



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ условий формирования сильных ветров в северо-западной
части Российской Федерации»

Исполнитель Никитин Матвей Алексеевич
(фамилия, имя, отчество)

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

Ефимова Юлия Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«08» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Основные понятия о ветре	5
1.1. Определение ветра	5
1.2. Основные характеристики ветра (скорость, направление, порывы)	5
1.3. Факторы формирования ветра.....	6
1.3.1. Барический градиент, сила Кориолиса, трение о подстилающую поверхность, центробежная сила	6
1.4. Типы ветров и их классификация	10
1.4.1. Шкала Бофорта	10
1.5. Методы измерения ветра на метеорологических станциях	11
Глава 2. Погода и климат регионов Северо-запада России	12
2.1. Климатические характеристики Санкт-Петербурга	12
2.2. Климатические характеристики Республики Карелия	14
2.3. Климатические характеристики Мурманской области	15
2.4. Краткое описание пунктов наблюдений	16
Глава 3. Анализ условий формирования сильных ветров в Северо- западной части РФ	22
3.1. Формирование архива данных.....	22
3.2. Обработка и анализ данных по ветровому режиму станций за период с 1977 по 2023 гг.	23
3.2.1. Анализ ветрового режима станций за весь период наблюдений.....	23
3.2.2. Анализ ветрового режима станций за 2020-2023 гг.	25

3.3. Анализ динамики ветра на станциях Вайда-Губа и Териберка за период с 1977 по 2023 гг.....	28
3.3.1. Анализ динамики порывов ветра в 1977-2000 гг.....	29
3.3.2. Анализ динамики порывов ветра в 2001-2023 гг.....	30
3.4. Повторяемость порывов ветра на станциях Вайда-Губа и Териберка за период с 1977 по 2023 гг.....	31
3.5. Поиск и сравнение случаев наблюдения аномально сильных ветров (порывы ≥ 30 м/с) на станциях Вайда-Губа и Териберка	33
3.6. Анализ синоптических ситуаций при аномально сильных ветрах на станциях Вайда-Губа и Териберка	34
3.6.1. Анализ синоптической ситуации для Вайда-Губы.....	34
3.6.2. Анализ синоптической ситуации для Териберки	36
3.7. Построение и анализ траекторий движения циклонов, характерных для формирования аномально сильных ветров, одновременно наблюдаемых на Вайда-Губе и Териберке	40
3.8. Анализ синоптических ситуаций, характерных для формирования аномально сильных ветров, одновременно наблюдаемых на Вайда-Губе и Териберке	42
Заключение	50
Список использованных источников.....	51

Введение

Целью выпускной квалификационной работы является анализ динамики ветрового режима на Северо-западе РФ за последние 60 лет. Для достижения поставленной цели в работе необходимо получить архив данных по 8-срочным наблюдениям на восьми станциях, расположенных на Северо-западе РФ; проанализировать общий годовой ход ветра, а также динамику ветра на двух самых северных станциях за два равных периода времени (с 1977 по 2000 гг. и с 2001 по 2023 гг.). Отдельной задачей ставится построение и анализ траекторий движения циклонов, характерные для формирования сильных ветров (порывы ≥ 30 м/с) на Териберке и Вайда-Губе.

По данным современных исследований на арктических побережьях РФ в последние годы особенно явно наблюдаются изменения климата [1]. В течение года на севере РФ наблюдаются значительные температурные контрасты, которые часто связаны с выходом циклонов с районов арктических морей на северо-запад России. Например, 8 февраля 2025 года на Ямало-Ненецкий автономный округ вышел глубокий арктический циклон, в тыловой части которого наблюдалось нестандартное поле температуры: фиксировался перепад температуры воздуха от -13°C до $+2^{\circ}\text{C}$. Усиление ветра в порывах фиксировалось до 24 м/с. На северо-западе РФ подобный случай наблюдался 12 декабря 2024 года, когда при прохождении холодного фронта штормового циклона в Мурманске наблюдались порывы ветра до 31 м/с [2].

Вследствие этого, исследование сильных и штормовых ветров на Северо-западной части РФ в течение длительного периода является весьма актуальной задачей.

Глава 1. Основные понятия о ветре

1.1. Определение ветра

Ветер – это горизонтальное движение воздуха, относительно земной поверхности.

1.2. Основные характеристики ветра (скорость, направление, порывы)

К основным характеристикам ветра относятся:

- скорость;
- направление;
- порыв.

Скорость ветра – быстрота передвижения воздуха относительно земной поверхности. В основном, скорость выражается в м/с или км/ч.

Направление ветра – направление, откуда дует ветер. Направление выражается либо в румбах (по 16–румбовой системе), либо в градусах.

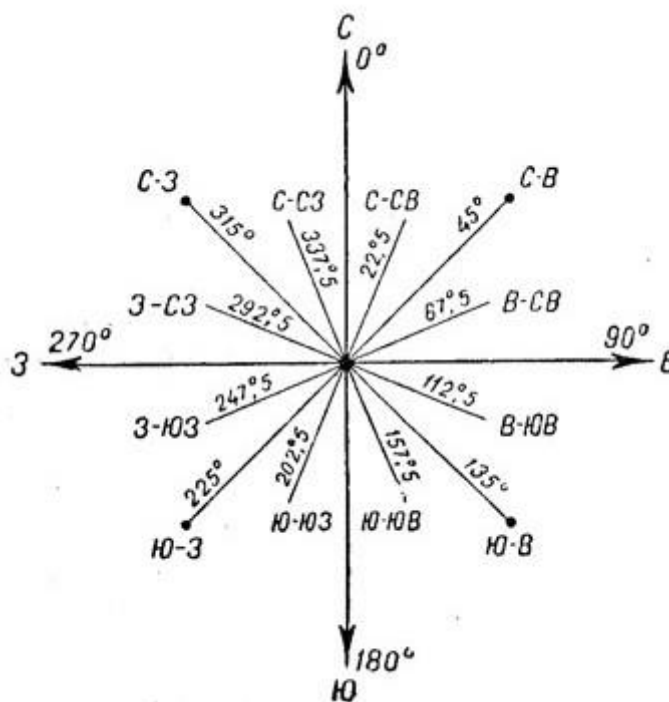


Рисунок 1. Направления ветра по отношению к сторонам горизонта

Порыв ветра – резкое кратковременное усиление ветра.

1.3. Факторы формирования ветра

Ветер возникает из-за движения воздуха, вызванного под влиянием различных сил в атмосфере. Действующие силы в атмосфере, можно разделить на две группы: массовые (объемные) и поверхностные. Массовые (объемные) силы – силы, которые действуют на каждый элемент массы (или объем) независимо от того, существуют ли рядом с рассматриваемым элементом объема (массы) другие воздушные частицы. Примером такой силы является сила тяжести. Поверхностные силы представляют собой силы взаимодействия некоторого объема воздуха и окружающей среды. К ним относятся: сила барического градиента, сила Кориолиса, центробежная сила, а также трение о подстилающую поверхность [3].

1.3.1. Барический градиент, сила Кориолиса, трение о подстилающую поверхность, центробежная сила

Барический градиент – сила, действующая на единицу массы воздуха и возникающая в результате неравномерного распределения давления.

Величина изменения давления на горизонтальной плоскости на единицу длины по нормали к изобаре n , направленной в сторону уменьшения давления, есть горизонтальный барический градиент $-\frac{dp}{dn}$ [4].

Формула горизонтальной составляющей вектора градиента давления G , выглядит так:

$$G = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

Эта составляющая является основной силой, под влиянием которой возникают горизонтальные движения воздуха (ветер).

Сила Кориолиса – сила, вызванная за счёт вращения Земли вокруг своей оси. Она выражается следующей формулой:

$$A = 2\omega v \sin \varphi$$

A – Сила Кориолиса, где ω – угловая скорость вращения Земли, φ – географическая широта, v – скорость движения

Горизонтальная составляющая отклоняющей силы вращения Земли зависит от широты φ . Она имеет максимальную величину на полюсе ($\varphi = 90^\circ$) и обращается в ноль на экваторе ($\varphi = 0^\circ$).

В зависимости от полушария, направление вектора силы Кориолиса меняется. В северном полушарии, он отклоняется на 90° вправо от вектора скорости, а в южном – влево. Поскольку при таком отклонении сила Кориолиса уравнивает силу барического градиента (вектора противоположны), то это приводит к возникновению прямолинейного равномерного движения, называемого геострофическим ветром [4].

Формула скорости геострофического ветра выглядит так:

$$v_g = - \frac{1}{2\omega \rho \sin \varphi} \frac{\partial p}{\partial l}$$

Трение о подстилающую поверхность – сила, возникающая за счёт взаимодействия движущихся воздушных масс с земной или водной поверхностью. Она возникает в нижней части атмосферы, точнее в планетарном пограничном слое.

Трение формируется за счёт вязкости воздуха и шероховатости поверхности (например, леса, здания, горы), которая замедляет движение воздуха. Это замедление приводит к изменению скорости и направления ветра с высотой.

Влияние трения на скорость и направление ветра с высотой:

1. Скорость ветра: У поверхности Земли трение максимальное, а скорость ветра – минимальна. С увеличением высоты трение уменьшается, и скорость ветра возрастает;
2. Направление ветра: Из-за трения ветер отклоняется от изобар в сторону низкого давления. Угол отклонения зависит от характера подстилающей поверхности: над морем он составляет около 20-30°, а над сушей – 30-40°. С увеличением высоты этот угол уменьшается. Достигая высоты 1 км, действие силы трения прекращается, и ветер начинает дуть параллельно изобарам (ветер становится геострофическим) [5].

Центробежная сила – сила инерции, которая направлена от центра к периферии. Она возникает в результате криволинейного движения воздуха в атмосфере.

Формула центробежной силы выглядит так:

$$\vec{C} = \frac{v^2}{r}$$

v – скорость ветра, r – радиус кривизны траектории движущегося воздуха

Центробежная сила играет ключевую роль в балансе сил, определяющих движение воздуха:

1. В циклоне, она противодействует силе барического градиента (G), уменьшая скорость ветра.
2. В антициклоне она добавляется к силе Кориолиса (F_k), увеличивая скорость ветра [5].

Результатом движения воздуха по круговым траекториям без влияния трения, является формирование градиентного ветра.

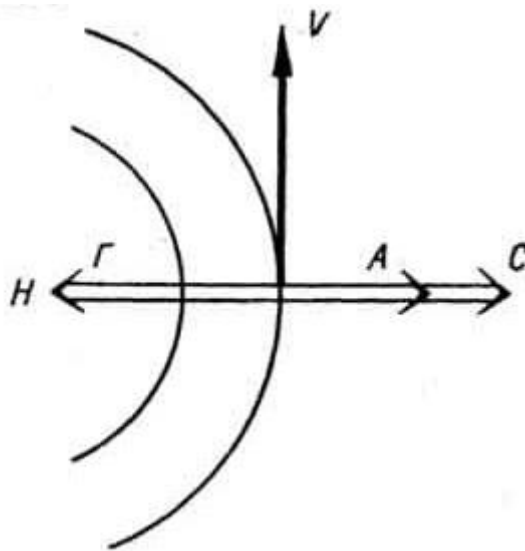


Рисунок 2. Силы, действующие на движение воздуха в случае криволинейных изобар в циклоне

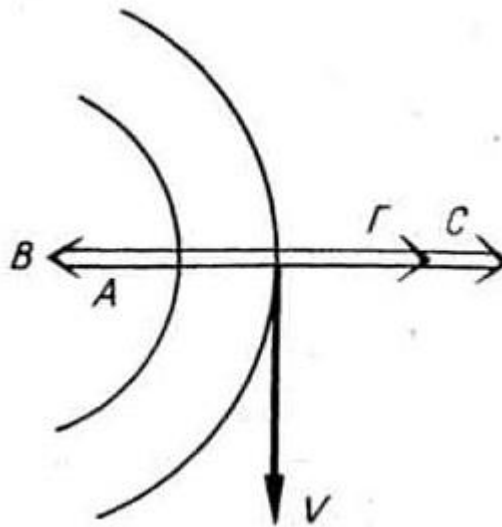


Рисунок 3. Силы, действующие на движение воздуха в случае криволинейных изобар в антициклоне

Обозначения: А – сила Кориолиса, V – скорость ветра, С – центробежная сила, Г – сила барического градиента, Н – область низкого давления (циклон), В – область высокого давления (антициклон).

1.4. Типы ветров и их классификация

В зависимости от скорости, направления, происхождения и других характеристик ветры классифицируются по различным признакам. Одним из ключевых инструментов для оценки силы ветра является Шкала Бофорта, которая позволяет систематизировать ветра по их интенсивности и воздействию на окружающую среду.

1.4.1. Шкала Бофорта

Шкала Бофорта – условная 12-ти балльная шкала, используемая для визуальной оценки силы (скорости) ветра на наземные предметы или состояние моря.

Шкала Бофорта была разработана английским адмиралом Ф. Бофортом в 1806 году и сначала применялась только им самим. Начиная с 1874 года, она продолжает использоваться в международной синоптической практике [6].























Штиль	0 баллов	0,0-0,2 м/с		
Тихий ветер	1 балл	0,3-1,5 м/с		
Лёгкий ветер	2 балла	1,6-3,3 м/с		
Слабый ветер	3 балла	3,4-5,4 м/с		
Умеренный	4 балла	5,5-7,9 м/с		
Свежий ветер	5 баллов	8,0-10,7 м/с		
Сильный ветер	6 баллов	10,8-13,8 м/с		
Крепкий ветер	7 баллов	13,9-17,1 м/с		
Очень крепкий	8 баллов	17,2-20,7 м/с		
Шторм	9 баллов	20,8-24,4 м/с		
Сильный шторм	10 баллов	24,5-28,4 м/с		
Жестокий шторм	11 баллов	28,5-32,6 м/с		
Ураган	12 баллов	32,7 и более		

Рисунок 4. Шкала Бофорта

1.5. Методы измерения ветра на метеорологических станциях

Измерение параметров ветра (скорости, направления, порывов) является важной задачей метеорологии, поскольку эти данные используются во многих сферах.

Рассмотрим основные приборы, применяемые на метеорологических станциях для измерения скорости и направления ветра.

1. Флюгер с легкой или тяжелой доской (флюгер Вильда).

Флюгер с легкой доской применяется для измерения скорости ветра от 0 до 10 м/с, флюгер с тяжелой доской – от 10 до 40 м/с.

Направление ветра определяется по положению флюгарки, а скорость ветра рассчитывается по градуировочной таблице, в зависимости от положения доски [7].

2. Анемометр ручной (чашечный МС-13)

Чашечный анемометр представляет собой вертушку. Чашки, вращаясь под действием ветра, позволяют определить среднюю скорость ветра по числу оборотов за определенный промежуток времени.

3. Анеморумбометр М-63М-1

Универсальный прибор, позволяющий автоматически определить значения среднего направления ветра за 2 минуты и средней скорости ветра с максимальным порывом за 10 минут (с точностью до 10° и 0,5 м/с соответственно) [7].

В настоящее время, для производства измерений характеристик ветра на станциях, повсеместно используется анеморумбометр М-63М-1.

Глава 2. Погода и климат регионов Северо-запада России

К северо-западной части России (Северо-Западному федеральному округу) относятся 11 субъектов Российской Федерации: Калининградская, Новгородская, Ленинградская, Псковская, Архангельская, Вологодская, Мурманская области, Республика Коми, Республика Карелия, Ненецкий автономный округ, а также город Санкт-Петербург.

Среди всех субъектов, основное внимание уделим климату Санкт-Петербурга, Республики Карелия и Мурманской области.

2.1. Климатические характеристики Санкт-Петербурга

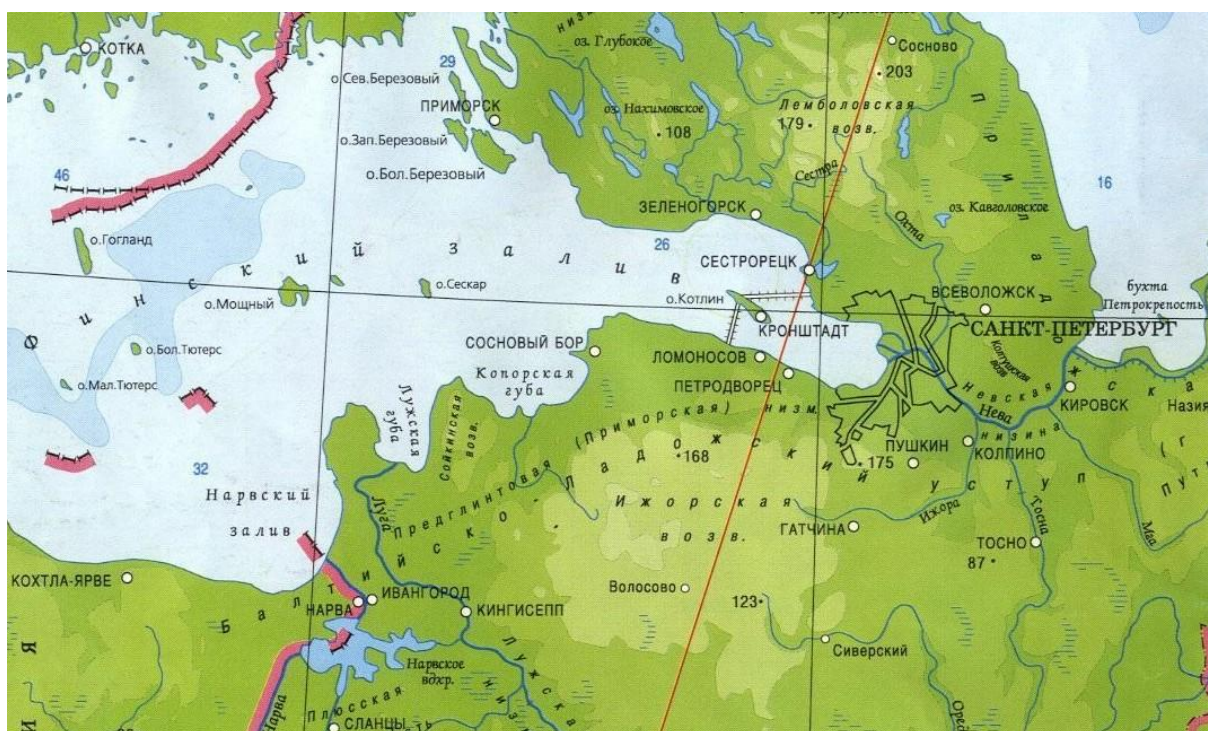


Рисунок 5. Карта Санкт-Петербурга

Климат Санкт-Петербурга умеренный морской, с чертами континентального. Город расположен в зоне тайги, на побережье Финского залива. [2]

Годовое количество осадков в регионе – 600-700 мм. Среднегодовая влажность воздуха в регионе достаточно высока – 80%. Однако, в разные

сезоны года этот показатель может отличаться (летом влажность ниже, чем зимой).

В тёплый период (апрель-сентябрь) на территории Санкт-Петербурга преобладают ветра западных и северо-западных ветров. Воздушные массы приходят с районов Балтики, принося с собой влажный воздух и дожди. Так количество осадков теплого периода составляет примерно 350-450 мм. В холодный период (октябрь-март) над регионом преобладают ветра юго-западных направлений, которые приносят воздушные массы с Атлантического океана. Количество осадков в этот период не превышает 200-250 миллиметров. Нередко, при прохождении циклонов бывают штормовые ветры.

Морские воздушные массы обуславливают мягкую зиму в Санкт-Петербурге с частыми оттепелями. Так, средняя температура воздуха в январе составляет примерно -8...-10 °С. Лето в Санкт-Петербурге умеренно тёплое. Средняя температура воздуха в июле составляет примерно +16...+18 °С.

2.2. Климатические характеристики Республики Карелия



Рисунок 6. Карта Республики Карелия

Тип климата Республики Карелия – умеренно-континентальный. Вся территория Республики находится в одной природной зоне – тайге. Большая часть территории Карелии покрыта хвойными лесами (соснами и елями), остальную часть занимают озёра и болота.

Карелия имеет чёткое разделение на тёплый (лето) и холодный (зима) периоды. Также выражены и переходные формы – весна и осень. Годовое количество осадков в регионе – около 600-800 мм. Среднегодовая влажность воздуха в регионе достаточно высока – 80%. Однако, в разные сезоны года этот показатель может отличаться (зимой влажность выше, чем летом).

В тёплый период (апрель-сентябрь) на территории региона преобладает северное направление ветра. Воздушные массы приходят с Северного Ледовитого океана, принося с собой влажный воздух и дожди. Так количество осадков теплого периода составляет примерно 300-350 мм. В холодный период (октябрь-март) над Карелией преобладают ветра западных и юго-западных направлений, которые приносят воздушные массы с Атлантического океана. Количество осадков в этот период не превышает 200-300 миллиметров [8].

Средняя температура воздуха в Карелии в июле составляет около +15...+18 °С, в январе – -5...-7 °С.

2.3. Климатические характеристики Мурманской области

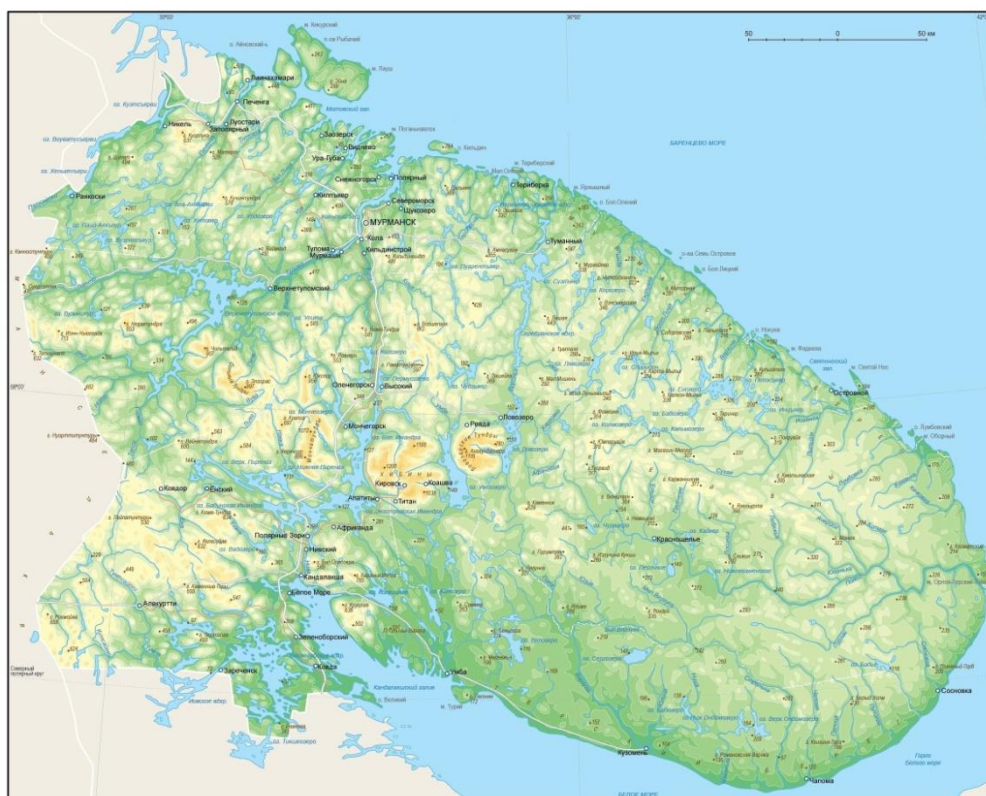


Рисунок 7. Карта Мурманской области

Мурманская область расположена в зоне двух климатических поясов: субарктического и умеренного. Большая её часть покрыта мхами и кустарниками. Иногда встречаются хвойные и лиственные леса.

Также как и Карелия, Мурманская область имеет чёткое разделение на теплые и холодные периоды. Годовое количество осадков в регионе – 400-500 мм. Среднегодовая влажность воздуха в регионе достаточно высока – 80%. Однако, в разные сезоны года этот показатель может отличаться (летом влажность ниже, чем зимой).

В тёплый период (апрель-сентябрь) на территории Мурманской области преобладают ветра северных направлений. Воздушные массы приходят с Северного Ледовитого океана, принося с собой влажный воздух и дожди. Так количество осадков теплого периода составляет примерно 400-450 мм. В холодный период (октябрь-март) над регионом преобладают ветра западных и юго-западных направлений, которые приносят воздушные массы с Атлантического океана. Количество осадков в этот период составляет всего 20-25 миллиметров [8].

Средняя температура воздуха в регионе в июле составляет примерно +11 °С, в январе – -10 °С.

2.4. Краткое описание пунктов наблюдений

Описание метеостанций позволяет установить связь между пространственным распределением ветра и физико-географическими условиями территории. Поэтому при анализе ветрового режима на выбранной территории важно учитывать особенности каждой метеорологической станции.

Для выпускной квалификационной работы, на территории исследования были выбраны 8 станций, меридионально расположенных с юга на север: Санкт-Петербург, Петрозаводск, Паданы, Кемь-порт, Умба, Ковдор, Териберка, Вайда-Губа. Рассмотрим особенности каждой из выбранных метеостанций.

Санкт-Петербург

Станция расположена в центральной части г. Санкт-Петербург, на Аптекарском острове.

Рельеф местности – равнинный. В настоящее время площадка расположена в 20 метрах от дороги и 50 метрах от реки Малая Невка. Рядом с метеостанцией находится служебное помещение станции.

К северу от площадки, есть небольшое скопление из лиственных деревьев. К востоку и юго-востоку, на расстоянии 80-120 м от площадки, начинаются постройки г. Санкт-Петербурга.

Высота площадки над уровнем моря – 3 м.

Петрозаводск

Станция расположена на северо-западной окраине г. Петрозаводска на западном побережье Петрозаводской губы Онежского озера, в 5 км от уреза воды.

Площадка располагается на холме. В 60 м к югу от площадки находятся одноэтажные деревянные дома станции, за которыми в направлении с запада на восток проходит шоссейная дорога с круглосуточным движением, а далее располагаются поля плодпитомника. В 80 м к юго-востоку начинаются одноэтажные строения г. Петрозаводска. К северу в 250 м от площадки находится группа лиственных деревьев.

Почва на площадке супесчаная с примесью гальки. Поверхность почвы покрыта густой травой. Грунтовые воды залегают на глубине более 6 м [9].

Высота площадки над уровнем моря — 118 м.

Паданы

Метеорологическая станция Паданы находится в центральной части Карелии, на юго-западной окраине д. Погост, расположенной на небольшом полуострове, на высоком скалистом берегу оз. Сегозеро. Рельеф окружающей местности складывается из холмов, чередующихся с болотами и озерами. В 4 километрах к северо-западу от станции располагается небольшое оз. Панозеро, соединенное с озером Сегозеро рекой Селецкой.

В настоящее время площадка расположена на высоком крутом берегу оз. Сегозеро и отстоит от озера: с северо-запада на расстоянии 100 м, с севера - на 170 м, с востока - около 500 м, находясь при этом выше уровня воды озера на 18-20 м. К северо-востоку в 60 м от площадки находится деревянная церковь с колокольной высотой до 15 м, рядом с которой растет несколько высоких берез.

В 300-500 м к юго-востоку и юго-западу от площадки начинается лес, а в 150 м к югу возвышается холм высотой 10-12 м, поросший кустарником и мелким лиственным лесом. С востока на расстоянии 250 м от площадки находятся одноэтажные жилые дома деревни [9].

Высота площадки над уровнем моря – 128 м.

Кемь-Порт

Морская гидрометеорологическая станция Кемь-Порт находится в южной части острова Рабочеостровск, расположенного у Карельского берега Белого моря, напротив города Кеми.

Остров имеет продолговатую форму и вытянут вдоль побережья материка (длина 5,5 км, ширина от 0,5 до 0,9 км). Он представляет собой неровную каменистую гряду, прикрытую тонким слоем песчаных отложений или торфа. Наиболее возвышена северная половина острова, где высоты достигают 30,5 м над уровнем моря. Эта часть острова покрыта еловым и

сосновым лесом. Южная часть острова занята лесопильным заводом, его биржей и рабочим посёлком [10].

Метеорологическая площадка вместе с домом станции и его пристройками располагается на огороженном участке в 1 км к северу от лесопильного завода, ближе к восточному берегу острова.

Высота площадки над уровнем моря – 8 м.

Умба

Метеорологическая станция расположена в центральной части г. Умба. Установлена она на сглаженной вершине отдельного холма.

Рельеф окружающей местности представляет собой Терскую низменность из заболоченных, многоозёрных, покрытых лесами равнин, среди которых возвышаются отдельные холмы и небольшие массивы с перепадами высот менее 200 м.

Станция удалена на 2,5 км на север от Кандалакшского залива Белого моря, располагаясь в месте впадения одноимённой реки Умбы. Примерно на это же расстояние на северо-западе от Умбы расположены горы Паельские, разьединённые одноимённым озером, с абсолютными высотами 125 и 132 м.

Вокруг метеоплощадки, на некотором расстоянии удалён лес, состоящий из хвойных пород. В 40 м к северо-востоку от площадки расположено служебное помещение станции, а в 80 м к западу – дорога.

Высота площадки над уровнем моря – 40 м.

Ковдор

Метеорологическая станция расположена в западной части г. Ковдор.

Рельеф окружающей местности – предгорный, с повышением до горных массивов к югу. В 800–900 метрах к югу от площадки расположено озеро,

носящее название города, — озеро Ковдор. Его площадь составляет около 0,72 км². В 500 метрах к западу от г. Ковдор находится карьер «Железный». Его площадь составляет около 8 км², что сравнимо с площадью самого города.

На расстоянии 30 м к югу от площадки находится группа деревьев, расположенных вдоль дороги; в 60 м к северо-востоку – одноэтажное здание, а в 70 м к юго-востоку от площадки – служебное помещение станции.

В настоящее время наблюдения за основными метеорологическими характеристиками проводятся по датчикам автоматического метеорологического комплекса. Наблюдения за видимостью, облачностью и атмосферными явлениями осуществляют техники-метеорологи.

Высота площадки над уровнем моря – 247 м.

Териберка

Станция находится на территории одноимённого природного парка «Териберка» и располагается в окрестностях посёлка Лодейное. Установлена она на холме вблизи Баренцева моря.

Рельеф местности – низменность, перепад высот в этом месте не превышает 200 м. Ландшафт вокруг станции довольно скуден – сглаженная поверхность, каменные гряды, а также участки покрытые ягелем и мхом.

В 70 м к югу от площадки расположено служебное помещение станции, а в 250 м к юго-западу – сельская дорога.

На станции выполняются наблюдения за основными метеорологическими характеристиками по датчикам автоматического метеорологического комплекса. Наблюдения за видимостью, облачностью и атмосферными явлениями осуществляют техники-метеорологи.

Высота площадки над уровнем моря – 30 м.

Вайда-Губа

Станция находится на территории полуострова Рыбачий, на западном берегу губы Вайда.

Рельеф местности – равнинный, слегка заболочен. Примерно на 1 км северо-западнее расположена самая северная континентальная точка Европейской части России – Мыс «Немецкий», под которым находятся утёсы, круто обрывающиеся к Баренцеву морю. Недалеко от мыса установлен Вайдагубский маяк.

В 12 км к югу-юго-востоку и юго-западу от площадки начинается заметное повышение рельефа – появляются возвышенности, достигающие высот до 340 метров.

Вокруг метеоплощадки, расположены 4 радиолокационные станции (РЛС). В 120 м к югу от площадки расположено служебное помещение станции.

На станции выполняются наблюдения за основными метеорологическими характеристиками по датчикам автоматического метеорологического комплекса. Наблюдения за видимостью, облачностью и атмосферными явлениями осуществляют техники-метеорологи.

Высота площадки над уровнем моря – 8 м.

Глава 3. Анализ условий формирования сильных ветров в Северо-западной части РФ

3.1. Формирование архива данных

Целью выпускной квалификационной работы является анализ динамики ветрового режима на Северо-западе РФ за последние 60 лет. Для достижения поставленной цели в работе необходимо получить архив данных по 8-срочным наблюдениям на восьми станциях, расположенных на Северо-западе РФ; проанализировать общий годовой ход ветра, а также динамику ветра на двух самых северных станциях за два равных периода времени (с 1977 по 2000 гг. и с 2001 по 2023 гг.). Отдельной задачей ставится построение и анализ траекторий движения циклонов, характерные для формирования сильных ветров (порывы ≥ 30 м/с) на Териберке и Вайда-Губе.

На территории исследования были выбраны 8 станций, меридионально расположенных с юга на север: Санкт-Петербург, Петрозаводск, Паданы, Кемь-порт, Умба, Ковдор, Териберка, Вайда-Губа. В процессе выполнения научно-исследовательской работы, был создан архив данных сильных ветров за период с 1966 по 2023 гг. Полученные данные были отфильтрованы по среднему ветру и порывам (по градации «Сильный ветер» (≥ 15 м/с)) [11].

Из всего периода наблюдений, на всех станциях можно выделить годы с «особыми» данными, а именно 1966-1976 годы. Их «особенность» заключается в том, что мы предполагаем, что в этот период ряд данных был неоднороден, т.к. данные значительно отличаются от данных с 1977 года. В процессе работы было решено, что для дальнейшего анализа лучше использовать данные, начиная с 1977 года.

3.2.Обработка и анализ данных по ветровому режиму станций за период с 1977 по 2023 гг.

3.2.1. Анализ ветрового режима станций за весь период наблюдений

Составим карту территории исследования с нашими станциями и посмотрим, как часто наблюдался сильный ветер (≥ 15 м/с) в период исследования с 1977 по 2023 гг.



Рисунок 5. Карта территории исследования

Проанализируем режим ветра с 1977 года по 2023 год для каждой станции отдельно:

Количество сроков со средним ветром ≥ 15 м/с: Вайда-Губа – 3004, Териберка – 7129, Ковдор – 0, Умба – 44, Кемь-порт – 38, Паданы – 38, Санкт-Петербург – 0, Петрозаводск – 1.

Количество сроков с порывами ветра ≥ 15 м/с: Вайда-Губа – 22019, Териберка – 34620, Ковдор – 1456, Умба – 3632, Кемь-порт – 5559, Паданы – 3380, Санкт-Петербург – 650, Петрозаводск – 1911.

Общее количество сроков по всем станциям за весь период наблюдений составляет: 73330 сроков – для порывов, 14943 сроков – для средней скорости ветра. Из всех рассмотренных станций, существенное количество сроков приходится на две станции – Вайда-Губу и Териберку (98,2% от всех данных по среднему ветру и 77,2% от всех данных по порывам).

Такой разброс в данных по среднему ветру вызван тем, что на ряде станций (Ковдор, Санкт-Петербург и Петрозаводск) случаи сильного ветра практически не фиксируются. Есть предположение, что на данный факт может влиять городская застройка, географическое положение станции (находится на суше или в прибрежной зоне), местные особенности рельефа, погодные условия.

Ввиду сложившейся значительной неоднородности данных по среднему ветру между станциями, этот параметр исключается из дальнейшего анализа.

Построим график зависимости количества сроков с порывами ветра (≥ 15 м/с) от времени для всех станций за период с 1977 по 2023 гг.

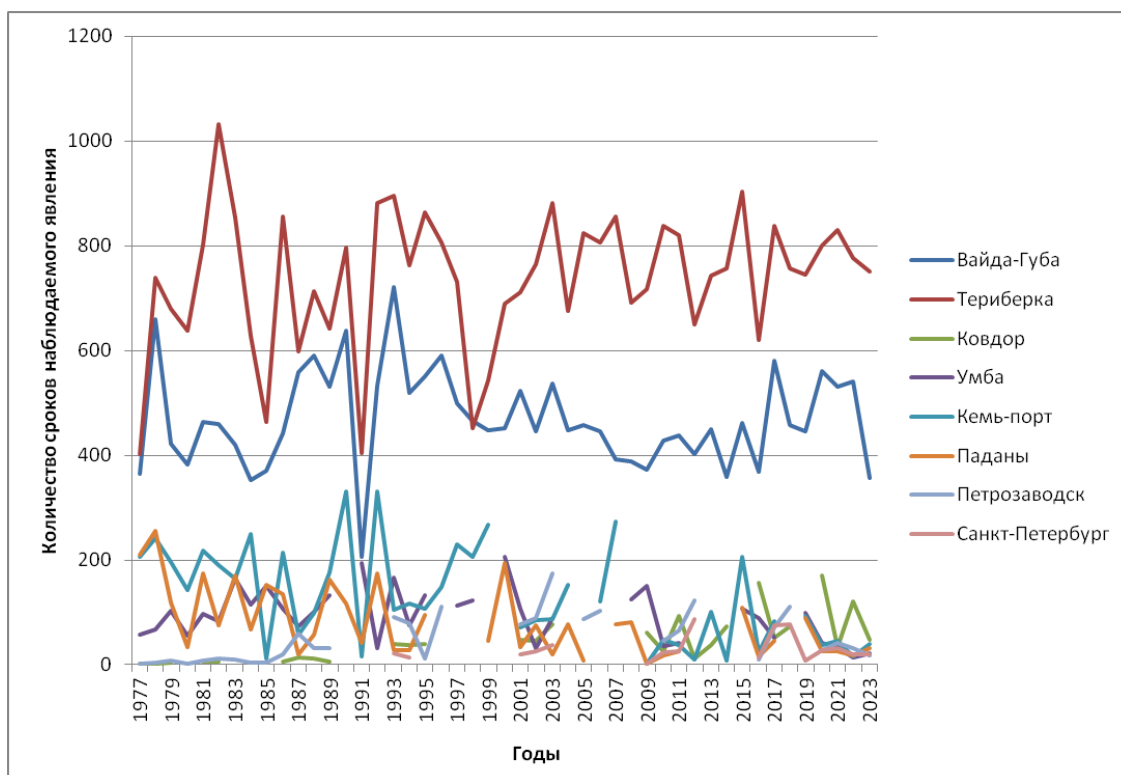


Рисунок 6. Динамика порывов ветра (≥ 15 м/с) для всех станций за 1977-2023 гг.

Станции Вайда-Губа и Териберка регистрируют больше всего порывов, по сравнению с остальными станциями. Основная причина такого различия данных между станциями – их географическое положение. Вайда-Губа и Териберка являются двумя самыми северными точками. Остальные же станции, которые находятся южнее, регистрируют в разы меньше случаев, не превышая в среднем 150-200 случаев/год.

3.2.2. Анализ ветрового режима станций за 2020-2023 гг.

На протяжении всего периода исследований, были случаи, когда данные по порывам ветра для какой-либо станции или ряда станций отсутствовали. Поскольку за последние четыре года все станции имеют данные, я хотел бы детальнее рассмотреть этот период.

Годы	Вайда-Губа	Териберка	Ковдор	Умба	Кемь-порт	Паданы	Петрозаводск	Санкт-Петербург
2020	561	801	171	42	38	26	28	27
2021	530	830	33	34	46	25	42	31
2022	541	777	121	13	16	17	31	20
2023	356	751	47	21	39	31	17	20

Таблица 1. Таблица с количеством сроков, с наблюдавшимися порывами ветра (≥ 15 м/с) на всех станциях за период с 2020 по 2023 гг.

Чтобы упростить процесс анализа, разделим Северо-Запад РФ на две части – северную и южную. Северная часть включает в себя станции: Вайда-Губа, Териберка и Ковдор. Южная часть охватывает территории станций: Умбы, Кеми-порта, Падан, Петрозаводска и Санкт-Петербурга.

Построим графики зависимости количества сроков с порывами ветра (≥ 15 м/с) от времени за период с 2020 по 2023 гг. для северной и южной части.

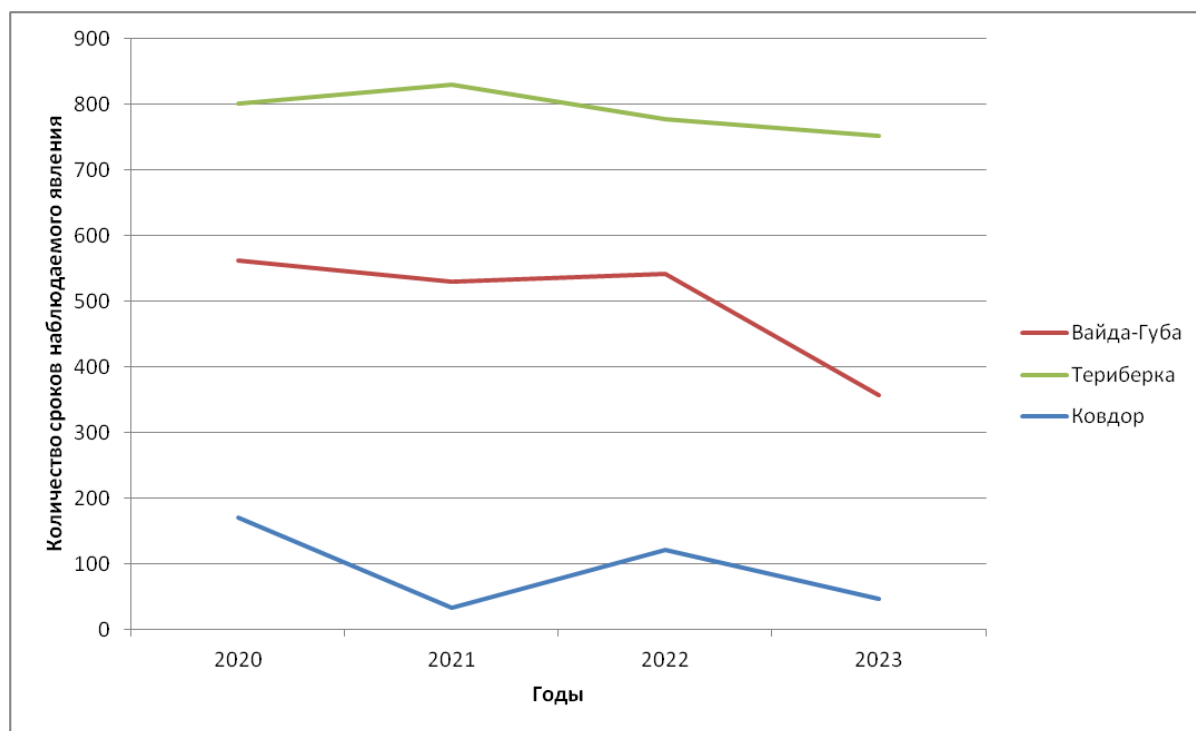


Рисунок 8. Динамика порывов ветра (≥ 15 м/с) для северной части Северо-Запада РФ за 2020-2023 гг.

На протяжении этого периода, сильный ветер на Териберке регистрировался в среднем 750-800 раз, на Вайде-Губе – 450-550 раз, на Ковдоре – 70-130 раз.

Среди всех кривых, ход Ковдора выделяется по сравнению с Териберкой и Вайда-Губой – его линия получилась более ломаной. Можно предположить, что на снижение регистрации сильных порывов ветра в Ковдоре в 2021 году повлияли два фактора: удалённость этой станции от побережья и частое прохождение циклонов у побережья в этот год.

Также, сравнивая ход всех кривых, можно заметить, что начиная с 2022 года, наблюдалась общая тенденция снижения случаев регистрации сильного ветра.

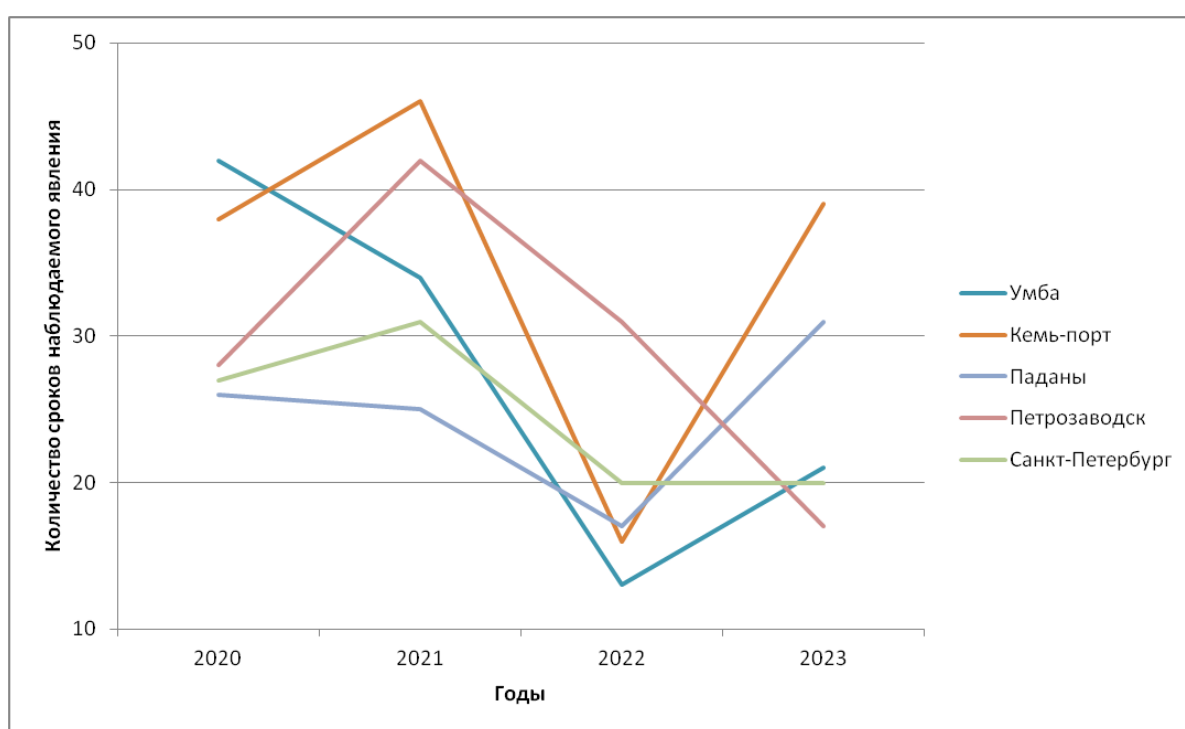


Рисунок 9. Динамика порывов ветра (≥ 15 м/с) для южной части Северо-Запада РФ за 2020-2023 гг.

Из графика видно, что станции регистрировали немного сроков – в среднем от 20 до 30 раз.

Сравнивая ход всех кривых, можно заметить, что в 2022 году на всех станциях наблюдается плавное/резкое снижение регистрируемых сроков, а в 2023 году – плавный/резкий рост. Причиной такого поведения кривых на графике может послужить то, что в 2021 году увеличилась частота

прохождения глубоких атлантических циклонов, а в 2022 году – их сокращение.

Сравнивая северную и южную часть Северо-Запада РФ, можно сделать вывод, что выход к побережью и широта, на которой расположена станция – главные факторы, влияющие на частоту сильных порывов ветра (≥ 15 м/с).

3.3. Анализ динамики ветра на станциях Вайда-Губа и Териберка за период с 1977 по 2023 гг.

Поскольку из всех исследуемых станций, полным набором данных о порывах ветра (≥ 15 м/с) за период с 1977 по 2023 год обладают лишь две станции – Вайда-Губа и Териберка. Именно эти станции мы рассмотрим более подробно для нашего анализа.



Рисунок 10. Карта территории исследования

Для начала разделим период исследования на две части: с 1977 по 2000 гг. и с 2001 по 2023 гг. Проанализируем динамику ветра на обеих станциях за первый период.

3.3.1. Анализ динамики порывов ветра в 1977-2000 гг.

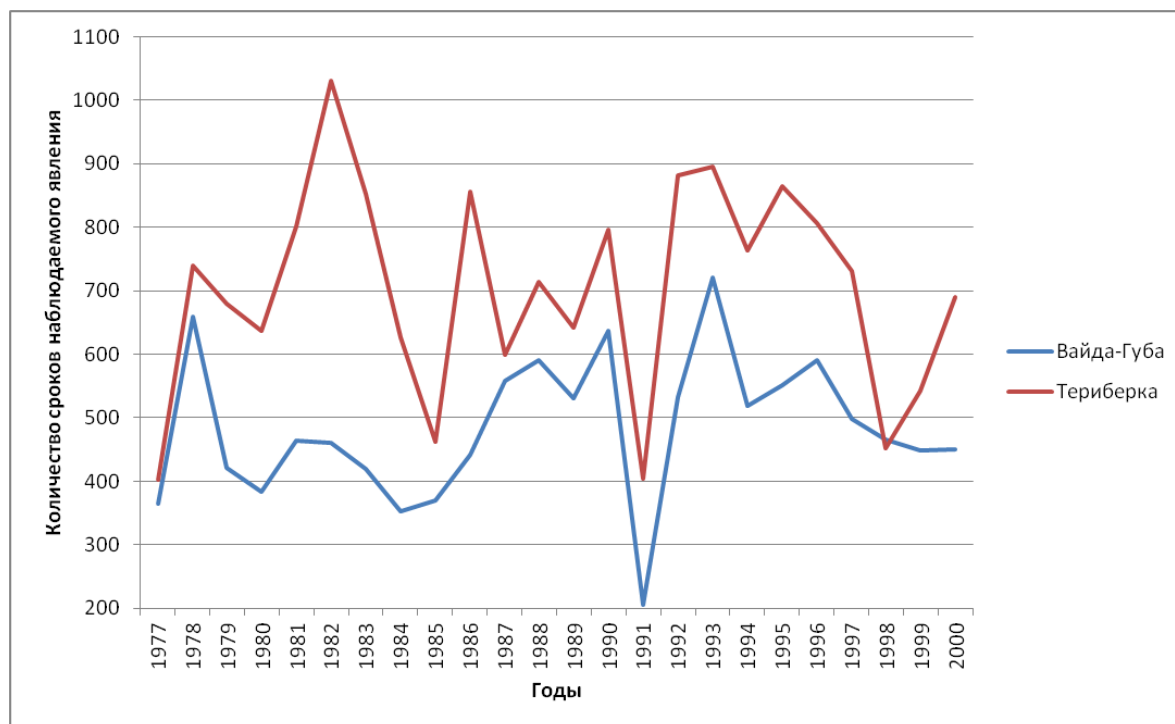


Рисунок 11. Динамика порывов ветра (≥ 15 м/с) на Териберке и Вайда-Губе в 1977-2000 гг.

Динамика ветра на Вайде-Губе и Териберке представлена на графике в виде выраженных, резких изменений количества зарегистрированных сроков.

График Вайды-Губы повторяет динамику Териберки: увеличение количества зарегистрированных сроков на Териберке сопровождается ростом сроков на Вайда-Губе. Однако стоит отметить, что ход кривой на Вайда-Губе более плавный, по сравнению с Териберкой.

Резкие подъёмы и падения хода ветра на обеих станциях в 1990-1992 годах частично связаны с историческими событиями 1991 года, что заметно на графике.

На станции Вайда-Губа, количество зарегистрированных сроков составляет в среднем 450-550 сроков, на станции Териберка – 650-750 сроков.

3.3.2. Анализ динамики порывов ветра в 2001-2023 гг.

Теперь проанализируем динамику ветра на обеих станциях за второй период.

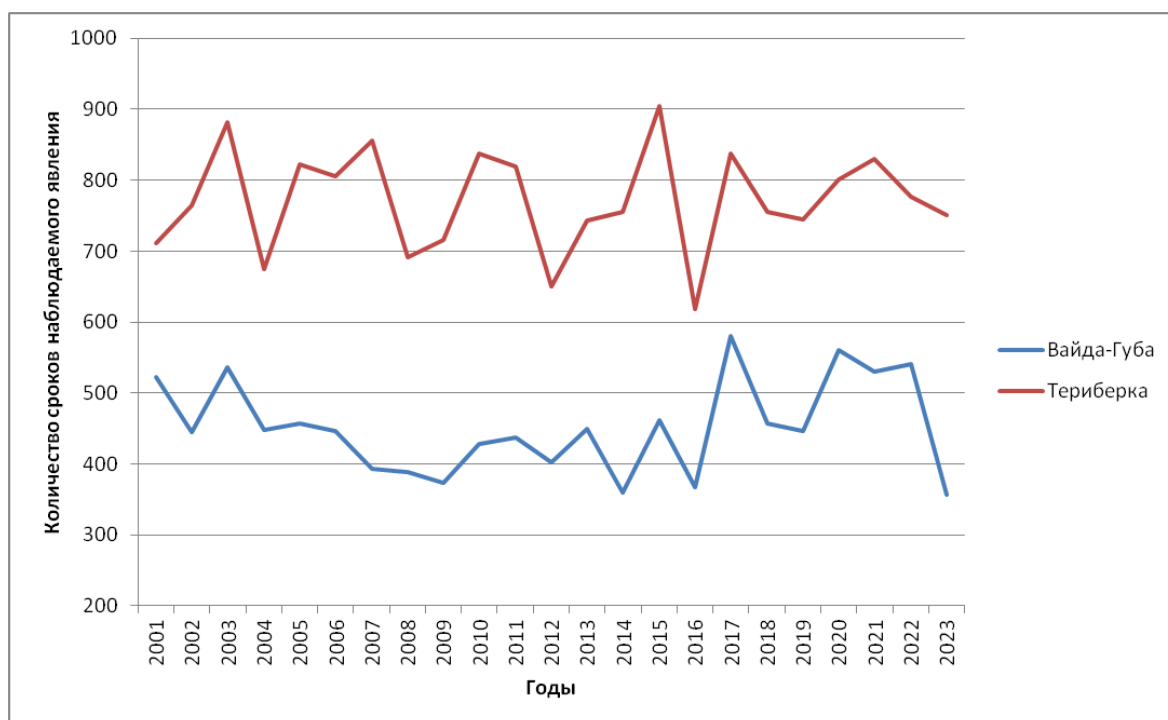


Рисунок 12. Динамика порывов ветра (≥ 15 м/с) на Териберке и Вайда-Губе за 2001-2023 гг.

В отличие от первого периода, график Вайда-Губы не повторяет динамику Териберки. Различия между станциями становятся более выраженными. Например: Каждые 3-4 года на Териберке количество регистрируемых сроков резко падало, а на Вайда-Губе такого не наблюдалось. Предположительно, причиной таких различий является изменение направлений ветров, которые не позволяют фиксировать на Териберке высокие значения порывов ветра.

В течение обоих периодов, ход кривой на Вайда-Губе имеет более плавный характер, чем на Териберке. Однако, начиная с 2016 года, ход кривой на Вайда-Губе приобретает более резкий характер.

На станции Вайда-Губа, количество зарегистрированных сроков составляет в среднем 400-500 сроков, на станции Териберка – 700-800 сроков.

3.4. Повторяемость порывов ветра на станциях Вайда-Губа и Териберка за период с 1977 по 2023 гг.

Для анализа повторяемости порывов ветра, мы оставим период исследования разделенным на две части: с 1977 по 2000 гг. и с 2001 по 2023 гг.

Разобьем сильные ветра по градациям: 15 – 20 м/с, 21 – 25 м/с, 26 – 30 м/с, 31 – 35 м/с, 36 – 40 м/с, 41 – 45 м/с. Посчитаем количество регистрируемых сроков порывов ветра для каждой градации, сформируем таблицу и рассчитаем повторяемость.

Первый период (1977-2000 гг.)					Первый период (1977-2000 гг.)					
Градация порывов ветра, м/с					Градация порывов ветра, м/с					
15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45
9831	1458	295	39	8	12784	3140	807	110	26	4
11631					16871					
Повторяемость ветра, %					Повторяемость ветра, %					
84,52	12,54	2,54	0,34	0,07	75,77	18,61	4,78	0,65	0,15	0,02
Второй период (2001-2023 гг.)					Второй период (2001-2023 гг.)					
Градация порывов ветра, м/с					Градация порывов ветра, м/с					
15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	15-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45
8844	1386	144	14	0	13597	3230	762	135	23	2
10388					17749					
Повторяемость ветра, %					Повторяемость ветра, %					
85,14	13,34	1,39	0,13	0,00	76,61	18,20	4,29	0,76	0,13	0,01

Таблица 2 – Количество сроков с сильным порывом ветра (≥ 15 м/с) на Вайда-Губе и Териберке за период с 1977 по 2023 гг.

Сравнивая порывы ветра для каждой станции за первый и второй период, можно сделать выводы, что:

- 1) Количество регистрируемых сроков с наблюдавшимся сильным ветром на Вайда-Губе за последние 20 лет снизилось на 10%. При этом частота регистрации порывов ветра свыше 25 м/с уменьшилась в 2-3 раза, а скорость ветра свыше 35 м/с не фиксировалась вовсе;
- 2) В случае с Териберкой ситуация наоборот – количество регистрируемых сроков с наблюдавшимся сильным ветром за последние 20 лет выросло на 5%. В основном стали чаще регистрироваться порывы ветра 15-20 м/с, в остальном – сильных различий нет.

Теперь составим таблицу, заранее определив среднее количество сроков, фиксированных каждый год, станциями Териберка и Вайда-Губа в оба периода.

	Вайда-Губа	Териберка
Средний ветер 1977-2000 (случаи)	485	703
Средний ветер 2001-2023 (случаи)	452	772
Тенденция	падение	рост

Таблица 3 – Таблица со средними значениями сроков, с наблюдавшимся сильным порывистым ветром (≥ 15 м/с) на Териберке и Вайда-Губе за периоды с 1977 по 2000 гг. и с 2001 по 2023 гг.

Исходя из таблицы, можно увидеть, что в Вайде-Губе наблюдается снижение числа регистрируемых сроков по сравнению с предыдущим периодом. В Териберке же наблюдается обратная тенденция.

3.5. Поиск и сравнение случаев наблюдения аномально сильных ветров (порывы ≥ 30 м/с) на станциях Вайда-Губа и Териберка

Для поиска случаев аномально сильных ветров (≥ 30 м/с) на Вайда-Губе и Териберке, воспользуемся уже сформированным архивом данных.

Отбор данных проходил в 3 этапа:

- 1) Сначала для каждой станции был проведён отбор всех сроков наблюдений с аномально сильным ветром (порывы ветра ≥ 30 м/с). В результате отбора данных за период с 1977 по 2023 гг., получилось выделить 111 сроков для Вайда-Губы и 450 сроков для Териберки;
- 2) Далее была выполнена группировка данных по отдельным случаям (по дням): Вайда-Губа – 56 случаев, Териберка – 169 случаев.
- 3) Затем был поиск временных совпадений – выявление дней, когда аномально сильные ветра наблюдались на обеих станциях одновременно. Таких совпадений было всего 30.

Вайда-Губа							Териберка						
Индекс	Год	Месяц	День	Срок	Сред вет	Порывы	Индекс	Год	Месяц	День	Срок	Сред вет	Порывы
22003	1977	6	21	15	20	30	22028	1977	6	21	18	24	34
22003	1977	6	21	18	19	30	22028	1977	6	21	21	20	40
22003	1977	6	21	21	21	30							
22003	1977	12	20	9	23	30	22028	1977	12	20	15	23	30
22003	1978	11	3	12	23	32	22028	1978	11	3	15	20	30
22003	1978	11	3	15	15	30	22028	1978	11	3	18	19	30
22003	1982	1	20	12	19	30	22028	1982	1	20	12	19	30
							22028	1982	1	20	15	23	35
22003	1982	1	26	6	23	30	22028	1982	1	26	9	20	32
22003	1985	10	16	15	22	36	22028	1985	10	16	15	24	30
22003	1985	10	16	18	20	32	22028	1985	10	16	18	32	37
22003	1985	10	16	21	20	32	22028	1985	10	16	21	26	38
22003	1986	2	8	0	23	30	22028	1986	2	8	0	24	31
							22028	1986	2	8	3	30	38
							22028	1986	2	8	6	21	34

Таблица 4 – Случаи одновременного наблюдения аномально сильных ветров (≥ 30 м/с) на станциях Вайда-Губа и Териберка за период с 1977 по 2023 гг.

Помимо случаев одновременного наблюдения anomalно сильных ветров на обеих станциях, были выявлены ситуации, когда порывы фиксировались только на одной из них. Так, число случаев в Вайда-Губе составляет 2, а в Териберке – 30. При этом видна значительная разница: частота случаев с anomalно сильным ветром на Териберке в 15 раз больше, чем на Вайда-Губе. Стоит отметить, что в этих случаях порывы не прекращались фиксироваться на станции в течение 12 и более часов.

3.6. Анализ синоптических ситуаций при anomalно сильных ветрах на станциях Вайда-Губа и Териберка

Рассмотрим синоптические ситуации, при которых anomalно сильный ветер регистрировался на Вайда-Губе (а на Териберке – нет), а также обратный случай.

3.6.1. Анализ синоптической ситуации для Вайда-Губы

Рассмотрим синоптическую ситуацию, когда на Вайда-Губе был anomalно сильный ветер, а на Териберке он не наблюдался. Для этого возьмём случай от 17-18 февраля 1996 года.

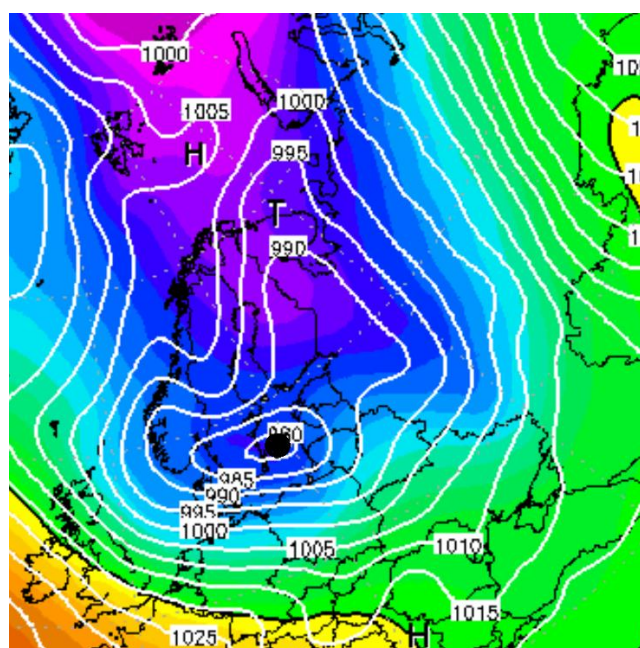


Рисунок 13. Синоптическая ситуация на 00 часов по UTC, 17.02.1996 г.

Карта АТ500 + приземная

В 00 часов по UTC 17 февраля, над территорией Скандинавии, Северо-западом России и практически всей Балтикой наблюдался циклон. Центр циклона находился чуть южнее центральной Балтики, его давление в центре составляло $P = 960$ гПа. В северо-восточном направлении от него, в сторону Белого моря, расположилась малоградиентная ложбина.

Необходимо отметить, что на карте АТ-500 в средней тропосфере, на всей территории исследования наблюдается барическая ложбина. Она попадает на территорию Западной Европы, Чёрного моря и части Сибири. Условия в этой ложбине позволяют данному циклону развиваться на этой территории, но не дают ему возможности двигаться в восточном направлении, поскольку над Сибирью располагается Сибирский антициклон с высокоградиентной западной периферией.

Начиная с 12 часов, на Вайда-Губе стали фиксироваться аномальные порывы ветра, достигавшие 36 м/с.

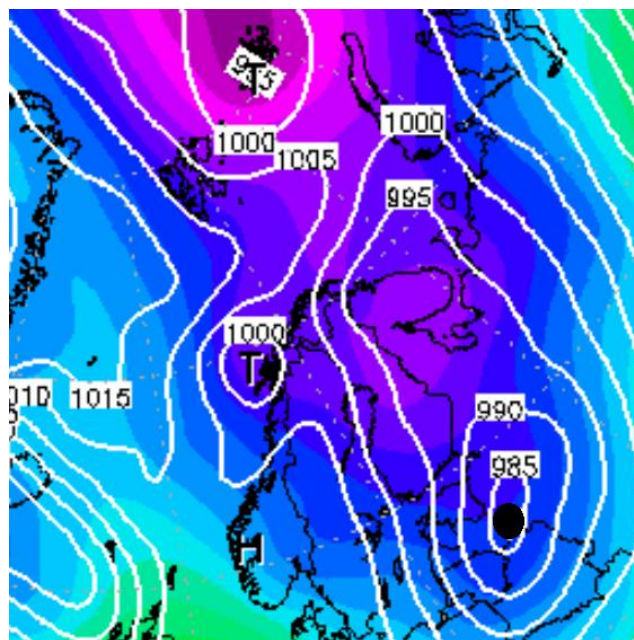


Рисунок 14. Синоптическая ситуация на 18 часов по UTC, 17.02.1996 г.

Карта АТ500 + приземная

Начиная с 12 часов, на Вайда-Губе стали фиксироваться аномальные порывы ветра, достигавшие 36 м/с.

Уже в 18 часов по UTC 17 февраля, над всей территорией Северо-запада РФ наблюдалось малоградиентное поле ложбины. Также к этому сроку у берегов Норвегии сформировался частный циклон, расположившийся чуть западнее ложбины. В результате, между этими циклонами, образовалась зона контрастов (высоких градиентов).

По причине того, что Териберка находится в малоградиентном поле, аномально сильные ветра в ней не наблюдаются. А в Вайда-Губе, которая попадает в зону контрастов, они есть. Так, аномально сильные ветра наблюдались на Вайда-Губе в течение 12 часов, но уже в 0 часов по UTC 18 февраля их регистрация прекратилась.

3.6.2. Анализ синоптической ситуации для Териберки

Рассмотрим синоптическую ситуацию, когда на Териберке был аномально сильный ветер, а на Вайда-Губе он не наблюдался. Для этого возьмём случай от 27 марта 1981 года.

Развитие циклона прослеживается ещё с 24 марта. В этот день, центр циклона располагался над Ботническим заливом и Карелией.

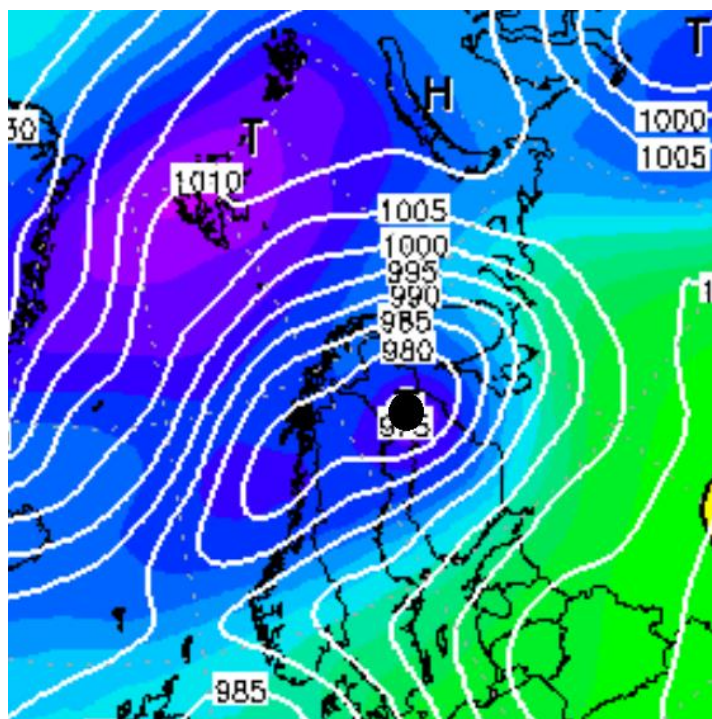


Рисунок 15. Синоптическая ситуация на 00 часов по UTC, 24.03.1981 г.

Карта АТ500 + приземная

В дальнейшем, он сдвигался в северо-восточном направлении и уже к 18 часам по UTC центр вышел на юг Баренцева моря. В этот же срок, у данного циклона наблюдалась малоградиентная ложбина, которая охватывала территорию Балтийского моря. В этой ложбине, в районе центральной Балтики, сформировался отдельный центр.

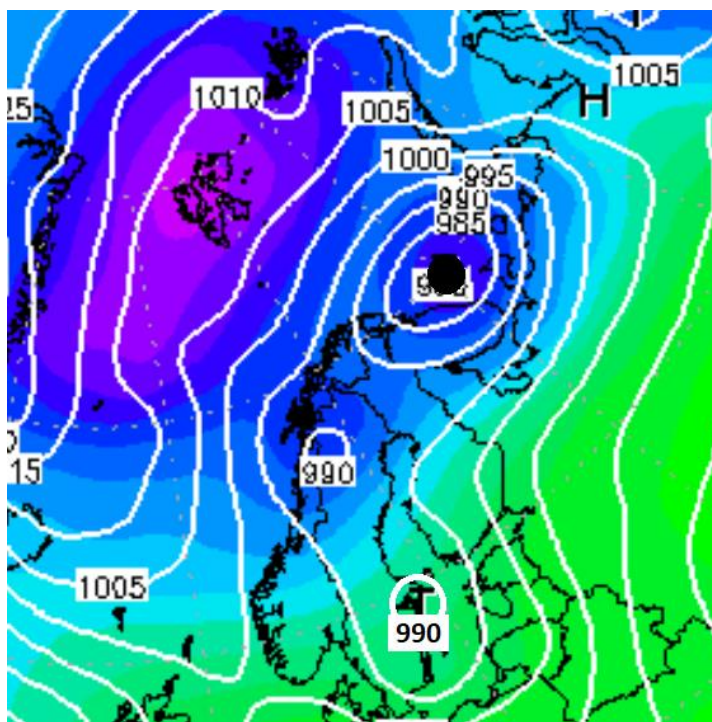


Рисунок 16. Синоптическая ситуация на 18 часов по UTC, 24.03.1981 г.

Карта АТ500 + приземная

В течение последующих 24 часов, этот центр смещался в северо-восточном направлении. К 18 часам по UTC 25 марта, он сформировался в молодой циклон, центр которого расположился над акваторией Белого моря.

Следует отметить, что в это же время, циклон изменил свою траекторию и стал смещаться на север, а контрасты его барического поля начали значительно усиливаться.

Начиная с 0 часов, на Териберке стали фиксироваться аномальные порывы ветра, достигавшие 32 м/с.

К 12 часам по UTC 25 марта, над территорией исследования уже наблюдается глубокий циклон, с давлением в центре $P = 975$ гПа, расположившимся на юге Баренцева моря.

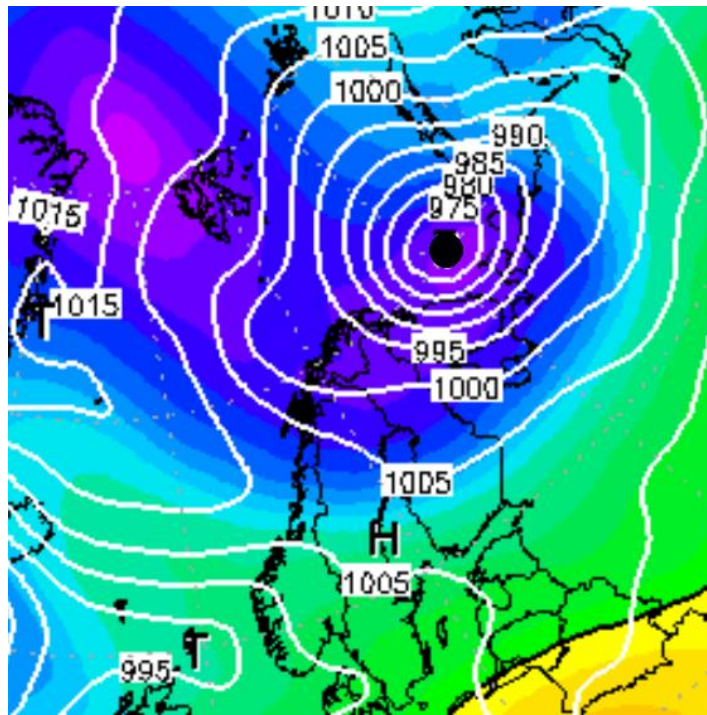


Рисунок 17. Синоптическая ситуация на 12 часов по UTC, 27.03.1981 г.

Карта АТ500 + приземная

Сформировавшийся циклон имеет значительное число замкнутых изобар и значительные контрасты в его передней и тыловой частях. Зона высоких градиентов циклона заканчивается на границе Карелии и Мурманской области.

В результате данной синоптической ситуации, Вайда-Губа оказывается в малоградиентной ложбине, а Териберка попадает в тыловую (юго-западную) часть циклона.

Поскольку карты построены в условиях интерполяции, можно предположить, что в Вайда-Губе сильные ветра наблюдались, однако они не достигали аномально высоких значений (в отличие от Териберки, которая находилась ближе к центру циклона).

К 18 часам, регистрация аномально сильных порывов ветра на Териберке прекратилась.

3.7. Построение и анализ траекторий движения циклонов, характерных для формирования аномально сильных ветров, одновременно наблюдаемых на Вайда-Губе и Териберке

В период исследования с 1977 по 2023 гг. было выявлено 30 случаев, когда одновременно на двух станциях (Вайда-Губе и Териберке) наблюдались аномально сильные ветра (≥ 30 м/с). Все случаи были связаны с прохождением циклона.

Перед построением траекторий циклонов стоит учесть, что на рисунках будет представлен их неполный жизненный цикл. Траектория циклона складывается из следующих моментов времени: положения центра циклона до, во время и после наблюдения явления. Каждый момент времени разделён между собой периодом в 6 часов. Также, чтобы избежать большого наложения траекторий друг на друга, мы разделим наш период наблюдений на 4 части, примерно по 10 лет.

Полученные траектории будут выглядеть следующим образом:

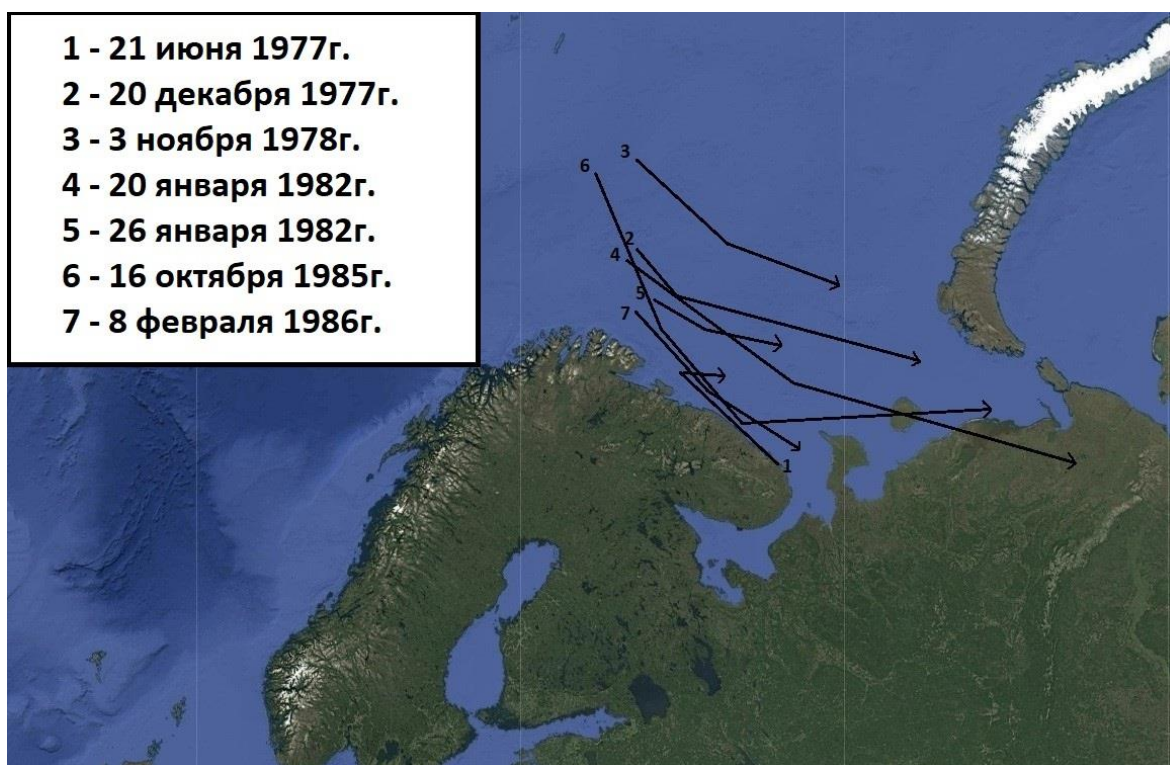


Рисунок 18. Траектории циклонов с 1977 по 1987 гг.

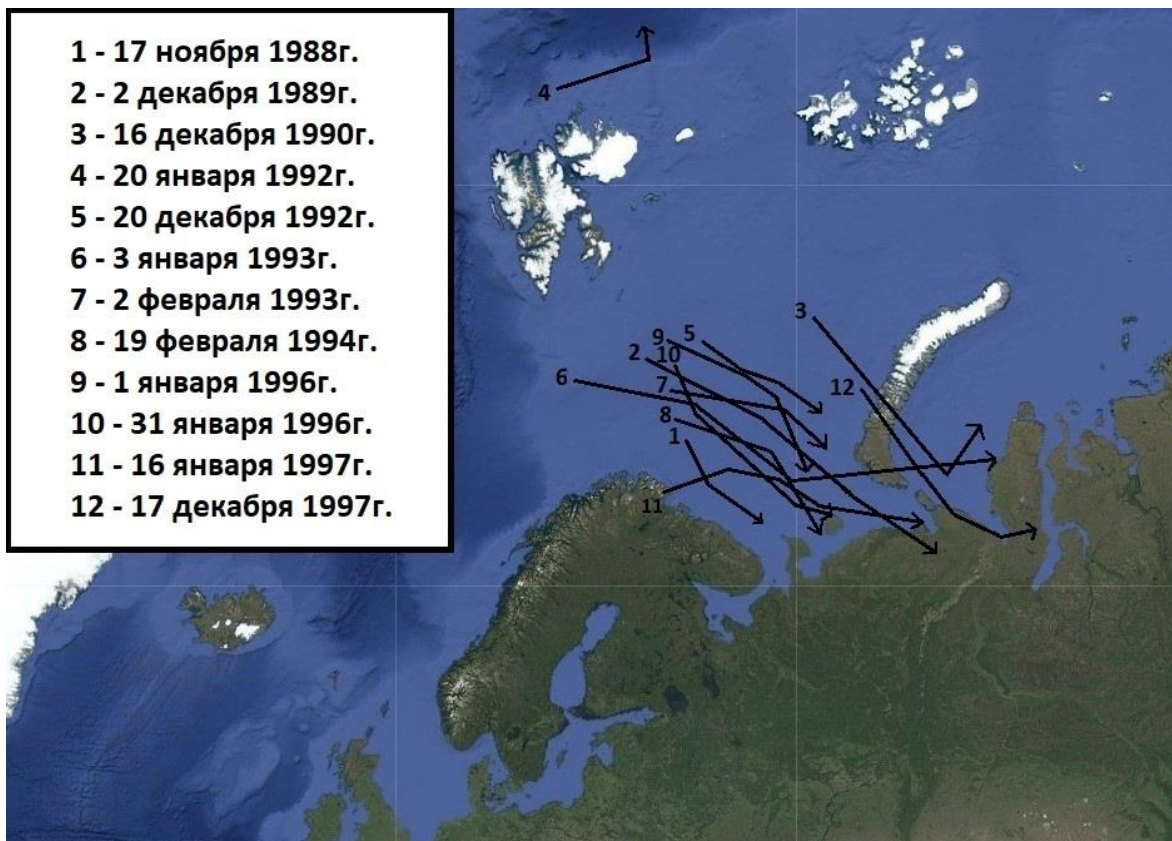


Рисунок 19. Траектории циклонов с 1988 по 1998 гг.



Рисунок 20. Траектории циклонов с 1999 по 2009 гг.



Рисунок 21. Траектории циклонов с 2010 по 2022 гг.

Изучив траектории циклонов можно сделать вывод, что:

- 1) Проходящие циклоны имели направление движения преимущественно с северо-запада на юго-восток;
- 2) Можно выделить 2 характерные траектории: В первом случае, центр циклона проходит вблизи побережья, второй – является наиболее частой – проходит через центральную часть Баренцева моря.

3.8. Анализ синоптических ситуаций, характерных для формирования аномально сильных ветров, одновременно наблюдаемых на Вайда-Губе и Териберке

Выделим случаи, когда сильные ветра на Вайда-Губе и Териберке возникали за счёт быстрого прохождения циклонов.

В каждом из 30 выделенных случаев, были рассчитаны скорости перемещения циклонов и выбраны 5 самых быстрых циклонов:

1. Циклон от 20 января 1982 г., преодолел расстояние от северного побережья Норвегии до центральной части Ненецкого АО за 12 часов, двигаясь со скоростью 98 км/ч;
2. Циклон от 2 декабря 1989 г., преодолел расстояние от восточного побережья Гренландии до острова Колгуев за 24 часа, двигаясь со скоростью 85 км/ч;
3. Циклон от 16 декабря 1990 г., преодолел расстояние от южного побережья Шпицбергена до Карского моря за 18 часов, двигаясь со скоростью 92 км/ч;
4. Циклон от 3 января 1993 г., преодолел расстояние от Гренландского до Карского моря за 24 часа, двигаясь со скоростью 87 км/ч;
5. Циклон от 28 февраля 2022 г., преодолел расстояние от северного побережья Норвегии до острова Вайгач за 18 часов, двигаясь со скоростью 78 км/ч.

Рассмотрим траектории движения циклонов для каждого случая более подробно. Для этого воспользуемся картами реанализа, на которых будем отмечать положение центра циклона каждые 6 часов.

Случай от 20 января 1982 г.:

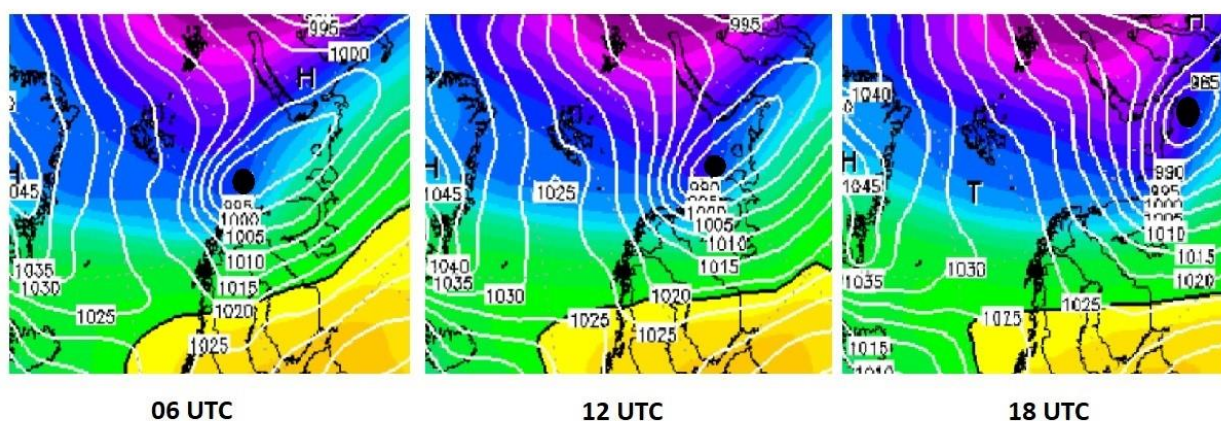


Рисунок 22. Анализ движения циклона каждые 6 часов

За начальный момент времени был выбран срок, а именно 06 UTC, когда аномально сильный ветер (≥ 30 м/с) на Вайда-Губе и Териберке не наблюдался. В это время, центр циклона (с давлением $P = 995$ гПа) находился у северного побережья Норвегии. В течение следующих 6 часов, центр циклона смещался в восточном направлении, достигнув побережья полуострова Канин. Уже в 12 часов на обеих станциях фиксировались порывы 30 м/с. В 15 часов (12 часов по ВСВ) на Вайда-Губе порывы ветра уже не наблюдались, а на Териберке они достигали 35 м/с. Далее, спустя 6 часов, центр циклона оказался над сушей, располагаясь над территорией центральной части Ненецкого АО. За прошедшие 12 часов циклон углубился, в связи с чем, давление в центре составило $P = 985$ гПа.

Случай от 2 декабря 1989 г.:

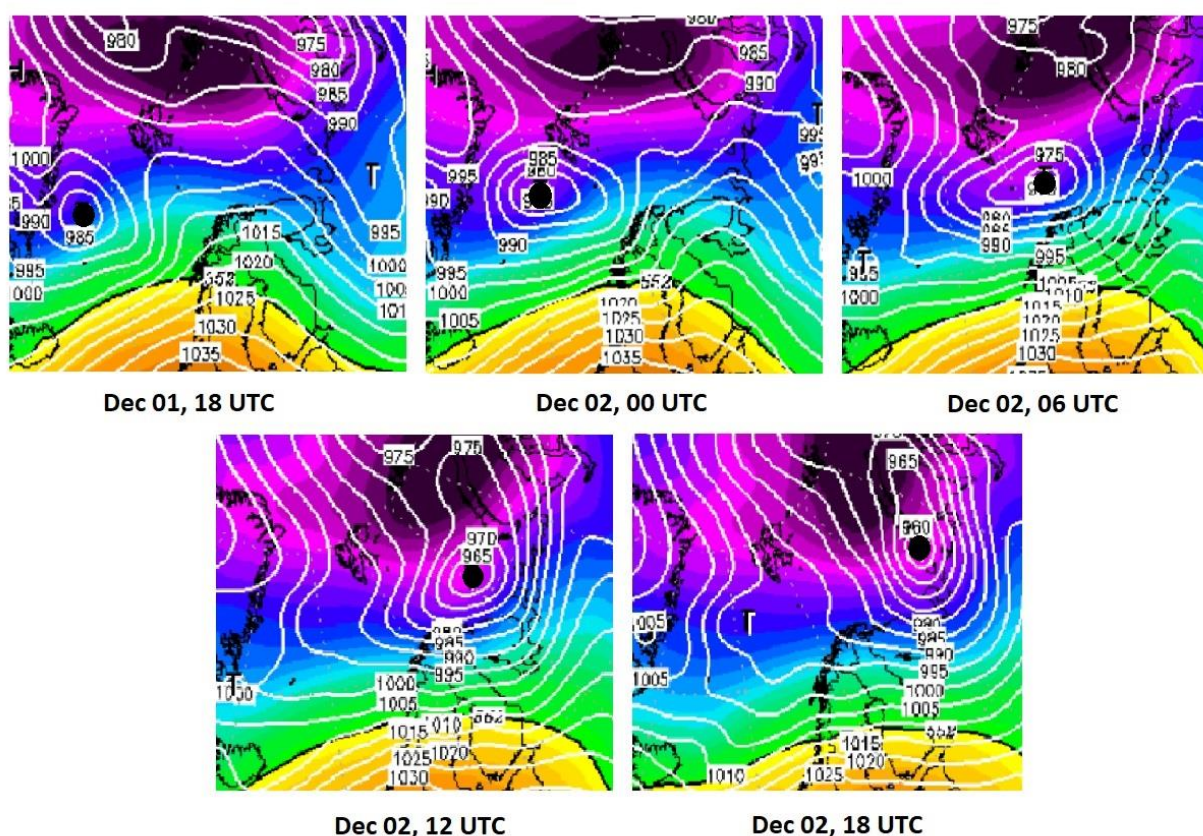


Рисунок 23. Анализ движения циклона каждые 6 часов

За начальный момент времени был выбран срок, а именно 18 UTC (от 1 декабря), когда аномально сильный ветер (≥ 30 м/с) на Вайда-Губе и Териберке не наблюдался. В это время, центр циклона (с давлением $P = 985$ гПа) находился у восточного побережья Гренландии. В течение следующих 6 часов, центр циклона смещался в юго-восточном направлении, приблизившись к Шпицбергену, а также углубившись до $P = 975$ гПа. Спустя ещё 6 часов, центр циклона прошёл мимо Шпицбергена и расположился у северного побережья Норвегии. В это же время (6 часов по ВСВ) он объединился с другой циклонической системой и снова углубился (давление в центре $P = 970$ гПа). Уже в 12 часов на Вайда-Губе стали регистрироваться порывы 30 м/с. К 15 часам (12 часов по ВСВ) произошёл ряд событий: циклон углубился до $P = 965$ гПа и сместился на восток, расположившись над Баренцевым морем; уже на обеих станциях фиксировались порывы ветра – на Териберке они достигали 38 м/с, на Вайда-Губе – 31 м/с. Аномальные порывы ветра на станциях прекратили регистрироваться на станциях после 18 часов. В 21 час (18 часов по ВСВ) циклон всё также находился в стадии углубления. Его давление в центре стало составлять $P = 960$ гПа, а сам центр уже располагался вблизи острова Колгуев.

Случай от 16 декабря 1990 г.:

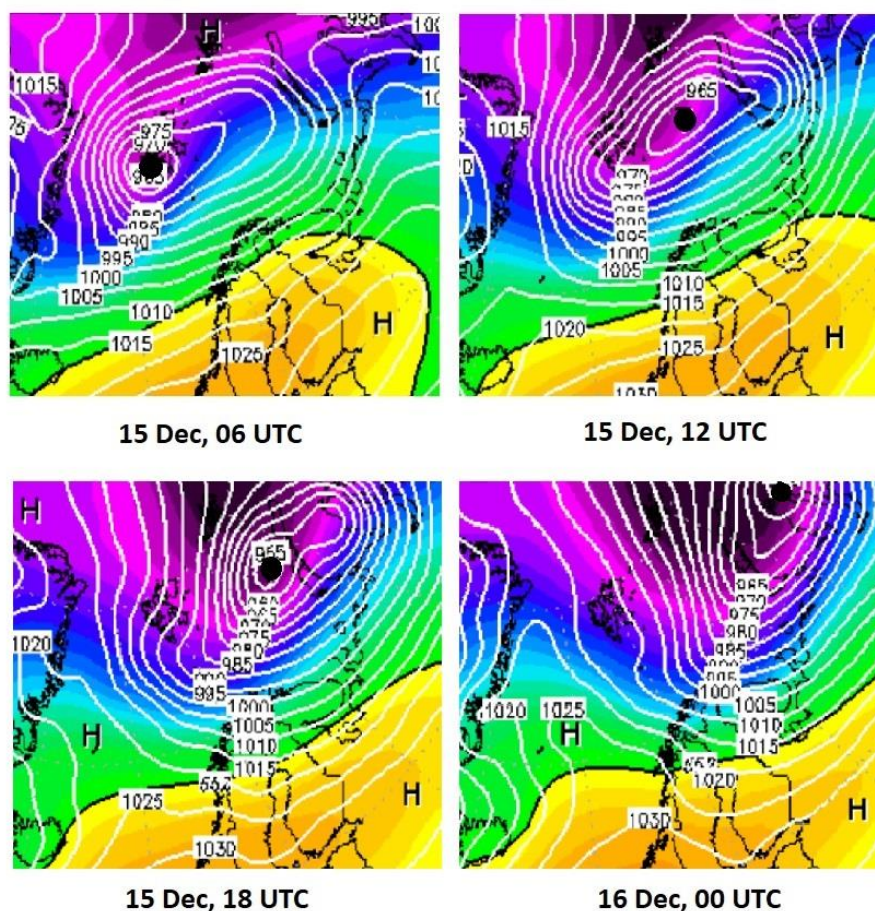


Рисунок 24. Анализ движения циклона каждые 6 часов

За начальный момент времени был выбран срок, а именно 06 UTC (от 1 декабря), когда аномально сильный ветер (≥ 30 м/с) на Вайда-Губе и Териберке не наблюдался. В это время, центр циклона (с давлением $P = 965$ гПа) находился у южного побережья Шпицбергена. В течение следующих 6 часов, центр циклона смещался в восточном направлении, установившись над Баренцевым морем. В 21 час (18 часов по ВСВ) циклон всё также находился в стадии углубления. Его давление в центре стало составлять $P = 955$ гПа, а сам центр уже располагался вблизи острова Новая Земля. К 3 часам (00 часов по ВСВ) произошёл ряд событий: циклон углубился до $P = 950$ гПа и сместился на восток, расположившись над Карским морем; циклон вытянулся на юго-запад, образуя высокоградиентную ложбину над

территорией исследования. В связи со сложившейся синоптической ситуацией, на обеих станциях стали фиксироваться аномальные порывы ветра – на Териберке они достигали 34-36 м/с, на Вайда-Губе – 30 м/с.

Случай от 3 января 1993 г.:

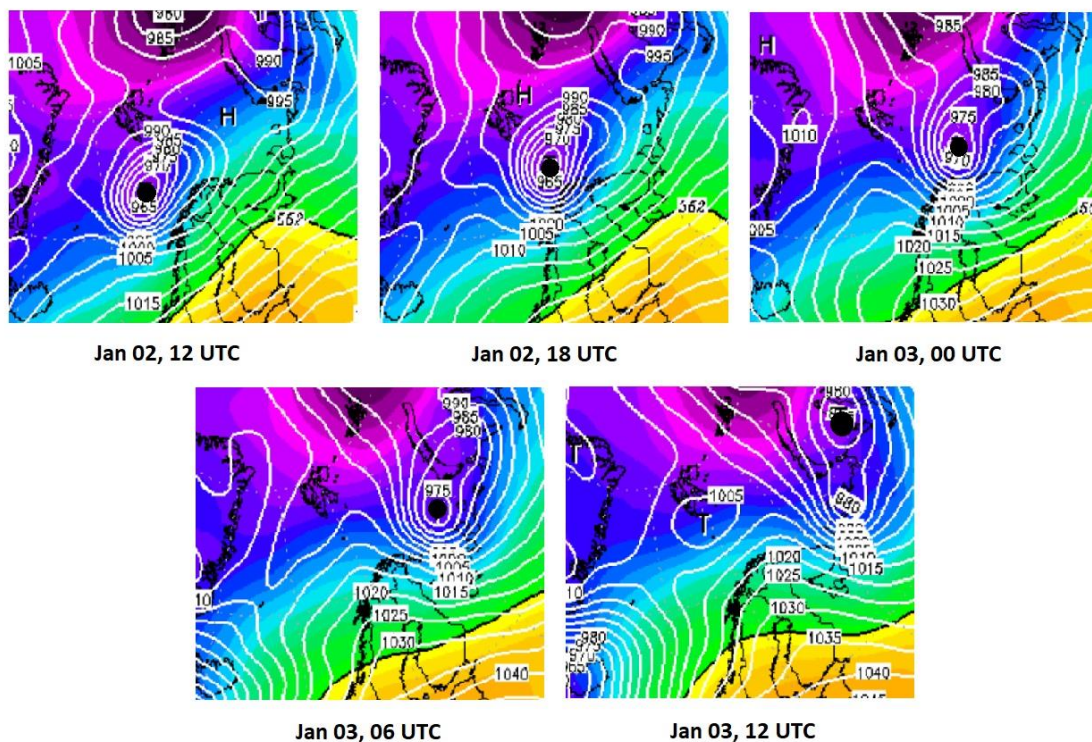


Рисунок 25. Анализ движения циклона каждые 6 часов

За начальный момент времени был выбран срок, а именно 12 UTC (от 2 января), когда аномально сильный ветер (≥ 30 м/с) на Вайда-Губе и Териберке не наблюдался. В это время, центр циклона (с давлением $P = 965$ гПа) находился над Гренландским морем. В течение следующих 6 часов, центр циклона смещался в юго-восточном направлении, приблизившись к Шпицбергену. Спустя ещё 6 часов, центр циклона прошёл мимо Шпицбергена, расположился у северного побережья Норвегии. В это же время (0 часов по ВСВ) он начал заполняться – циклон стал ослабевать. Также на Вайда-Губе начали регистрироваться порывы ветра 33 м/с. В период с 3 до 9 утра, циклон проходил над территорией исследования своей

южноградиентной частью, в связи с чем, на обеих станциях фиксировались порывы ветра – на Териберке они достигали 32-38 м/с, на Вайда-Губе – 34-35 м/с. К 15 часам (12 часов по ВСВ) центр циклона сместился восточнее и расположился над Карским морем.

Случай от 28 февраля 2022 г.:

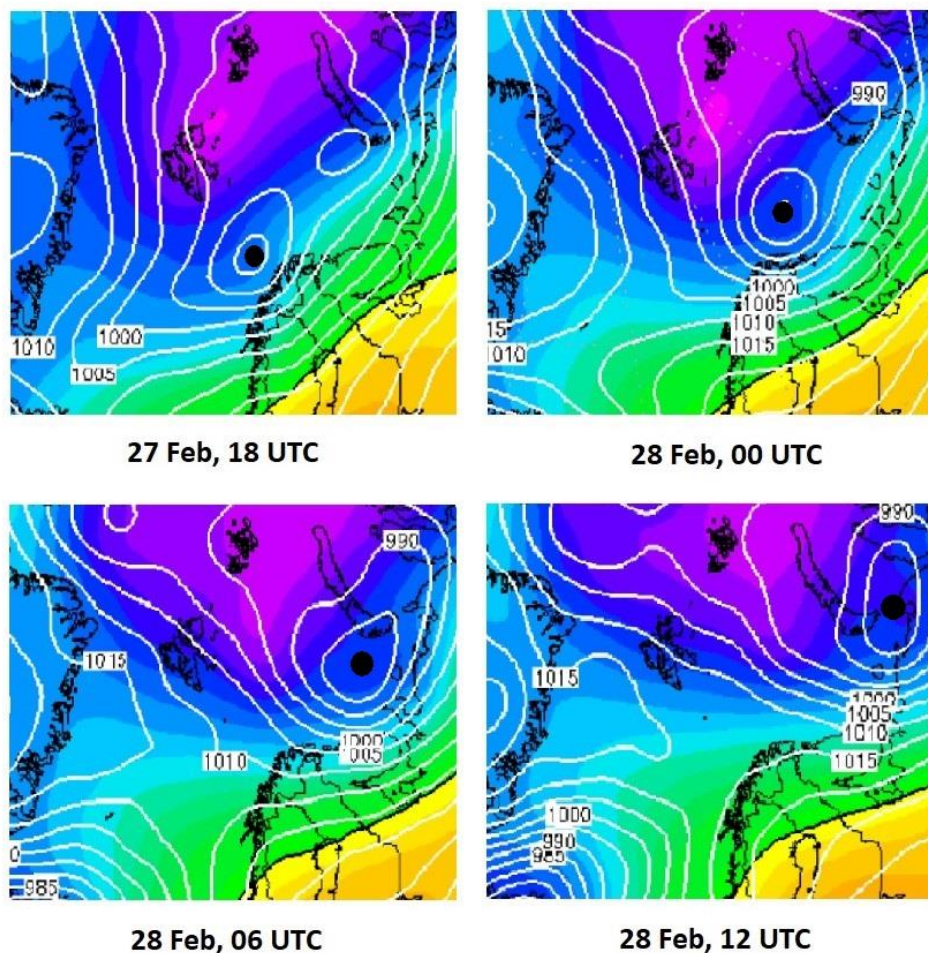


Рисунок 26. Анализ движения циклона каждые 6 часов

За начальный момент времени был выбран срок, а именно 18 UTC (от 27 февраля), когда аномально сильный ветер (≥ 30 м/с) на Вайда-Губе и Териберке не наблюдался. В это время, центр циклона (с давлением $P = 985$ гПа) находился у северного побережья Норвегии. В течение следующих 6 часов, центр циклона смещался в восточном направлении, установившись над Баренцевым морем. Помимо этого, начиная с 0 часов на обеих станциях

уже фиксировались порывы ветра 30 м/с. В 6 часов на Вайда-Губе порывы ветра уже не наблюдались, а на Териберке они достигали 42 м/с. К 15 часам (12 часов по ВСВ) центр циклона сместился восточнее и расположился над островом Вайгач.

В 60% случаев, при наблюдении сильных ветров, положение полярной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) находится выше своего климатического положения [12].

Заключение

Был рассмотрен ветровой режим на Северо-западе России. Для его детального исследования, на этой территории были выбраны восемь метеорологических станций. С этих станций были собраны данные 8-срочных наблюдений, которые впоследствии были обработаны и сформированы в архив.

Был проведен анализ годового хода ветра для всех станций, но особое внимание было уделено двум наиболее северным станциям – Териберке и Вайда-Губе, для которых динамика ветрового режима была рассмотрена по двум временным отрезкам: 1977–2000 гг. и 2001–2023 гг.

Были найдены случаи наблюдения аномально сильных ветров (порывы ≥ 30 м/с) на Териберке и Вайда-Губе, синоптические ситуации для которых были рассмотрены в отдельном порядке. Также были построены и проанализированы траектории движения циклонов, из-за влияния которых на этих станциях возникали аномально сильные ветра.

По результатам этого исследования были сделаны следующие заключения:

- 1) Станции в северной части Северо-Запада РФ регистрируют на порядок больше сроков с сильными порывами ветра (≥ 15 м/с), чем южные;
- 2) В последнее время, количество регистрируемых сроков с сильными порывами ветра в Териберке возрастает;
- 3) Основными факторами формирования аномально сильных ветров (порывы ≥ 30 м/с) на Териберке и Вайда-Губе является прохождение циклонов с северо-запада на юго-восток по побережью Кольского полуострова в зимний период.

Список использованных источников

1. Анализ термического режима Арктического побережья [электронный ресурс] - Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2022/article/2018030239>, свободный. (Дата обращения: 02.06.2025)
2. ФГБУ «Мурманское УГМС» [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kolgimet.ru>, свободный. (Дата обращения: 02.06.2025)
3. Тверской П.Н. Курс метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1962. – 693 с.
4. Метеорология и климатология: учебник. 7-е изд. / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 582 с.
5. Атмосфера Земли - внешняя оболочка планеты [электронный ресурс] – Режим доступа: https://big-archive.ru/geography/earth_atmosphere/27.php, свободный. (Дата обращения: 02.06.2025)
6. Шкала Бофорта [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/bofort>, свободный. (Дата обращения: 02.06.2025)
7. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. 1. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 301 с.
8. Акимов В. А., Дурнев Р. А., Соколов Ю. И. Глава 3. Климат России // Защита населения и территорий Российской Федерации в условиях изменения климата / МЧС России, Всероссийский НИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2016. – 118 с.
9. Справочник по климату СССР. Выпуск 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская и Псковская области. История и физико-географическое описание метеорологических станций и постов – Л.: Гидрометиздат, 1972 – 299 с.
10. Попова Л. Н. К 90-летию гидрометеорологической станции Кемь-Порт [электронный ресурс] // ФГБУ «Северное УГМС». – Режим доступа: <http://sevmeteo.polarpost.ru/articles/4/216.shtml.html>, свободный. (Дата обращения: 02.06.2025)

11. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения:
РД 52.27.724 // ФГБУ «Гидрометцентр России». – М.: [б. и.], 2019. –
62 с.
12. ФГБУ «Гидрометцентр России» [электронный ресурс] – Режим
доступа: <https://meteoinfo.ru>, свободный. (Дата обращения: 02.06.2025)