезоны года  
в Санкт-Петербурге

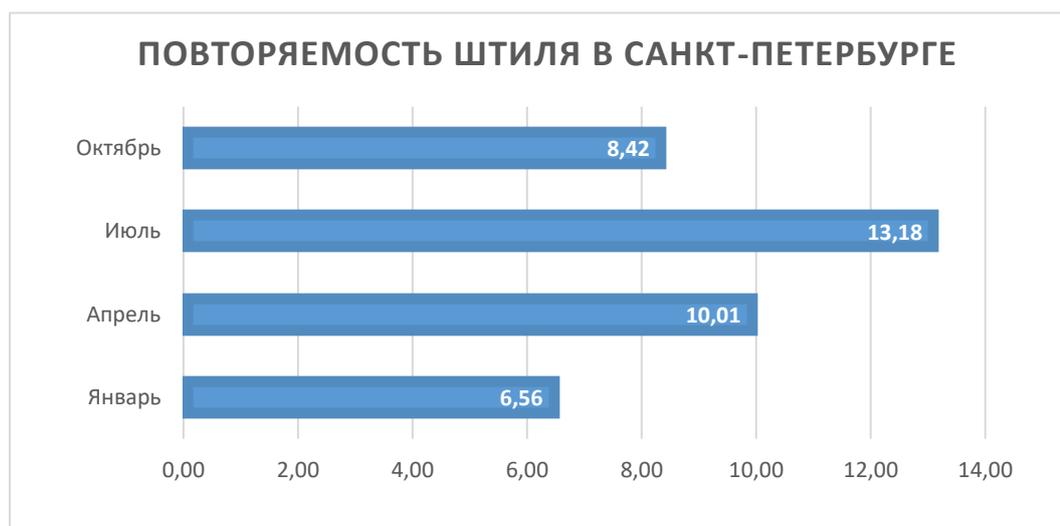


Рисунок 2.6 – Гистограмма повторяемости штиля по сезонам  
в Санкт-Петербурге

Весной и летом в месяцах апрель и июль большую повторяемость имеет западное направление ветра. Немного меньше имеет превалирование направления запад-юго-запад и юго-запад.

В Санкт-Петербурге безветренная погода бывает не так часто. Большие значения повторяемости штиля, чем в остальное время, встречаются летом – в июле достигает 35%. Наименьшие зимой в январе – 17%. Диаграмма распределения повторяемости штиля наглядно это показывает.

Направление ветра в поселке Воейково достаточно разнообразны. В течение года повторяемость направлений ветра изменяется, в каждом сезоне преобладает свое направление.

Диаграммы средней повторяемости направлений ветра в разные месяцы представлена на рисунке 2.7.

Зимой в январе преобладающими направлениями являются южное и западное. Часты юго-западные ветра. Повторяемость ветров с востока несколько меньше.

Весной в апреле месяце дуют западные ветра. Так же довольно часто присутствуют ветра юго-западного, южного, западо-северо-западного и северо-восточного направлений.

Летом преобладают ветра западного и северного направлений. Немалую повторяемость имели юго-западные и северо-восточные ветра. Реже встречались ветра южного направления.

Осенью большую повторяемость в октябре имеют южные ветра. Немного меньше юго-юго-западные, юго-западные и западные ветра. Так же присутствовали ветра северо-восточных и восточных направлений.

В Воейково безветренная погода чаще, чем в Санкт-Петербурге. Повторяемость штиля больше летом – в июле достигает 36%. Наименьшие весной в апреле – 14%. Диаграмма распределения повторяемости штиля представлена на рисунке 2.8.

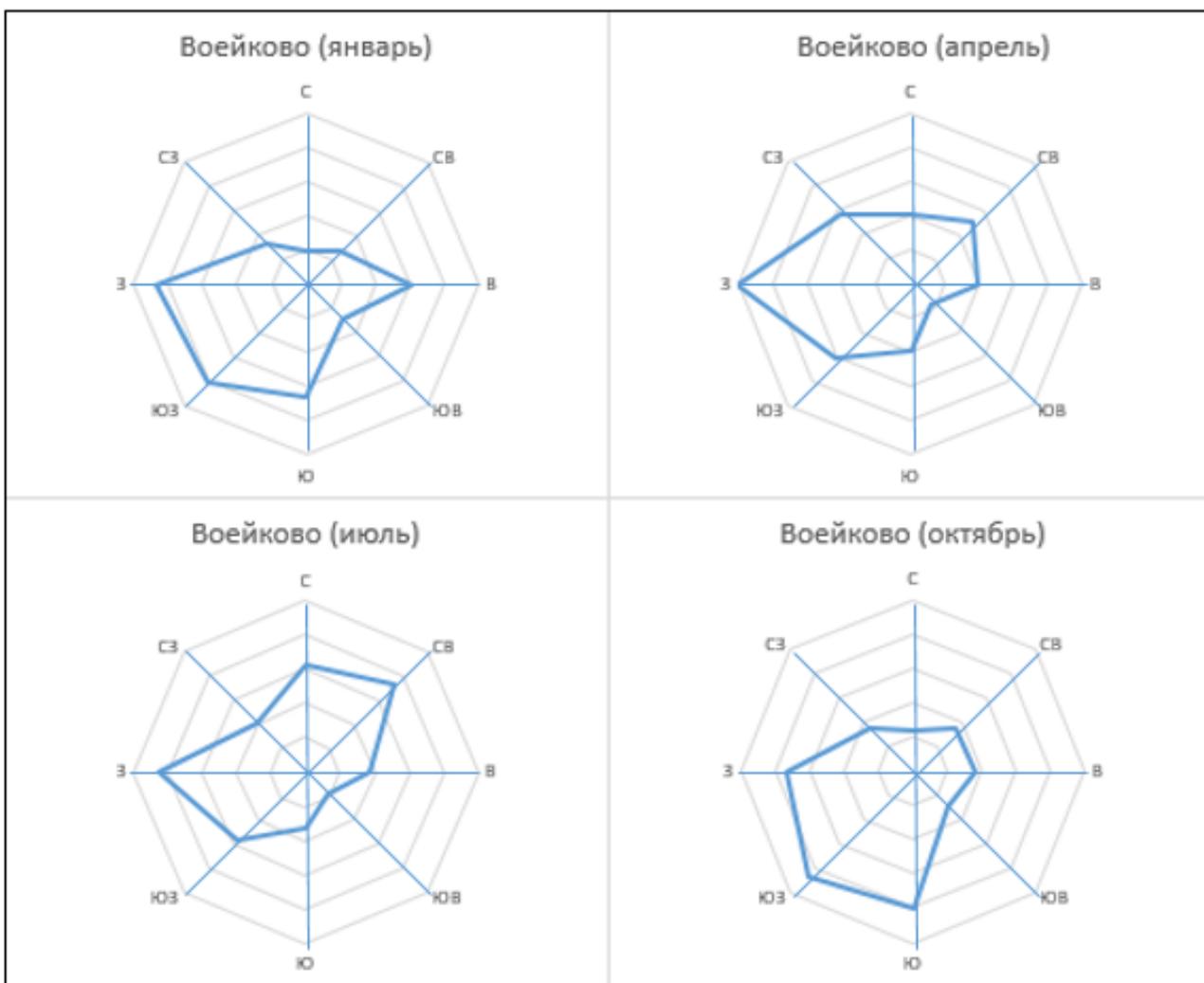


Рисунок 2.7 - Розы ветров в разные сезоны года  
в поселке Воейково



Рисунок 2.8 – Гистограмма повторяемости штиля по сезонам  
в поселке Воейково

На метеорологической станции в пункте Сосново повторяемость направлений ветра и штилей в течение года слабо изменяется, но есть исключения. Весной и летом слабо проявляется бризовая циркуляция ветра, которая обосновывается расположением пункта вблизи берега Ладожского озера.

Средняя повторяемость направления ветра по сезонам представлена на розах ветров на рисунке 2.9.

Зимой в Сосново преобладают ветра южного и западного направлений. Довольно часто дуют ветра с юго-запада. Ветра северного, северо-восточного и восточного направлений практически отсутствуют.

Весной преобладающим ветром в Сосново являлся западо-юго-западный ветер. Меньшую повторяемость имели ветра западного, юго-западного и южного направлений. Еще меньше – северо-восточных направлений.

Летом ветер имеет два основных направления: западное и северо-восточное. Преобладающим ветром являлся западо-юго-западный ветер. Реже встречались ветра с севера и северо-востока. Повторяемость юго-юго-восточных ветров была мала.

Осенью в Сосново снова начинают преобладать западные и южные ветра. Часты ветра юго-западных направлений. Практически отсутствуют ветра северного и северо-восточного направлений.

Повторяемость штиля можно посмотреть на рисунке 2.10, на котором представлена гистограмма распределения по сезонам года.

Повторяемость штиля в Сосново приблизительно равномерно распределено в течение года. Наибольшее количество штилей в году бывает летом в июле – повторяемость 30%. Наименьшее равно 22% и одинаково весной и осенью.

Безветренная погода в Сосново повторяется в течение всего года намного чаще, чем в Санкт-Петербурге и Воейково. Эту особенность можно легко обосновать расположением населенного пункта. Сосново находится за Лемболовской возвышенностью, то есть с подветренной стороны основного направления ветра, а также среди высоких деревьев.

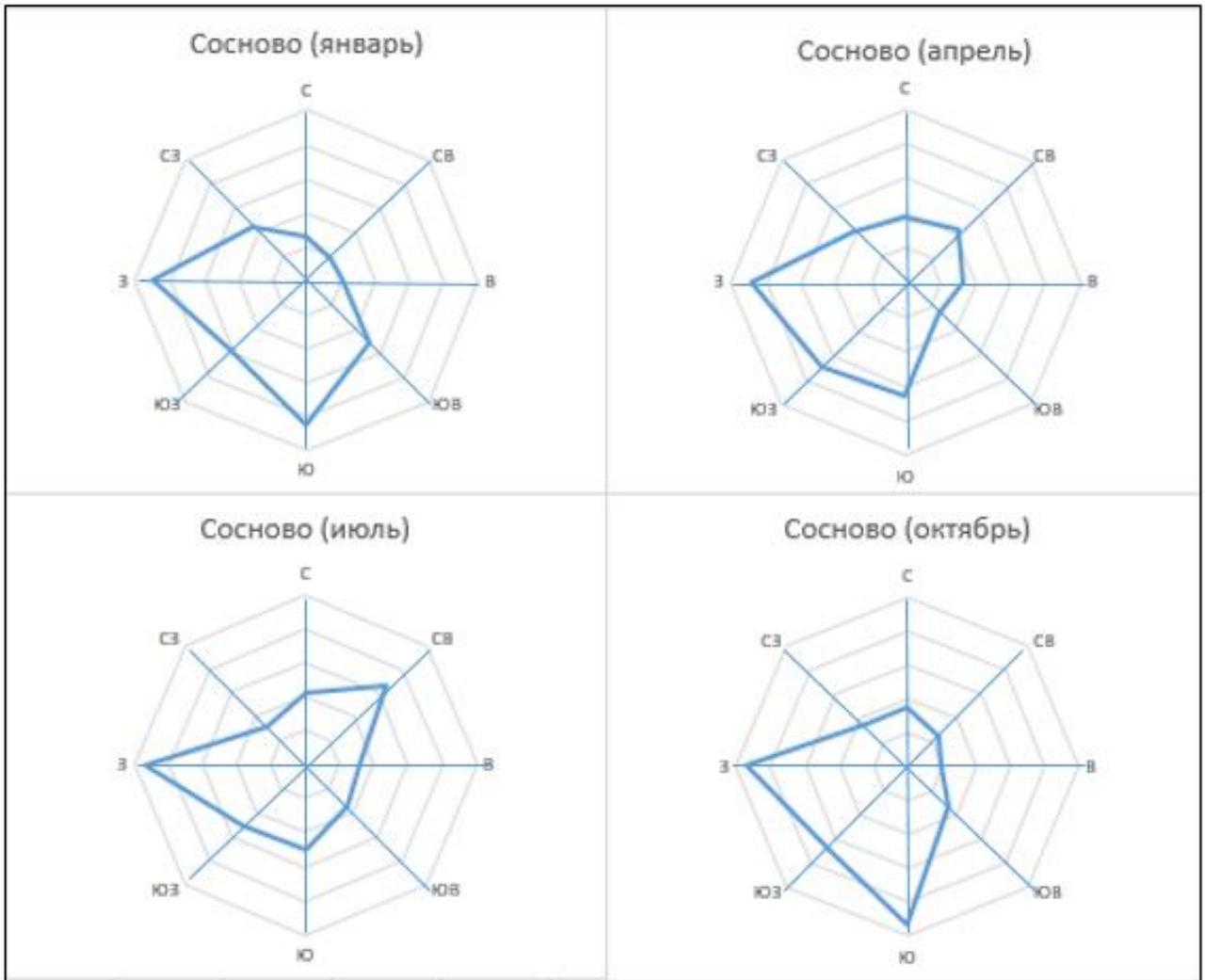


Рисунок 2.9 - Розы ветров в разные сезоны  
в поселке Сосново



Рисунок 2.10 - Гистограмма повторяемости штиля по сезонам  
в поселке Сосново

Повторяемость направления ветра в Шлиссельбурге выделяется от других пунктов. Бризовые ветра наблюдаются на берегу Ладожского озера днем и ночью. Ветровой поток направлен ночью с суши на озеро, днем с озера на сушу. Особенностью изменения преобладающего направления ветра в течение года является то, что бриза нет в осенние и зимние месяцы пока южная часть Ладожского озера окутана льдом.

Зимой и осенью преобладают ветра южных и юго-западных направлений. Повторяемость остальных возможных направлений крайне мала.

Весной и летом направления ветров делится на две части. Первая часть ветров приходит с запада, юго-запада и юга. Вторая с северо-востока. Это указывает на наличие бриза в пункте наблюдения.

Повторяемость штиля летом очень велико и равно 44%. Меньше всего в апреле – 16%.

Было бы логичным рассмотреть суточную бризовую циркуляцию в Шлиссельбурге. Наглядно направление ветра можно рассмотреть на рисунке 2.11. Ночью ветра являются береговым бризом и дуют с юга и юго-запада. Днем направление ветра северо-восточное, что соответствует бризу с озера. Розы ветров в течение года показаны на рисунке 2.12.

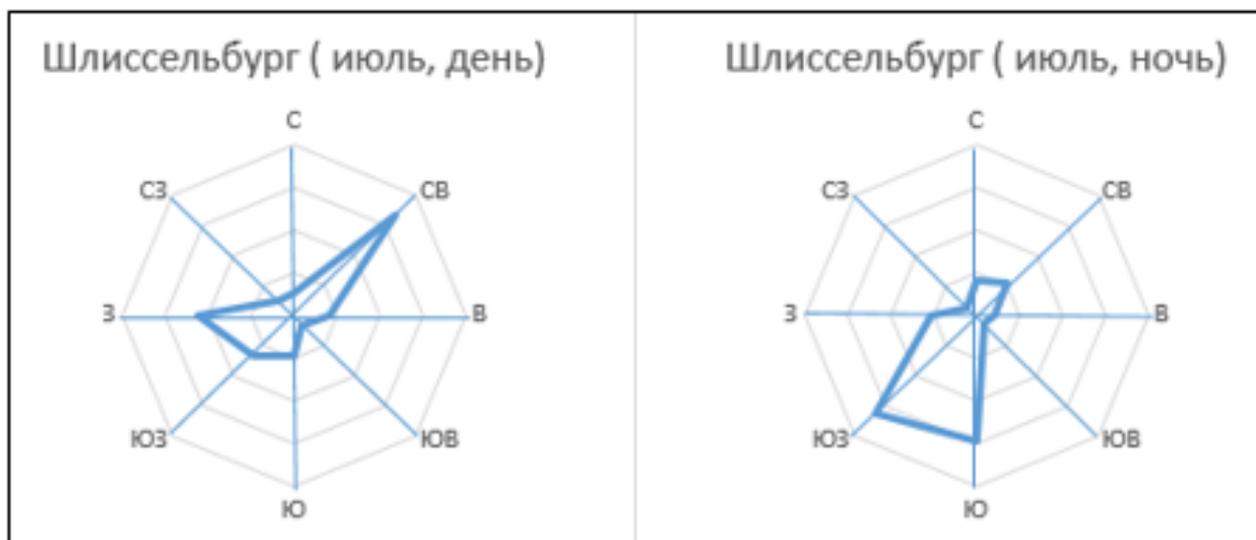


Рисунок 2.11 – Розы ветров в июле днем (15 ч.) и ночью (03 ч.)  
в Шлиссельбурге

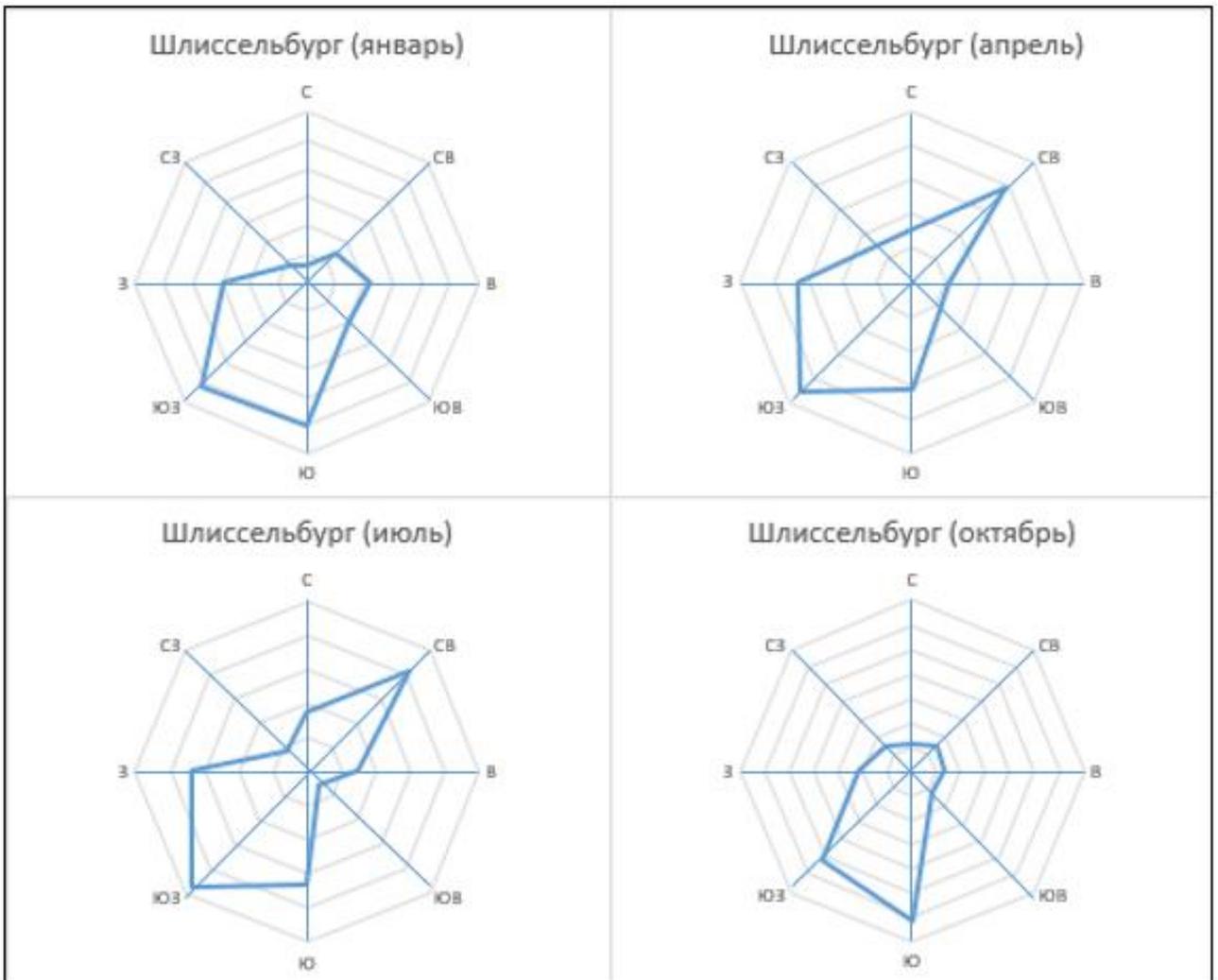


Рисунок 2.12 – Розы ветров в разные сезоны  
в Шлиссельбурге



Рисунок 2.13 - Гистограмма повторяемости штиля по сезонам  
в Шлиссельбурге

Повторяемость штиля на всех станциях в течение года можно посмотреть на сводной гистограмме. На рисунке 2.14 она представлена.

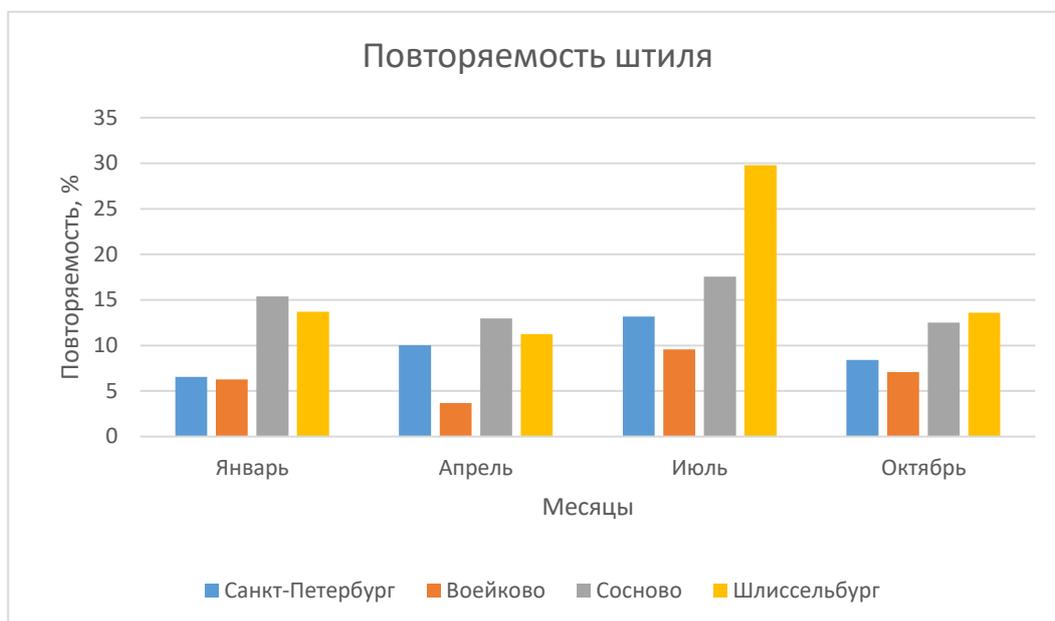


Рисунок 2.14 – Гистограмма средней повторяемости штилей на разных станциях в течение года

По рисунки видно, что в течение года в Сосново штилей больше, чем на других станциях. Однако в июле штилей в Шлиссельбурге повторяемость примерно в два раза больше, чем в течение года на остальных станциях. В Шлиссельбурге метеорологическая станция находится на повороте Невы из бухты Петрокрепость, что объясняет такое частое безветрие. Наименьшая повторяемость штилей наблюдается в Воейково. Самые сильные ветра бывают именно здесь, благодаря холмистому рельефу.

Среднемесячные скорости ветра в четырех населенных пунктах имели определенный годовой ход. В марте скорости ветра достигали максимальных значений, а в июле минимальных.

На рисунке 2.15 изображены осредненные за месяц в течение десяти лет скорости ветра по пунктам наблюдения.

В целом годовой ход является нормальным для местной циркуляции. Зимой и весной скорости ветра выше, чем летом.

На метеостанции Воейково скорости ветра в течение года немного превосходили значения остальных пунктов. В Санкт-Петербурге и Сосново значения довольно близки, но все же отличаются.

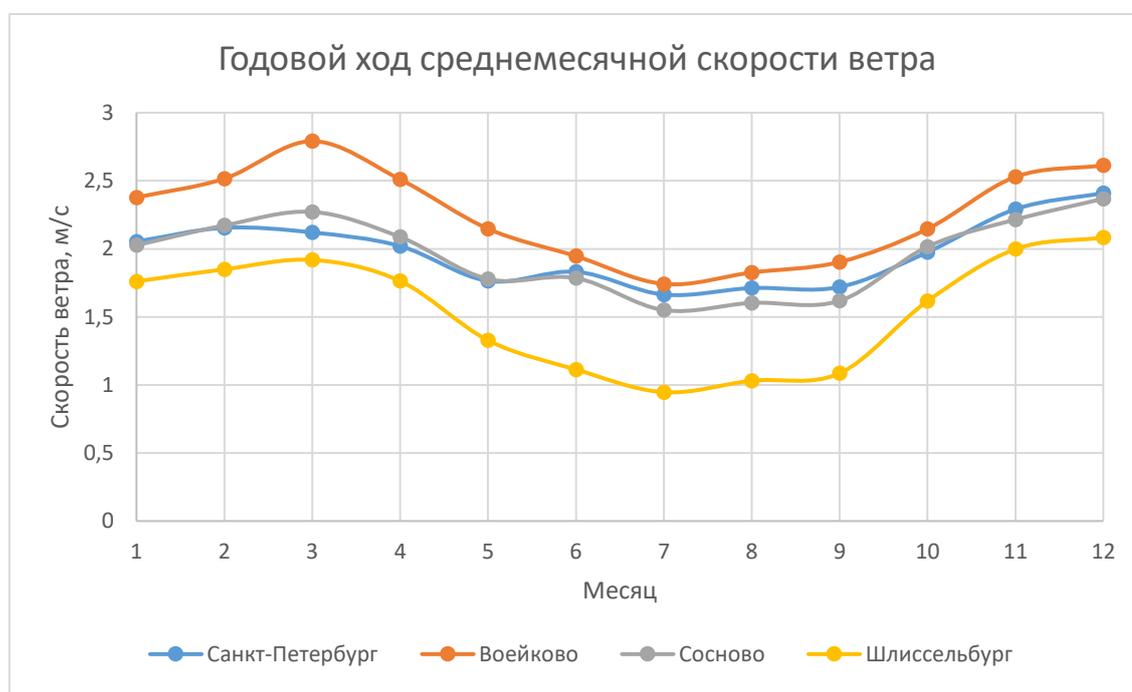


Рисунок 2.15 – График годового хода среднемесячной скорости ветра в разных пунктах наблюдения.

В Сосново скорости ветра больше в марте, чем в Санкт-Петербурге. А летом скорости ветра больше в Санкт-Петербурге. Наименьшие скорости ветра были зафиксированы в городе Шлиссельбург.

Местная циркуляция ветров находится под влиянием Финского залива и западного переноса. В Шлиссельбурге и Сосново влияние Ладожского озера прослеживается в весеннее и летнее время до замерзания воды. В Шлиссельбурге присутствует бризовая циркуляция. Большую повторяемость имели юго-западное и западное направления ветров.

### 3. МИКРОКЛИМАТ ПРИЛАДОЖЬЯ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Выполненный анализ термического и ветрового режима поможет разобраться в влиянии рельефа и местоположения на микроклимат территории у Ладожского озера. Ниже будут представлены описания нахождения метеорологических площадок в разных городах и поселениях.

Наблюдательные пункты располагаются на разных высотах, располагаются недалеко друг от друга. Чтобы представлять связь метеорологических элементов, был выполнен корреляционный анализ среднемесячных скорости ветра и температуры за двенадцать месяцев. Результаты можно увидеть в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Корреляционная связь среднемесячных значений скорости ветра и температур за год.

Пункты	$r$	$\sigma_r$	$t^*$	$t_{кр}$	Значимость
Санкт-Петербург	-0,86	0,079	-10,81	2,2	значимая
Воейково	-0,89	0,062	-14,22	2,2	значимая
Сосново	-0,88	0,070	-12,44	2,2	значимая
Шлиссельбург	-0,92	0,046	-19,78	2,2	значимая

Корреляционный анализ среднемесячных температур воздуха и скорости ветра на выбранных станциях показал, что связь между элементами отрицательная и очень сильная (от -0,86 до -0,92).

То есть расчеты средних значений скоростей ветра и температуры за десять лет были выполнены верно и нет никаких отклонений в сторону неправдоподобности результатов анализа.

Расположение метеорологических станций в Санкт-Петербурге и Шлиссельбурге схоже тем фактом, что они располагаются среди городской постройки, в черте города. Так же они находятся вблизи таких водных объектов, как рек Невы и Малая Невка, Карповка.

Координаты метеостанции в Санкт-Петербурге  $59^{\circ} 58'$  с.ш. и  $30^{\circ} 17'$  в.д. Высота станции над уровнем моря 4 метра. Таким образом эта станция на Песочной набережной располагается ниже всех остальных в данной работе. На рисунке 3.1 изображена топографическая карта местности вблизи метеостанции.



Рисунок 3.1 – Топографическая карта местности вблизи метеостанции в Санкт-Петербурге

Река Малая Невка непосредственно влияет на все регистрируемые метеостанцией значения. В целом вокруг станции нет высокой застройки на

западной стороне. С восточной стороны приток воздуха трансформируется жилым комплексом «Ориенталь».

Такое расположение предполагает, что ветер чаще всего будет наблюдаться с северо-запада, запада и юго-запада, т.е. с более свободной от застройки стороны. Это и наблюдается на розах ветров Санкт-Петербурга в течение года.

В Шлиссельбурге метеорологическая станция располагается у берега истока Невы, недалеко от места где Нева вытекает из Ладожского озера. Станция Санкт-Петербурге. Координаты станции  $53^{\circ} 56'$  с.ш.  $31^{\circ} 00'$  в.д. На рисунке 3.2 можно увидеть расположение метеостанции.

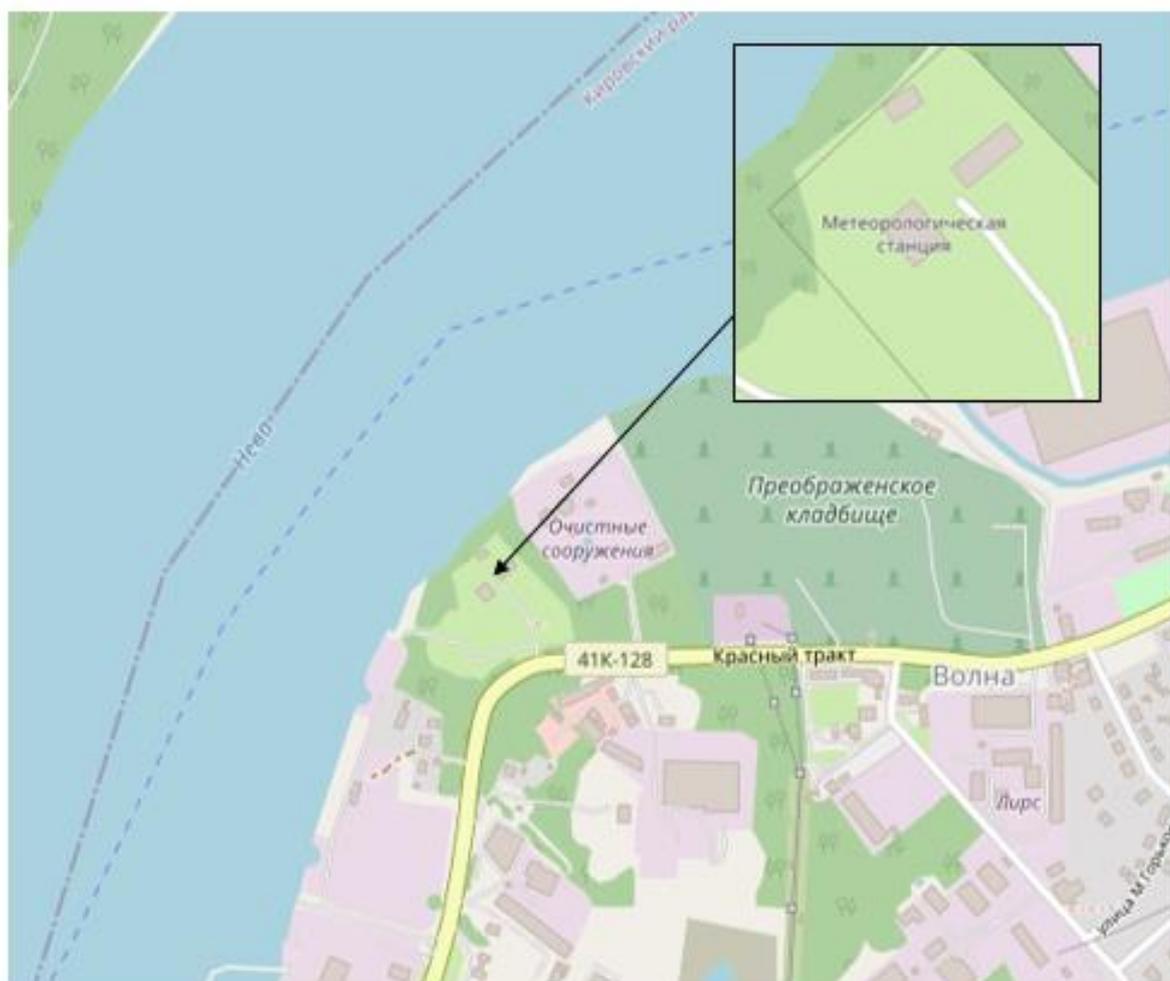


Рисунок 3.2 – Топографическая карта местности вблизи метеостанции в Шлиссельбурге

Рядом с метеостанцией находятся очистные сооружения и кладбище, которые располагаются с западной стороны. С юго-западной и южной стороны находятся некие здания и невысокие постройки. Большую часть окружающего пространства станции занимает Нева.

Учитывая нахождение города на побережье Ладожского озера, можно объяснить бризовую циркуляцию, которая наблюдается весной, летом и осенью. Днем ветер дует с озера и Невы в сторону юга, ночью со стороны городских зданий и построек.

Сосново и Воейково объединяет то, что они находятся в природной, почти естественной среде. Поселки располагаются без выхода к большой воде, поэтому местную циркуляцию ветров контролирует масштабное перемещение воздушных масс. На рисунке 3.3 изображено расположение метеостанции в Воейково.



Рисунок 3.3 – Топографическая карта местности вблизи метеостанции в Воейково

Поселок Воейково располагается между Санкт-Петербургом и Шлиссельбургом на Колтушской возвышенности. Координаты места  $59^{\circ} 57'$  с.ш. и  $30^{\circ} 43'$  в.д. Высота станции 37 метров над уровнем моря.

Высота Колтушской возвышенности колеблется от 50 метров до 100 метров. На рисунке 3.3 можно увидеть местоположение станции.

Неоднородность подстилающей поверхности влияет на движение ветра. Застройки с северо-запада низкие, но их влияние заметно в том, что в течение года на розе ветров практически не регистрируется северо-западный ветер. Однако эта особенность может быть обусловлена влиянием того, что Воейково находится в юго-восточной части от основных высот Колтушской возвышенности.

Сосново находится в Приозерском районе Ленинградской области. Координаты места  $60^{\circ} 33'$  с.ш. и  $30^{\circ} 15'$  в.д. Высота станции 70 метров над уровнем моря. Изображение местности около метеорологической станции Сосново показано на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Топографическая карта местности вблизи метеостанции в Сосново

Особенности района в том, что Лемболовская возвышенность находится на юго-западе от Сосново. Вокруг станции наблюдается холмистый рельеф. В окрестностях Сосново много озер и болот, а также много деревьев и кустарников разного яруса.

Хоть высота станции и больше всех остальных пунктов, это не влияет на увеличение скорости ветра. Наоборот скорости ветра в среднем слабее, чем в Воейково. Это можно обосновать наличием соснового леса вокруг поселения с высокими деревьями и более высоким коэффициентом турбулентного трения.

Повторяемость направлений ветра в течение года изменяется слабо. Весной и летом слабо проявляется бризовая циркуляция ветра, которая обосновывается расположением пункта вблизи берега Ладожского озера. Остальное время преобладают ветра со стороны Финского залива.

### 3.1 Микроклимат термического режима

Микроклимат термического режима представляет собой совокупность факторов, определяющих изменение температуры в горизонтальном и вертикальном направлении.

Температура в Санкт-Петербурге в течение года больше, чем на всех остальных пунктах. Городская среда города предрасполагает более высокие температуры, чем в его окрестностях.

Средняя температура воздуха в Сосново летом немного меньше, чем в Шлиссельбурге и Воейково. Это легко обосновать расположением данного населенного пункта севернее остальных.

Даты перехода через ноль в положительную сторону на каждой станции различны, однако попадают в период наступления весны исследуемого района – 22 марта. За последние десять лет в Санкт-Петербурге весенний переход через 0°С в среднем наступал раньше, чем в остальных пунктах, и был 13 марта. Далее

переход происходит в Сосново, Воейково и Шлиссельбурге. Самый поздний переход в Шлиссельбурге 22 марта. Далее переход происходит в Сосново, Воейково и Шлиссельбурге. Самый поздний переход в Шлиссельбурге 22 марта.

Осенний переход через ноль наблюдается 17 ноября в Воейково. В Сосново переход происходит на пять дней позже. С отличием в один и четыре дня переход наступает в Шлиссельбурге и Санкт-Петербурге. В Санкт-Петербурге самый поздний переход 26 ноября. Полученные даты близки к климатической норме наступления осени – 23 ноября.

Общее влияние орографии и расположения на значения температур довольно велико даже в таком небольшом районе исследования.

### 3.2 Микроклимат ветрового режима

Распределение ветра по другим станциям отличаются следующим образом. В Сосново скорости ветра в целом не больше, чем в Санкт-Петербурге. В Сосново вокруг наблюдательного пункта находится лесная зона, которая не дает ветру набирать силу и сглаживает годовой ход. В Санкт-Петербурге эту функцию выполняет городская застройка, влияющая на скорость ветра. Большая скорость ветра в течение года наблюдается в Воейково. Поселок не застроен высокими зданиями, имеет холмистую местность и находится на возвышенности. Меньшие скорости ветра наблюдаются в Шлиссельбурге. Примечательно, что повторяемость штилей больше всего в Шлиссельбурге. Объяснить такие особенности можно расположением пункта наблюдения на небольшой высоте, нахождением близко к бухте Петрокрепость.

В ходе исследования было принято решение провести детальный анализ влияние рельефа на изменение скорости ветра в двух пунктах, располагающихся рядом.

Для виртуального анализа ветрового режима были выбраны Воейково и Шлиссельбург, так как их орографические различия представляют интерес.

В Воейково будут использоваться ветровые коэффициенты для неустойчивой стратификации атмосферы, а в Шлиссельбурге для устойчивой.

Для определения высот возвышенностей воспользуемся описанием территорий наблюдательных пунктов, представленным ранее.

Изменение скорости ветра в различных условиях рельефа имеет большую важность. Например, для улучшения условий выращивания сельскохозяйственных культур используют места с меньшим обдувом территории. Скорость ветра на открытом месте и на разных частях рельефа отличаются друг от друга. Рельеф дифференцирован на несколько элементов: вершина, наветренный склон, подветренный склон, параллельный ветру склон. В таблице 3.2 указаны коэффициенты для пересчета скорости ветра в зависимости от особенностей рельефа при условиях неустойчивой или устойчивой стратификации атмосферы [11].

Так как рельеф местности является холмистым, виртуальный анализ скорости ветра будет проводиться на примере холма.

На рисунке 3.5 представлено наглядная аэродинамика холма. Изменение градиента потока влияет на скорость ветра. Самые высокие скорости ветра на вершине. С подветренной стороны образуется ротор. Скорости ветра на верхней части подветренной стороны меньше, чем в средней и нижней.

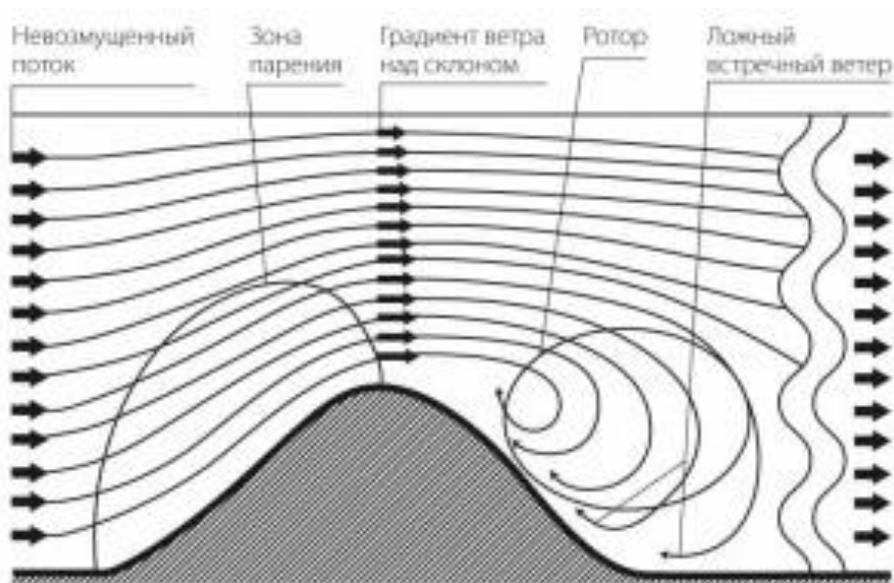


Рисунок 3.5 – Обтекание холма потоками воздуха

Таблица 3.2 – Коэффициенты изменения скорости ветра от формы рельефа

Форма рельефа	Скорость ветра на ровном месте, м/с			
	3 - 5		6 - 20	
Стратификация атмосферы	Неустойчивая	Устойчивая	Неустойчивая	Устойчивая
Открытое ровное место	1	1	1	1
Открытые возвышения, холмы				
Вершины более 50 м.	1,4 – 1,5	1,6 - 1,8	1,2 – 1,3	1,4 – 1,5
Наветренные склоны крутизной 3-10				
Верхняя часть	1,2 – 1,3	1,4 – 1,6	1,1 – 1,2	1,4 – 1,5
Средняя часть	1,0 – 1,1	1,0 – 1,1	1,0 – 1,1	1,1 – 1,2
Нижняя часть	1,0	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0	1,0
Параллельные ветру склоны крутизной 3-10				
Верхняя часть	1,1 – 1,2	1,3 – 1,4	1,0 – 1,1	1,2 – 1,3
Средняя часть	0,9 – 1,0	1,0 – 1,1	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0
Нижняя часть	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9
Подветренные склоны крутизной 3-10				
Верхняя часть	0,8 – 0,9	0,8 – 0,9	1,1 – 1,2	1,3 – 1,4
Средняя часть	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0	0,9 – 1,0	1,0 – 1,1
Нижняя часть	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9
Возвышения с плоскими вершинами и пологими склонами				
Вершины, верхние части наветренных и подветренных склонов крутизной 1-3	1,2 – 1,4	1,4 – 1,6	1,1 – 1,3	1,4 – 1,5
Средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов крутизной 4-10	1,1 – 1,2	1,1 – 1,2	1,1 – 1,2	1,2 – 1,3
Средние и нижние части подветренных склонов крутизной 4-10	0,7 – 0,9	0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0

В Шлиссельбурге значения скорости ветра для холмистого рельефа представлены в таблице 3.3. Коэффициенты взяты для устойчивой стратификации атмосферы.

Таблица 3.3 – Скорость ветра в Шлиссельбурге на разных участках холма

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средние месячные скорости ветра	1,8	1,8	1,9	1,8	1,3	1,1	0,9	1,0	1,1	1,6	2,0	2,1
Форма рельефа	Скорости ветра											
Вершины более 50 м. (1,6)	2,8	3,0	3,1	2,8	2,1	1,8	1,5	1,6	1,7	2,6	3,2	3,3
Наветренные склоны крутизной 3-10 <sup>0</sup>												
Верхняя часть (1,4)	2,5	2,6	2,7	2,5	1,9	1,6	1,3	1,4	1,5	2,3	2,8	2,9
Средняя часть (1,0)	1,8	1,8	1,9	1,8	1,3	1,1	0,9	1,0	1,1	1,6	2,0	2,1
Нижняя часть (0,8)	1,4	1,5	1,5	1,4	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,3	1,6	1,7
Параллельные ветру склоны крутизной 3-10 <sup>0</sup>												
Верхняя часть (1,3)	2,3	2,4	2,5	2,3	1,7	1,4	1,2	1,3	1,4	2,1	2,6	2,7
Средняя часть (1,0)	1,8	1,8	1,9	1,8	1,3	1,1	0,9	1,0	1,1	1,6	2,0	2,1
Нижняя часть (0,9)	1,6	1,7	1,7	1,6	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,5	1,8	1,9
Подветренные склоны крутизной 3-10 <sup>0</sup>												
Верхняя часть (0,8)	1,4	1,5	1,5	1,4	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,3	1,6	1,7
Средняя часть (0,9)	1,6	1,7	1,7	1,6	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,5	1,8	1,9
Нижняя часть (0,8)	1,4	1,5	1,5	1,4	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,3	1,6	1,7

В Воейково использованы коэффициенты для неустойчивой стратификации атмосферы. Значения представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Скорость ветра в Воейково на разных участках холма

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средние месячные скорости ветра	2,4	2,5	2,8	2,5	2,1	1,9	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5	2,6
Форма рельефа	Скорости ветра											
Вершины более 50 м. (1,4)	3,3	3,5	3,9	3,5	3,0	2,7	2,4	2,6	2,7	3,0	3,5	3,7
Наветренные склоны крутизной 3-10 <sup>0</sup>												
Верхняя часть (1,2)	2,9	3,0	3,3	3,0	2,6	2,3	2,1	2,2	2,3	2,6	3,0	3,1
Средняя часть (1,0)	2,4	2,5	2,8	2,5	2,1	1,9	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5	2,6
Нижняя часть (1,0)	2,4	2,5	2,8	2,5	2,1	1,9	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5	2,6
Параллельные ветру склоны крутизной 3-10 <sup>0</sup>												
Верхняя часть (1,1)	2,6	2,8	3,1	2,8	2,4	2,1	1,9	2,0	2,1	2,4	2,8	2,9
Средняя часть (0,9)	2,1	2,3	2,5	2,3	1,9	1,8	1,6	1,6	1,7	1,9	2,3	2,4
Нижняя часть (0,8)	1,9	2,0	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,5	1,5	1,7	2,0	2,1
Подветренные склоны крутизной 3-10 <sup>0</sup>												
Верхняя часть (0,8)	1,9	2,0	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,5	1,5	1,7	2,0	2,1
Средняя часть (0,8)	1,9	2,0	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,5	1,5	1,7	2,0	2,1
Нижняя часть (0,7)	1,7	1,8	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,3	1,3	1,5	1,8	1,8

Графики годового изменения скоростей ветра на вершине и верхней части различных склонов холма в городе Шлиссельбург представлены на рисунке 3.6.

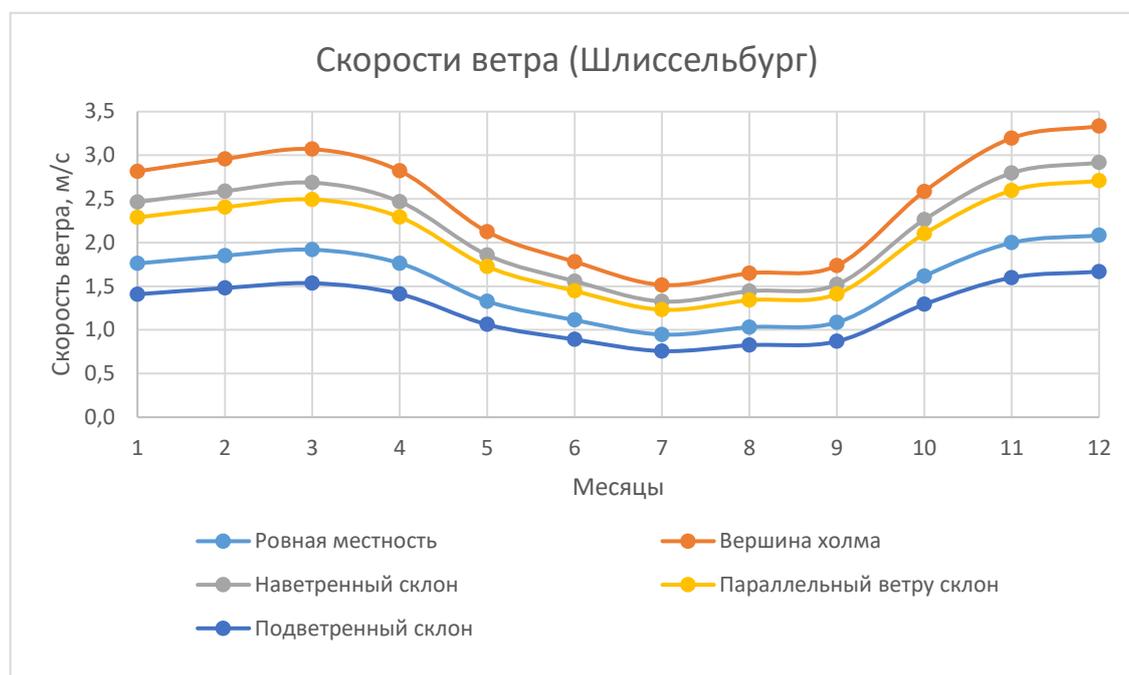


Рисунок 3.6 – График годового хода скорости ветра на верхних участках холма в Шлиссельбурге

По результатам виртуального анализа скорости ветра можно сделать вывод, что на вершине холма выше 50 метров скорость намного больше, чем на всех остальных частях, и равна в самом ветреном месяце декабрь 3,7 м/с, а в марте 3,1 м/с. Подветренный склон имеет меньшую скорость ветра – значения меньше, чем на ровной местности, в декабре скорость равна 1,7 м/с, в марте 1,5 м/с. Чуть меньше скорости ветра, чем на вершине холма, значения приходится на наветренный склон – в декабре 2,9 м/с, в марте 2,7 м/с, а еще меньше на параллельном ветру склоне – в декабре 2,7 м/с, в марте 2,5 м/с.

В июле скорости ветра в Шлиссельбурге небольшие, поэтому изменение на разных частях холма тоже минимальны.

Данное распределение скоростей по склонам холма объясняются аэродинамикой обтекания холма. Годовой ход показывает, что с изменением величины среднемесячной скорости ветра меняется и величина, на которую изменяется скорость ветра на разных частях холма.

Графики годового изменения скоростей ветра на вершине и верхней части различных склонов холма в поселке Воейково представлены на рисунке 3.7.

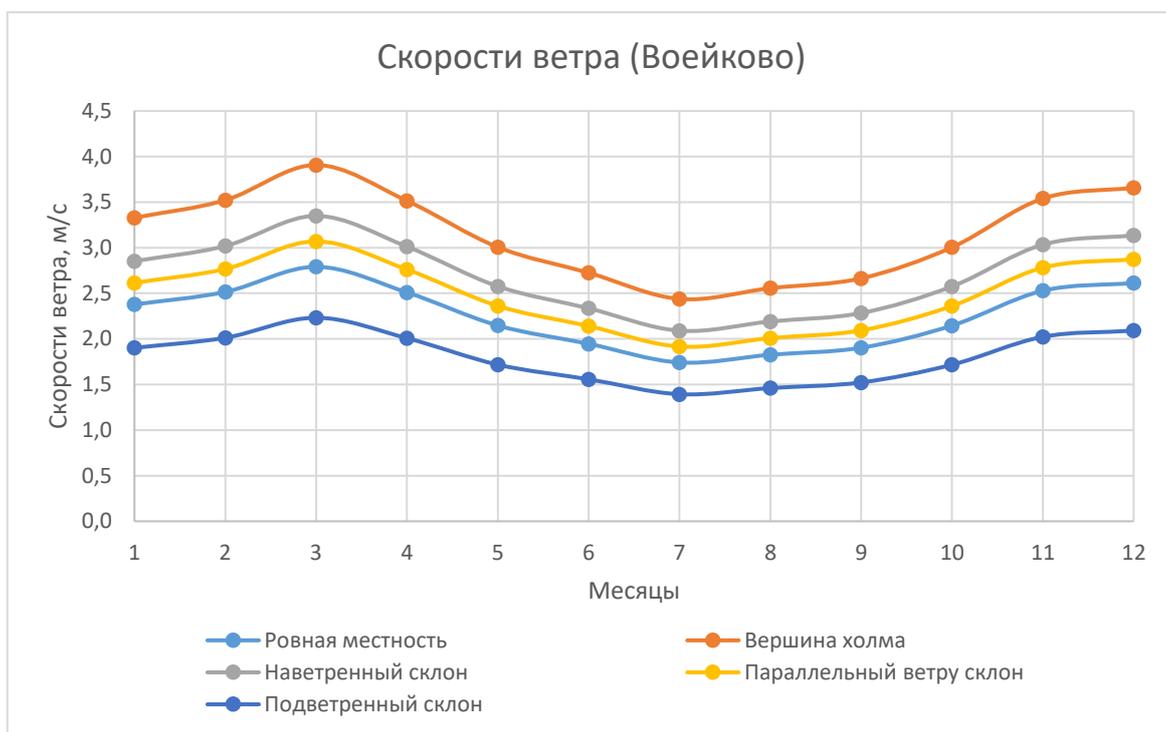


Рисунок 3.7 – График годового хода скорости ветра на верхних участках холма в поселке Воейково

Виртуальный анализ скорости ветра показал наглядную разницу распределения ветра на разных частях холма. По результатам можно сделать вывод, что на вершине холма скорость намного больше, чем на всех остальных частях, и равна в самом ветреном месяце март 3,9 м/с. Подветренный склон имеет меньшую скорость ветра – значения меньше, чем на ровной местности, в марте скорость равна 2,2 м/с. Чуть меньше скорости ветра, чем на вершине холма, значения приходится на наветренный склон – в марте 3,3 м/с, а еще меньше на параллельном ветру склоне – 3,1 м/с.

Скорости ветра в декабре в Воейково немного меньше, чем в марте. На вершине холма скорость намного больше, чем на всех остальных частях, и равна в декабре 3,7 м/с. Подветренный склон имеет меньшую скорость ветра – значения меньше, чем на ровной местности, скорость равна 2,1 м/с. Чуть меньше

скорости ветра, чем на вершине холма, значения приходится на наветренный склон – 3,1 м/с, а еще меньше на параллельном ветру склоне – 2,9 м/с.

В июле скорости ветра в Воейково маленькие, поэтому изменение на разных частях холма тоже минимальны.

Ветер в исследуемых пунктах Воейково и Шлиссельбург отличается довольно сильно. В Воейково скорости ветра в целом больше, чем на берегу бухты Петрокрепость. Хотя коэффициенты для разной стратификации атмосферы и отличаются – в устойчивой стратификации коэффициенты больше, на Шлиссельбургских холмистых поверхностях скорость ветра не больше, чем в Воейково. Причиной же является большая среднемесячная скорость ветра в Воейково и большие высоты холмов, а так же расположение на Колтушской возвышенности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроклимат зоны Ладожского озера представляет собой интересную тему для обсуждения. Для исследования были выбраны метеорологические станции, расположенные в городах и поселках Ленинградской области, таких как Санкт-Петербург, Воейково, Сосново, Шлиссельбург. Города и поселки были выбраны с учетом их орографических различий и местоположения. Особенность исследования заключается в том, что были рассмотрены метеорологические характеристики связанные с рельефом местности и подстилающей поверхностью на территории прибрежной зоны Ладожского озера.

В настоящей работе были выполнены цель и задачи исследования. Выводы по работе представляют собой оригинальный материал. Практическая часть работы была выполнена в программах Excel и Access. Выводы по данной работе несут в себе информацию об особенностях местной циркуляции ветров, среднемесячных различиях скорости ветра и температуры в пунктах наблюдения.

Термический режим во всех пунктах имел схожий годовой ход. Средние месячные температуры воздуха были больше в Санкт-Петербурге. Меньшие температуры в поселке Сосново. В Шлиссельбурге и Воейково температурный режим был практически одинаковый. В Шлиссельбурге к концу лета температуры больше, чем в Воейково благодаря близости к Ладожскому озеру.

Теплообеспеченность в Санкт-Петербурге так же больше, чем в остальных городах и поселках. Раньше весна так же наступает в Санкт-Петербурге 13 марта, а осень наступает позже всего 26 ноября. Обратная ситуация наблюдается в Воейково. Весна наступает позже 20 марта, а осень раньше 17 ноября. В Шлиссельбурге весна и осень наступает позже, чем в Воейково. Влияние Ладожского озера разное в течение года. Холодные льды на Ладоге весной отодвигают начало весны, а осенью энергия от озера сохраняет теплую погоду подольше.

Местная циркуляция ветров находится под влиянием Финского залива и западного переноса. В Шлиссельбурге и Сосново влияние Ладожского озера прослеживается в весеннее и летнее время до замерзания воды. В Шлиссельбурге присутствует бризовая циркуляция. Большую повторяемость имели юго-западное и западное направления ветров.

Скорости ветра больше в поселке Воейково благодаря его расположению на Колтушской возвышенности и более открытой местности. Меньшие скорости ветра наблюдаются в Шлиссельбурге из-за частой повторяемости штилей.

Скорости ветра на холмистой местности в пунктах Воейково и Шлиссельбург отличаются следующим образом. В Воейково скорости ветра на верхних частях наветренной, параллельной ветру и подветренной сторон холма больше, чем в Шлиссельбурге.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Покровская Т. В. Климат Ленинграда и его окрестностей. Учебное пособие, — Л., 1967 г., 198 с.
- 2) Швер Ц.А., Алтыкиса Е.В., Евтеевой Л.С. Климат Ленинграда, — Л.: изд. Гидрометеоиздат, 1982, 247 с.
- 3) Геология СССР. Том 1. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание Северо- западное территориальное ГУ. Недра, М., 1971
- 4) Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области [Электронный ресурс]: ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Режим доступа: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2>, свободный.
- 5) Сапожникова С. А. Микроклимат и местный климат. Учебное пособие, — Л.: изд. Гидрометеоиздат, 1950 г., 174 с.
- 6) Дроздов О.Л. Основы климатической обработки метеорологических наблюдений. Л., 1956 г.
- 7) Гейгер Р., Климат приземного слоя воздуха, пер. с англ., [2 изд.], —М., 1960 г.
- 8) Ходжаева Г.К. Метеорологические методы и приборы наблюдений. Учебное пособие, — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013,189с.
- 9) Хандожко Л. А. Региональные синоптические процессы. Учебное пособие, —Л.: изд. ЛГМИ, 1988, 103 с.
- 10) Педь Д.А. Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорология и гидрология. – 1951.– № 10. – С. 38–39
- 11) Учебно-методическое пособие по выполнению практических и расчётно-графических работ по дисциплине «Прикладная климатология» / Сост.:

В.Н. Абанников, И.Н. Аед Мханна, Э.В. Подгайский. – Санкт-Петербург:  
Изд-во «Ниц Арт», 2022. – 80 с.

12) Научно-прикладной справочник "Климат России" 2011 г. - ФГБУ  
"ВНИИГМИ-МЦД

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 – Среднемесячные температуры воздуха в пунктах наблюдения

Месяц	Санкт-Петербург	Войково	Сосново	Шлиссельбург
1	-4,82508	-5,27751	-6,22099	-5,84019
2	-3,37758	-4,65968	-4,49238	-4,05094
3	-0,34372	-1,39787	-1,59996	-1,1634
4	5,285786	4,385987	4,1087	4,618011
5	12,52287	11,29864	10,59758	11,31429
6	17,12644	15,94328	15,31717	16,16286
7	19,01383	17,76852	17,16381	17,76631
8	17,66657	16,15541	16,00637	16,59291
9	12,89048	11,37331	11,10502	11,64433
10	6,570978	5,45756	5,164632	5,61144
11	2,24096	0,671708	1,017827	1,209637
12	-1,61903	-3,21006	-2,24064	-1,86582

Таблица 2 – Среднемесячная скорость ветра в пунктах наблюдения

	Санкт-Петербург	Войково	Сосново	Шлиссельбург
1	2,053902	2,377578	2,026469	1,760305
2	2,154562	2,5155	2,17198	1,849462
3	2,120355	2,790856	2,271422	1,918459
4	2,020109	2,510233	2,086957	1,763441
5	1,763923	2,147178	1,777828	1,327509
6	1,831456	1,946487	1,785169	1,113351
7	1,663567	1,741589	1,549865	0,946661
8	1,711912	1,826047	1,603139	1,030942
9	1,719533	1,903075	1,618149	1,085573
10	1,975294	2,145985	2,015681	1,615867
11	2,291266	2,528557	2,214542	1,99776
12	2,410215	2,613195	2,367996	2,082885

Таблица 3 – Даты перехода через 0 градусов, число безморозных дней и сумма температур за десять лет в пунктах наблюдения

Санкт-Петербург				
Год	Весна	Осень	Всего безморозных дней	Сумма температур
2012	02.04.	28.11.	240	2802
2013	01.03.	15.11.	289	3120
2014	21.03.	16.11.	240	2954
2015	01.03.	01.12.	275	2847
2016	05.03.	02.11.	242	2848
2017	13.02.	30.11.	288	2498
2018	01.04.	25.11.	238	3141
2019	15.03.	22.11.	252	2864
2020	22.03.	04.12.	281	2990
2021	24.03.	27.11.	248	3097
среднее	13.03.	26.11.	259	2916
min	13.02.	02.11.	238	2498
max	01.04.	04.12.	289	3141
Воейково				
Год	Весна	Осень	Всего безморозных дней	Сумма температур
2012	06.04.	28.11.	236	2538
2013	10.04.	17.10.	190	2595
2014	21.03.	16.11.	240	2670
2015	19.02.	10.12.	294	-
2016	02.03.	17.10.	229	-
2017	08.03.	22.11.	259	2210
2018	02.04.	19.11.	231	2831
2019	15.03.	22.11.	252	2537
2020	24.03.	29.11.	250	2669
2021	24.03.	22.11.	243	2794
среднее	20.03.	17.11.	242,4	2605
min	19.02.	17.10.	190	2210
max	10.04.	10.12.	294	2831

Сосново				
Год	Весна	Осень	Всего безморозных дней	Сумма температур
2012	11.04.	28.11.	231	2442
2013	10.04.	25.11.	228	2671
2014	17.02.	14.11.	270	2563
2015	20.02.	25.12.	308	2485
2016	27.03.	09.09.	167	1608
2017	07.03.	20.11.	257	2114
2018	01.04.	20.11.	232	2784
2019	14.03.	22.11.	252	2430
2020	26.03.	25.11.	305	2537
2021	23.03.	21.11.	242	2666
среднее	19.03.	22.11.	249	2430
min	17.02.	09.09.	167	1608
max	11.04.	25.12.	308	2784
Шлиссельбург				
Год	Весна	Осень	Всего безморозных дней	Сумма температур
2012	05.04.	28.11.	237	2560
2013	11.04.	25.11.	228	2771
2014	21.03.	16.11.	240	2634
2015	20.02.	26.12.	310	2635
2016	25.03.	31.10.	220	2648
2017	08.03.	04.12.	271	2287
2018	02.04.	20.11.	232	2833
2019	15.03.	22.11.	252	2598
2020	20.03.	08.12.	298	2779
2021	24.03.	22.11.	243	2839
среднее	22.03.	23.11.	253	2658
min	20.02.	31.10.	220	2287
max	11.04.	26.12.	310	2839