

**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»**

**Факультет географии и геоэкологии  
Кафедра физической и социально-экономической  
географии**

# **Выпускная квалификационная работа**

**Динамика ветрового режима  
лесостепной зоны Центрального  
Кавказа (м/с Владикавказ)**

**Исполнитель:**

Студентка 4 курса ОФО  
по направлению 05.03.02

География

Валиева Мария

Григорьевна \_\_\_\_\_

**Научный руководитель:**

доцент, к.г.н.

Айларов Айвар

Евдокимович \_\_\_\_\_

**«Допущена к защите»**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ к.г.н., доцент  
Тебиева Д.И.

Владикавказ 2019

## СОДЕЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 3  |
| Глава 1. КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ<br>ОБЗОР ТЕРРИТОРИИ РСО – АЛАНИЯ .....                | 5  |
| ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....  | 8  |
| .....  | 8  |
| ГЛАВА 3. ПАРАМЕТРЫ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА<br>НА М/С ВЛАДИКАВКАЗ                                    |    |
| 3.1. Расчет параметров ветрового режима по м/с<br>Владикавказ<br>за период 2011-2018гг. .... | 12 |
| 3.1.1. Месячные параметры и их сравнительный<br>анализ с климатическими нормами .....        | 14 |
| 3.2. Изменения месячных скоростей ветров за период<br>2011-2018 гг. ....                     | 22 |
| 3.3. Сезонные параметры и их сравнительный анализ с<br>климатическими нормами.               |    |
| 3.3.1. Анализ структуры сезонных ветров на м/с<br>Владикавказ .....                          | 23 |
| 3.3.2. Анализ сезонных ветров по периодам ВМО .....  | 29 |
| .....  | 29 |
| 3.4. Годичные параметры и их сравнительный<br>анализ с климатическими нормами                |    |
| 3.4.1. Структура ветрового режима по повторяемости<br>в 2011-2018 .....                      | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4.2. Структура ветрового режима по скорости за период  |    |
| 2011-2018 гг. ....   | 34 |
| ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛЫ И ПОВТОРЯЕМОСТИ ВЕТРОВ НА М/С ВЛАДИКАВКАЗ, 1991-2018 | 35 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....   | 41 |
| Список литературы .....  | 42 |

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения ветрового режима территории определяется тем, что это один из ключевых компонентов климата в условиях его глобальных изменений. Эти вопросы освещаются в докладах межправительственной группы по исследованию климата при ООН (IPCC), изданиях Всемирной Метеорологической организации (ВМО), ФАО и других организаций системы ООН ([www.UNFCCC.int](http://www.UNFCCC.int) и др.) [9], [13], [16], [17], [18], [21].

Одним из важнейших элементов климата любой территории является режим циркуляции атмосферы: соотношение циклонов, антициклонов, их продолжительность, направление перемещения воздушных масс. На этом фоне складывается ветровой режим атмосферы: скорость и направления ветров по сторонам горизонта в зависимости от времени суток, месяца, сезона и годового цикла.

Полученные характеристики климата должны сопоставляться с климатическими нормами 1961-1990гг., согласно рекомендациям - ВМО (Гейдельберг, 2014) [18], [22].

Все эти данные получают на метеостанциях сети ВМО, расположенных по всем странам мира. Всего по странам мира на сегодняшний день насчитывается около 98851 станции. По Российской Федерации в сеть ВМО входит свыше 1691 метеостанции. Две из них - Моздок и Владикавказ - входят в сеть ВМО с международными индексами 37145 и 37228 соответственно.

Значимость изучения ветрового режима территории состоит в его научном и прикладном (хозяйственном) значениях. С научной точки зрения ветровой режим позволяет объяснять закономерности изменения динамики атмосферы в зависимости от сопутствующих условий природной обстановки территории: рельефа, положения в системе широтной зональности, общей циркуляции атмосферы, динамики температур, солнечной радиации и давления.

*Данные о силе и направленности ветров* используются в строительстве, архитектуре, ландшафтной планировке, сельском хозяйстве, охране природы и рекреации, в зависимости от задач, которые решают планирующие и хозяйствующие субъекты.

В работе использованы основные определения ветра и ветрового режима территории, соответствии с академическими источниками [<https://dic.academic.ru>] и изданиями ВМО [29-31].

Исходя из вышесказанного, определялась **цель работы:** выявить изменения скорости и повторяемости ветра за период 2011-2018 гг. в соответствии с нормами 1961-1990 гг. и сдвигов в ветровом режиме по данным м/с Владикавказ в 1991-2018 гг.

На основании поставленной цели решались следующие **задачи:**

1. Исследовать данные скорости и повторяемости ветров на м/с Владикавказ за стандартные временные интервалы наблюдений: сутки, декада, месяц, сезон, год за постбазовый период ВМО 1991-2018 гг.

2. Провести статистический анализ ветрового режима в сравнении с климатическими нормами ВМО 1961-1990 гг.

3. Выявить существующие сдвиги в ветровом режиме за исследованные периоды ВМО и дать им характеристику.

## **Глава 1. КРАТКИЙ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕРРИТОРИИ РСО - АЛАНИЯ**

Республика Северная Осетия-Алания расположена на юге Европейской территории России и занимает центральную часть северного склона Большого Кавказа и Предкавказья. В целом рельеф РСО-Алания состоит из двух основных морфоструктурных частей: горной и равнинной (рис. 1).

Северная часть – равнинная: Предгорная наклонная равнина и Терско-Кумская низменность в пределах Моздокского района. Основные высоты здесь 450-750 м н.у.м. и 112 – 250 м н.у.м. соответственно.

Южную часть РСО-А занимают горные хребты Большого Кавказа, которые относятся к Центральному Кавказу.

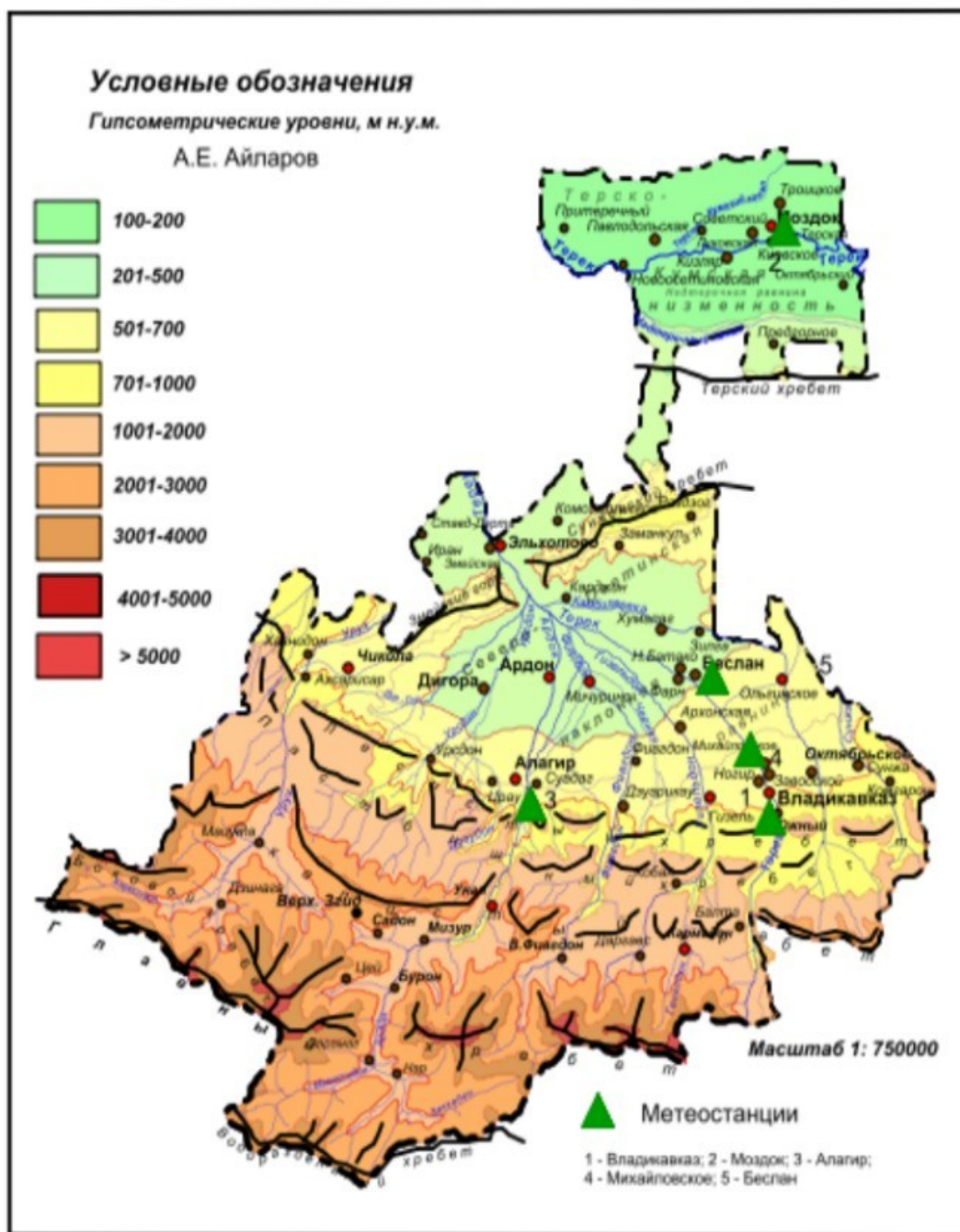
Большой Кавказ состоит из шести основных хребтов (с юга север – схема В.Д. Панова): Водораздельного (г. Халаца, 3973 м), Главного (г. Казбек, 5033 м), Бокового (г. Суган, 4486), Скалистого (г. Уза-хох, 3529), Пастбищного (Ольдухан-хох, 1822) и Лесистого (г. Сурх, 1471 м).

### **1. Равнинная часть.**

В северной части территории Республики Северная Осетия-Алания расположена Моздокская низменность (левый берег широтного течения р. Терек). Правый берег р. Терек находится на высоте 112-180 м н.у.м, а Надтеречная равнина, примыкающая к северным склонам Терского хребта - на высоте 200-250 м н.у.м.

Северо-Осетинская предгорная наклонная равнина занимает предгорную часть Большого Кавказа с высотами 340м («Эльхотовские ворота») - 750 м н.у.м. (Подножье Большого Кавказа, рис. 1).

Северо-Осетинская предгорная наклонная равнина имеет общий уклон к северу, при этом на востоке уклоняется в сторону северо-запада, а на западной части равнины - к северо-востоку.



**Рис. 1. Метеостанции РСО - Алания**

Силтанукская возвышенность высотой 678 м является крайней западной частью равнины, а Хумалагская



возвышенность с отметкой 560 м н.у.м – крайней восточной частью.

Северо-Осетинская наклонная равнина с юга ограничена Лесистым хребтом, а с севера и северо-востока - Сунженским хребтом, высоты которого достигают 926 м (г. Заманкул).

К горной части следует относить Сунженский и Терский хребты, т.к. по всем признакам – это горные моноклиналильные складки – хребты (максимальные высоты 770-926 м), которые испытывают колебательные движения. Формально их относят к возвышенностям, называя их часто Терско-Сунженской возвышенностью.

Сунженский хребет разделяется долиной «Эльхотовские ворота» на две части. Западная часть - Змейские горы с высотой 757,6 м, и восточная часть – Сунженский хребет с высотами 500-926 м.

Таким образом, горная часть РСО-Алания занимает 62,3%, равнинная – 37,3%.

Объект исследования в нашей работе – метеорологическая станция «Владикавказ». Станция имеет идентификационный номер в сети Всемирной Метеорологической организации 37228. Высота станции над уровнем моря – 703 м. Координаты станции 43,1 с.ш., 44,6 в.д.

## ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В работе использованы методические и информационные материалы, специализированные интернет-ресурсы ВМО, Гидрометцентра РФ, Гидрометбюро РСО-Алания, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД), работы отечественных и зарубежных авторов, ВМО и др. [9], [10], [11], [12], [13], [14-15], [16-18], [19], [21-22], [23], [24-27].

При проведении статистических расчетов и построении диаграмм розы ветров применены специализированные программные пакеты (ПП) Excel 2016 и Golden Grapher 12.

За основу расчетов взят массив данных по скоростям и направлениям ветров за период климатических норм 1961-1990гг. и временной интервал массива ежедневных данных 2011-2018гг. Первичную обработку данных производили средствами Excel: группировка и сортировка ежедневных данных по основным румбам для месячных, сезонных и годовых периодов: всего обработано свыше 72000 записей (в среднем по каждому месяцу насчитывалось 500 записей: колонка румба и колонка скорости).

Статистические данные получены на специализированных сайтах [pogoda.service.ru](http://pogoda.service.ru), [rp5.ru](http://rp5.ru), [meteorf.ru](http://meteorf.ru), [meteoinfo.ru](http://meteoinfo.ru), ВНИИГМИ-МЦД - [aisori.meteo.ru/ClimateR](http://aisori.meteo.ru/ClimateR) и др. [24-29], [30-31]/

Следующим шагом была загрузка из подготовленных данных в Excel для ПП Golden Grapher 12 с последующим построением диаграмм розы ветров.

Данная графо-статистическая программа имеет специализированные опции wind chart и wind rose, которые возвращают диаграмму розы ветров с отражением количественных параметров ветров: румбы, скорости и их процентное выражение по повторяемости этих направлений.

Построение диаграмм розы ветров в программе Golden Grapher производили на основе обработки данных через ПП Excel методом сортировки и замены буквенных обозначений румбов на цифровые.

Для получения статистики повторяемости по определённому периоду использовано приложение Excel – Пакет анализа – метод гистограмм. Данный метод заключается в том, что делается выборка по всему массиву данных для изучаемого периода, например за 2011-2018гг. или за определённый год. Для выявления частоты случаев скорости ветра было рассчитано количество интервалов скоростей ветра (k) по формуле Г. Стерджесса:

$$k \approx 1 + \log_2 n \text{ или } k \approx 1 + 3,322 \lg n,$$

где n – объем выборки.

Например, при объеме выборки n=100 k=3, при n=250, k=4. В нашем случае мы имеем на каждый месяц около 250 записей за 2011-2018гг. с общим количеством около 26000 записей. Так как за каждый месяц мы имеем около 250 строк по скоростям ветра и 8 измерениям на каждые сутки, то, согласно формуле Стерджесса, мы получаем около 4-5

интервалов / градаций, что отражено в диаграммах розы ветров в ПП Grapher 11.

Другой важный компонент оценки ветрового режима - повторяемость по порывам ветров за изучаемый период 1991-2018. Количество записей за год равно 365, разброс данных по порывам от 5 до 40 м/с. Соответственно, общее количество записей за 28 лет (1991-2018) равно 10207. Исходя из формулы Стерджесса (расчет количества интервалов), получаем градацию, интервалов равную 5.

Выборка данных со специализированных сайтов не всегда содержала параметры ветра: скорости и румбы за необходимые периоды наблюдений. Так, параметры ветра по ежедневным данным 1991-2018 содержат информацию по средней и максимальной скорости ветра, но при этом не указываются румбы [26]. Другой источник содержит информацию за 2011-2018 по средним скоростям и направлениям ветров [28].

При расчетах статистики повторяемости максимальных скоростей применяли приложение Excel Пакет анализа (гистограмма). Это позволило выявить наиболее характерную для м/с Владикавказ повторяемость (вероятность) порывов ветра, подобного тому, который произошел 26 мая 2019 года в г. Владикавказе. По данным Гидрометбюро РСО-Алания максимальный порыв ветра составил 20 м/с.

Для выявления тенденции по динамике максимальных скоростей ветра на м/с Владикавказ нами взяты данные, начиная с периода 1973 по 2018гг. Многолетний ряд динамики был проанализирован в ПП Excel методом регрессионного анализа - метод наименьших квадратов

(линейный тренд). Полученные результаты позволили сделать вывод о наметившейся устойчивой тенденции развития данного компонента ветрового режима территории.

Полученные результаты позволяют проводить сравнительный анализ динамики ветров за период 2011-2018гг. с климатическими нормами ВМО 1961-1990гг. и делать соответствующие выводы о тенденциях изменения ветрового режима по м/с Владикавказ.

Для получения окончательных выводов по расчетным характеристикам ветрового режима данные за исследуемые периоды был сравнительный анализ с данными климатических норм: совмещенные диаграммы розы ветров по всем изучаемым периодам с диаграммами розы ветров 1961-1990гг.

Одной из важнейших характеристик системы наземных метеорологических наблюдений является плотность пунктов наблюдений. По рекомендациям ВМО наземная сеть наблюдений считается оптимальной, если расстояние между метеорологическими станциями составляет в среднем 50 - 60 км, то есть в среднем одна станция на 3,0 тыс. кв. км территории (индекс плотности равен 3,0 и менее).

С учетом показателя индекса плотности и сложности территории РСО-Алания для республики необходимо иметь еще около 4-5 метеостанций: одна в зоне между Бесланом и Эльхотово, остальные - в горной части для более адекватного отражения климатических процессов.

Таблица 1

**Индекс плотности метеостанций сети ВМО по странам мира, Российской Федерации и РСО-Алания**

| <b>Страна</b>    | <b>Число метеостанций</b> | <b>Площадь, кв. км</b> | <b>Кол-во метеост. на 1 кв. км</b> | <b>Индекс плотности метеостанций, тыс. кв. км / 1 метеост.</b> |
|------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------------|--|
| <b>Англия</b>    | 266                       | 244820                 | 0,001                              | 0,92   |
| <b>Германия</b>  | 308                       | 357021                 | 0,0008                             | 1,16   |
| <b>Норвегия</b>  | 190                       | 324220                 | 0,0005                             | 1,71   |
| <b>Италия</b>    | 131                       | 301340                 | 0,0004                             | 2,30   |
| <b>Франция</b>   | 187                       | 547030                 | 0,0003                             | 2,93   |
| <b>Индия</b>     | 461                       | 3287590                | 0,0001                             | 7,13   |
| <b>Россия</b>    | 1691                      | 17098246               | 0,0001                             | 10,11  |
| <b>Австралия</b> | 685                       | 7686850                | 0,00009                            | 11,22  |
| <b>Китай</b>     | 33000                     | 9598077                | 0,00007                            | 0,29   |
| <b>Бразилия</b>  | 384                       | 8511965                | 0,00005                            | 22,17  |
| <b>США</b>       | 11000                     | 9518900                | 0,000006                           | 0,87   |
| <b>Канада</b>    | 567                       | 9976140                | 0,000006                           | 17,59  |
| <b>РСО-А</b>     | 3                         | 8                      | 0,0003                             | 2,7  |

## **ГЛАВА 3. ПАРАМЕТРЫ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА М/С ВЛАДИКАВКАЗ**

### **3.1. Расчет параметров ветрового режима по м/с Владикавказ за период 2011-2018гг.**

Параметры ветрового режима за период 2011-2018 гг. могут быть рассчитаны при наличии многолетнего ряда наблюдений на какой-либо метеостанции. Согласно рекомендациям ВМО в 2014 году (Германия, Гейдельберг) на специальной сессии, посвященной климатическим нормам, было принято решение о нормах двух уровней.

Первый уровень – стандартные климатические нормы, которые рассчитываются по периоду усреднения за 30 лет.

В настоящее время приняты нормы стандартного периода ВМО 1961-1990 гг. для изучения долговременных изменений климата. Этот период будет оставлен на неопределённо длительное время, пока не появится научное обоснование для его изменения.

Второй уровень климатических норм – так называемые текущие или оперативные нормы. Для этих целей установлен период осреднения 1981-2010 гг. Данный период предназначен в первую очередь для хозяйствующих субъектов в различных сферах деятельности: сельское хозяйство, архитектура и строительство, туризм и ряд других.

#### **Таблица 2**

#### **Приземные климатологические параметры (Руководство по расчету климатических норм, 2017)**

|                             |       |  |
|-----------------------------|-------|--|
| Среднее<br>число дней<br>со | число | Скорость ветра, используемая для<br>определения этого элемента,<br>равна самому высокому |
|-----------------------------|-------|--|

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>скоростью ветра <math>\geq 10, 20, 30</math> м/с</p> |  | <p>показателю среднего ветра за 10 минут, зафиксированному в течение дня. Ее определение отличается от определения максимального порыва ветра</p> |
|---|--|---|

Источник: Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. ВМО. 2017. -№ 1203. 32 с.

На данный момент в нашем распоряжении имеется массив данных, который состоит из двух частей.

Первая часть - массив ежедневных данных 2011-2018 гг., где указаны средние скорости ветра и их румбы.

Вторая часть массива данных - ежегодные показатели по средней скорости и порывам ветра за период с 1971 по 2018 гг.

Исходя из этого, работа была построена с учетом структуры и содержания накопленных данных.

В первую очередь этап работы заключался в обработке массива данных, где приводятся скорости и румбы ветров по основным направлениям. Была сделана выборка и сортировка данных в ПП Excel, так как румбы были указаны словесно: ветер, дующий с запада, или ветер, дующий с востока. Сортировкой данных словесные формулировки были заменены на параметры румбов в градусах.

Дальнейший этап работы строился на основе ПП Grapher версии 11 и 12. Данная программа строит розы ветров на основе математического алгоритма, который позволяет обрабатывать любое количество данных по ветрам, если указаны румбы и скорости.

Программа распределяет данные в соответствии с правилами построения розы ветров: сортирует информацию по румбам и по скоростям, в результате чего строится



классическая диаграмма розы ветров с процентными соотношениями повторяемости и градацией скоростей.

Дальнейшая работа состояла в обработке и редактировании диаграмм: построение легенды, подбор лопастей розы ветров, цветовая гамма, направление и градация осей диаграммы: по радиусам и по направлениям.

Работа со вторым массивом данных предполагала статистическую обработку по максимальным скоростям ветров за период с 1973 по 2018 гг. Часть данных 1971 и 1972 годов нами исключена, так как в этот период шла реорганизация сети метеостанций СССР и многие данные либо отсутствовали, либо вызывали сомнение.

Так, за 1971 год была указана максимальная скорость ветра 94 м/с, если пересчитать скорость в минуту, то это: 5,4 км/мин или 338 км/ч.

Меньшие скорости указывались по другим годам, например, 1972 г. – 81 м/с или 291,6 км/ч, Для нас они показались слишком завышенными показателями, поэтому мы эти цифры исключили. На диаграмме максимальной скорости порывов мы оставили значение за 1973 год – 57 м/с или 205 км/час.

Заключительный этап работы состоял в сравнительном анализе полученных расчетных данных 2011-2018 гг. с климатическими нормами. Климатические нормы 1961-1990 гг. были получены на архивном сайте Всероссийского института гидрометеорологической информации – мировой центр данных (ВНИИГМИ – МЦД, г. Обнинск).

Расчетный период скоростей и повторяемости ветров для м/с Владикавказ составляет 8 лет (2011-2018). Согласно

руководящим методическим указаниям ВМО по расчету климатических норм допускается отсутствие данных не более 20%, или должно быть не менее 80% данных для расчетного периода, в том числе для 10-летних скользящих периодов ВМО.

Следовательно, 8 лет из 10 составляет 80% объема данных, что вполне соответствует репрезентативности получаемых результатов.

### **3.1.1. Месячные параметры и их сравнительный анализ с климатическими нормами.**

Месячные показатели ветрового режима являются основными составляющим элементами годового цикла.

Рассмотрение месячных интервалов связано непосредственно с хозяйственной деятельностью человека и требует более точного расчета параметров ветрового режима.

Анализ месячных показателей нами проведен на основе группировки месяцев по сезонам года (рис. 2): сходные метеоусловия, однотипность циркуляции, хода температур по сезонным периодам.

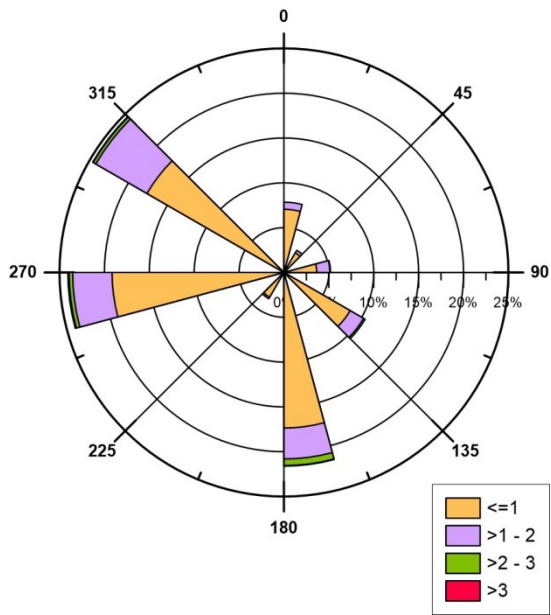
**Зимние месяцы.** Для зимних месячных интервалов наиболее активными по румбам и градациям скоростей являются северо-западные, западные и южные сектора розы ветров – январь и февраль. От общих параметров отличается декабрь. Здесь определенная разница возникла для северо-западного сектора, где повторяемость ветров составляет менее 20%; для южного сектора розы ветров повторяемость составила 30%, что больше на 5-7%, чем за январь и февраль.

**Весенние месяцы.** Весенние месяцы годового цикла имеют сходную структуру розы ветров. Здесь также наиболее активными секторами являются северо-западный, западный и южный.

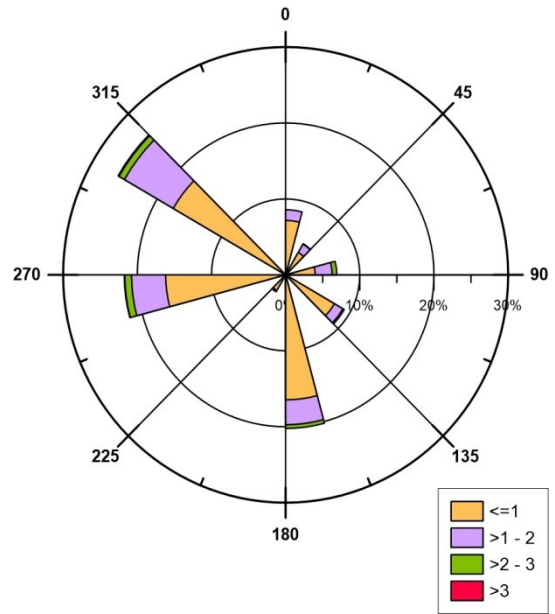
За исключением марта и апреля структура розы ветров мая месяца имеет некоторые отличия. Так, южный сектор розы ветров увеличивается с марта по май месяц, где повторяемость нарастает с 18% до 29%. Также, изменения коснулись северо-западного направления. Повторяемость ветров северо-западного сектора, наоборот, уменьшалась с марта по май с 21 до 17%. Также заметные изменения происходят в юго-восточном секторе розы ветров. Повторяемость ветров здесь увеличивается с марта по май с 6,5 до 12%.

**Летние интервалы.** За летние месяцы в августе месяце, по сравнению с другими, происходит небольшое нарастание показателей повторяемости по южным, юго-западным, западным и северо-западным секторам в пределах 1-2%. По остальным показателям значения относительно ровные.

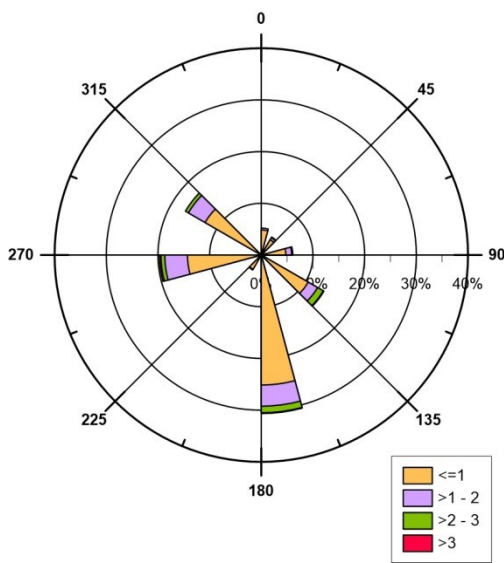
**Осенние интервалы.** Для этих интервалов установлены следующие особенности. При относительно выровненных значениях увеличение или уменьшение повторяемости ветров происходит по различным румбам.



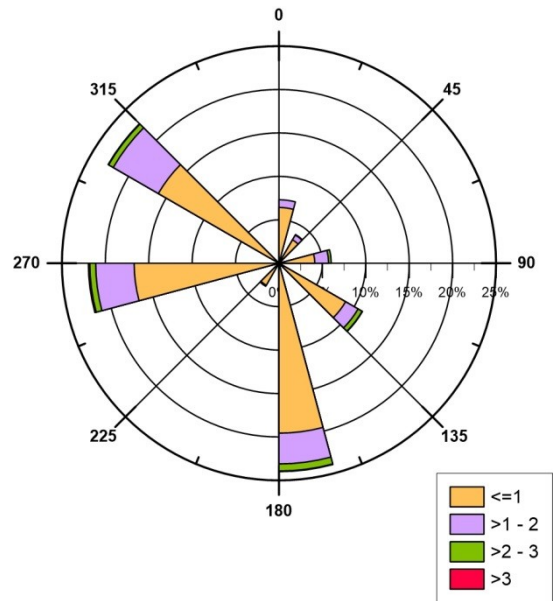
**ЯНВАРЬ**



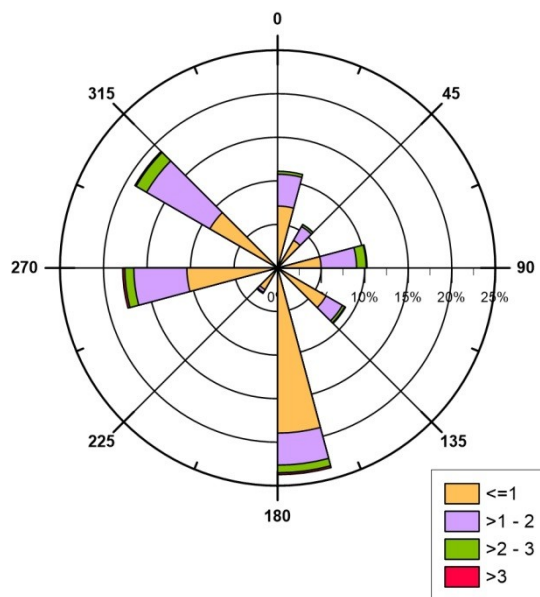
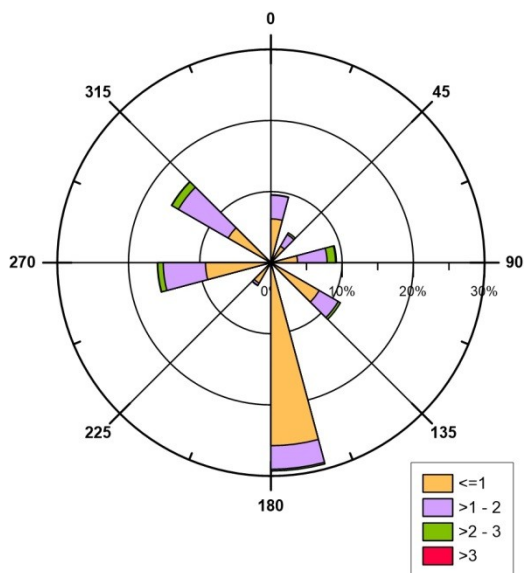
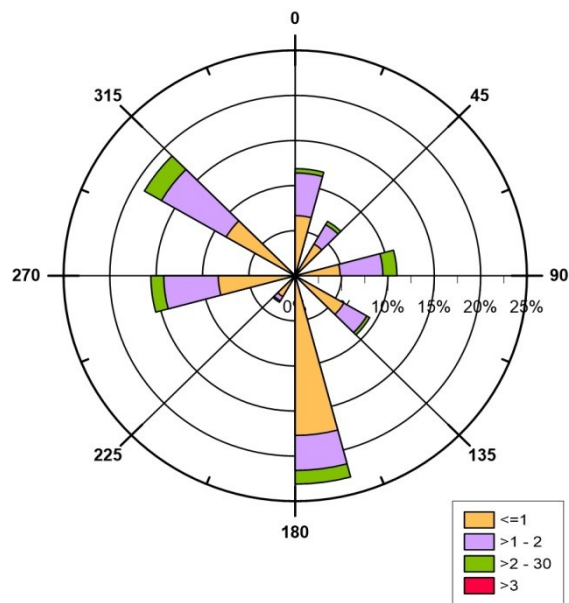
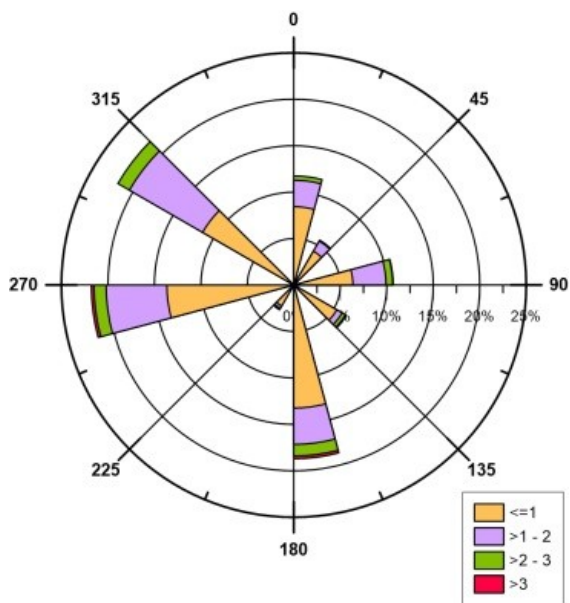
**ФЕВРАЛЬ**



**ДЕКАБРЬ**

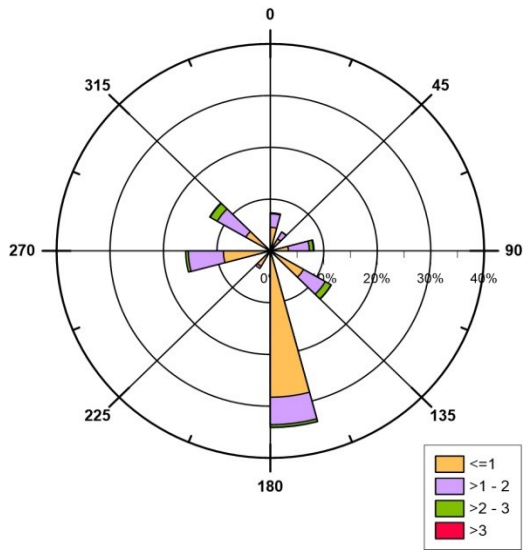


**ЗИМА**

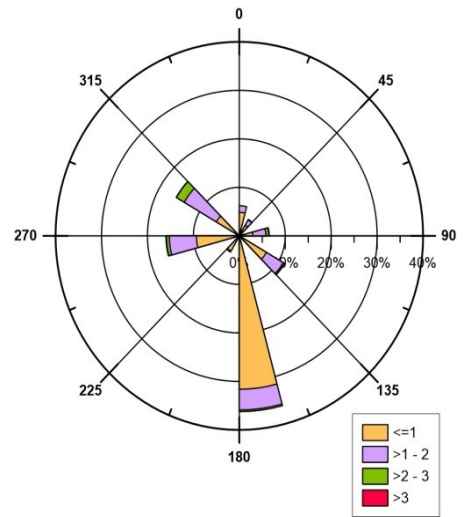


**МАРТ  
МАЙ**

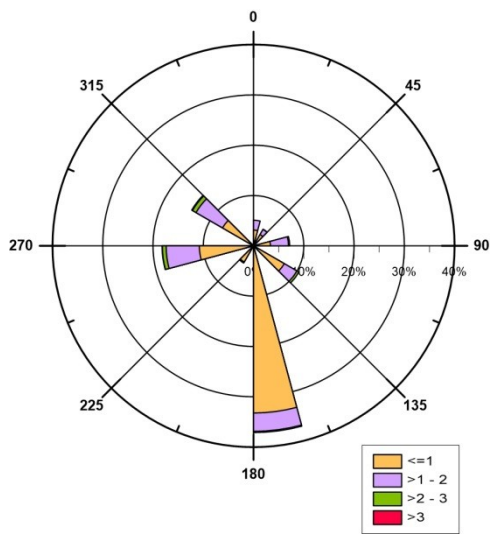
**АПРЕЛЬ  
ВЕСНА**



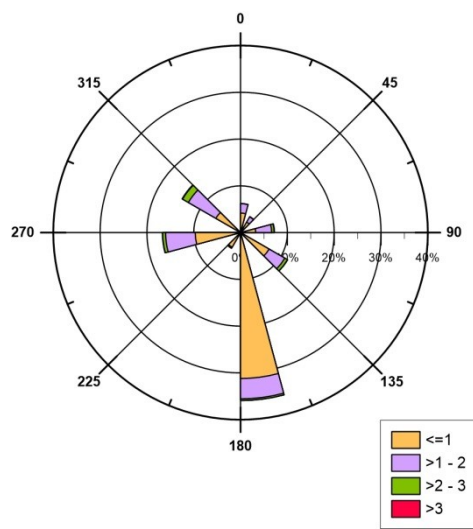
**ИЮНЬ**



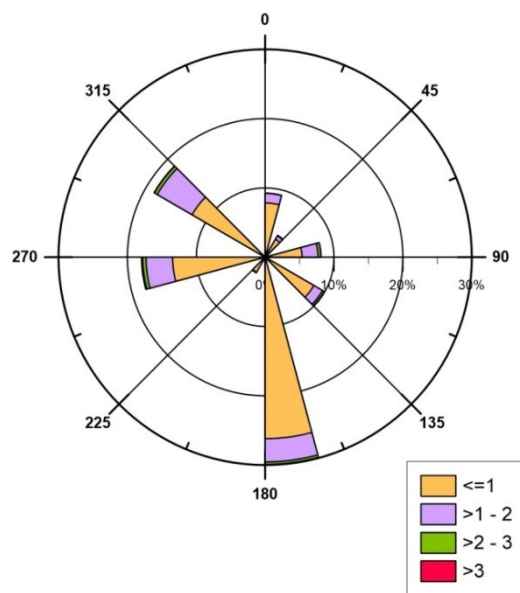
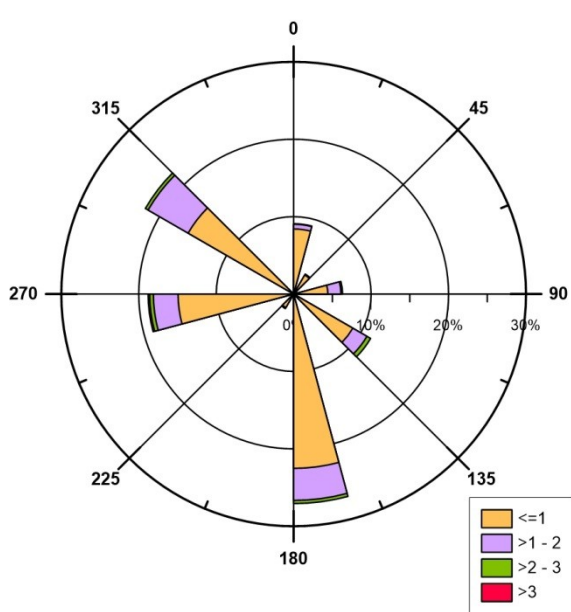
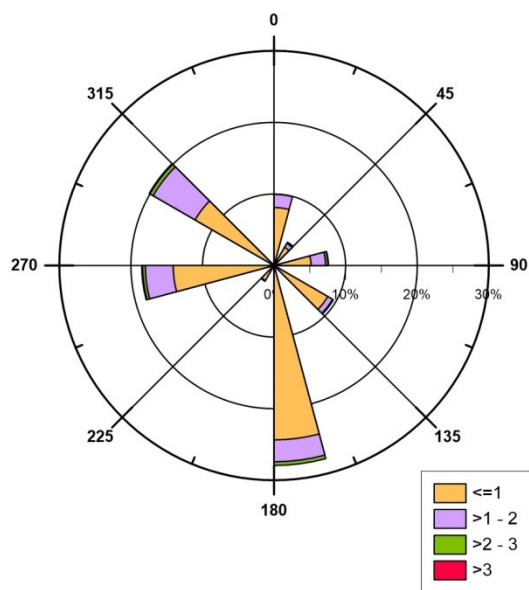
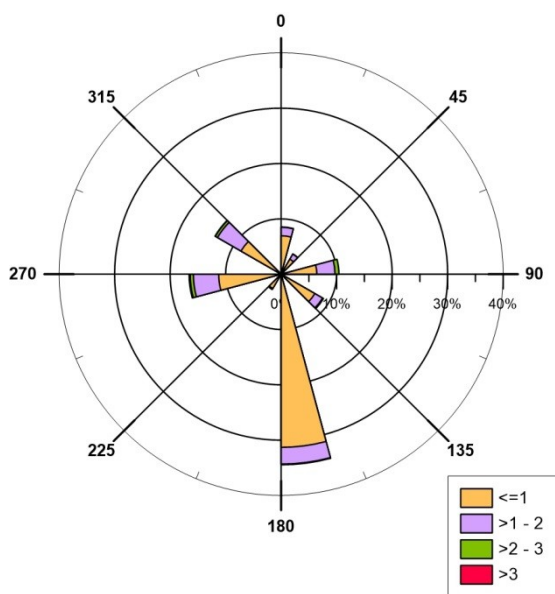
**ИЮЛЬ**



**АВГУСТ**



**ЛЕТО**



**СЕНТЯБРЬ**

**ОКТАБРЬ**

**НОЯБРЬ**

**ОСЕНЬ**

**Рис. 2. Диаграммы розы ветров по месячным периодам на м/с Владикавказ, 2011-2018 гг.**

Для западных и северо-западных румбов происходит увеличение повторяемости с сентября по ноябрь: от 2 до 10% по западному и северо-западному секторам соответственно.

Для восточных и южных румбов, наоборот, происходит уменьшение значений. Их величины меняются в пределах 5-7%, имеют южные румбы (около 30%), за ними следуют южные румбы января и февраля. У этих же месяцев самыми активными являются западное и северо-западное направления.

*Для весенних месяцев* преимущество имеют южные, северо-западные и западные румбы со скоростями ветров от 1 до 3 м/с.

Циркуляция воздушных масс по месяцам в целом представляет собой следующую картину. Как видно из диаграмм розы ветров, наиболее активны южные, северо-западные и западные румбы. Наименее активен этот румб в декабре, мае, июне, июле, августе и сентябре месяце.

*За зимние месяцы* практически отсутствуют восточные и северо-восточные румбы. Наиболее вероятная причина этого процесса – блокирующее влияние сибирского антициклона.

Наиболее активны ветры северных, северо-восточных, восточных и юго-восточных румбов за весенний период: март, апрель, май. Повторяемость этих румбов – от 10% и ниже. Тем не менее, наличие активности этих румбов связано с перестройкой циркуляции воздушных масс от зимнего периода антициклональности к теплomu периоду активизации циклонов.



*Таким образом,* наиболее активны южные, северо-западные и западные румбы ветров, что связано с циклонической активностью воздушных масс с Атлантики и черноморско-средиземноморского региона.

По всем месяцам отсутствуют юго-западные направления. Данное явление связано с барьерным влиянием и меридиональной ориентацией поперечных ущелий Большого Кавказа.

Частота южных румбов также обусловлена феновыми явлениями и циркуляцией воздушных масс между горной и предгорной равнинной зонами.

### **3.2. Изменения месячных скоростей ветров за период 2011-2018 гг.**

Месячные показатели скоростей ветров за период 2011-2018 гг. претерпели определенные изменения.

Нормы стандартного (1961-1990) и скользящего (1981-2010) периода ВМО практически близки по своим значениям.

Сравнение периода 2011-2018 с климатическими нормами стандартного периода показывает весьма значимые смещения по своим значениям.

Наиболее значимые изменения произошли в розе ветров по южным, западным и северо-западным румбам: от 0,5 м до 3 м/с. Максимальные смещения характерны для северо-западного сектора розы ветров в ноябре месяце – 3 м/с. Близкие по увеличению скоростей ветра отмечаются также с августа по октябрь, а также в декабре.

Практически не изменились скорости ветров в феврале и марте. Минимальные изменения установлены для апреля-июня.

Незначительное уменьшение скорости ветра зафиксировано для северного румба января месяца.

Причем, нарастание силы ветров по месяцам в течение года происходит с апреля по ноябрь.

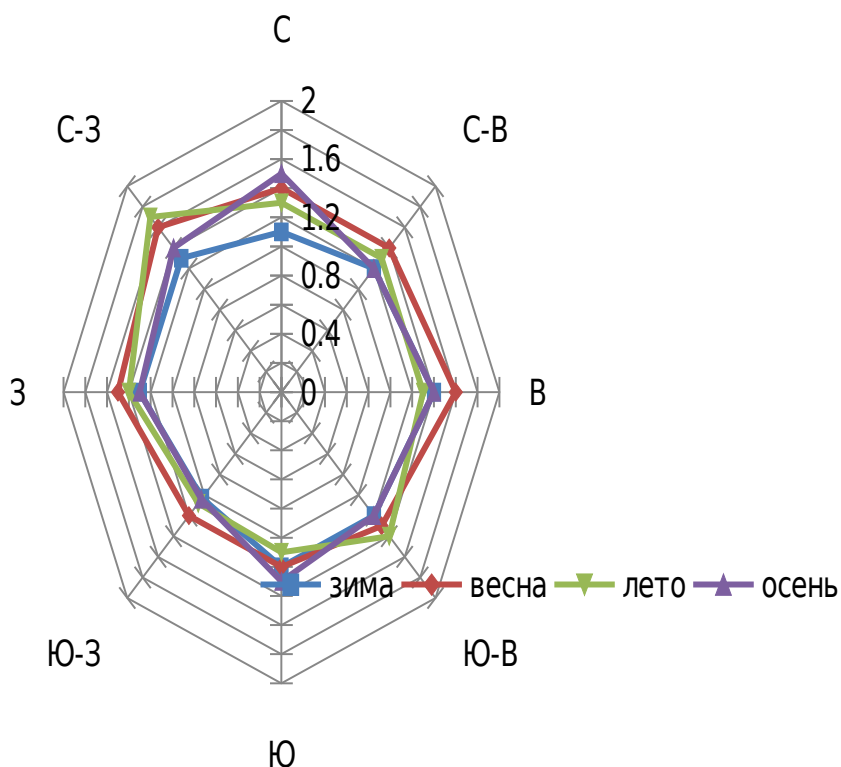
### **3.3. Сезонные параметры и их сравнительный анализ с климатическими нормами.**

#### **3.3.1. Анализ структуры сезонных ветров на м/с Владикавказ**

Из диаграммы розы скорости ветров по сезонам (рис. 3) видно, что наиболее динамичными являются весенний и летний периоды, когда максимальные скорости ветров проявляются по северо-восточным, восточным, юго-восточным, юго-западным и западным румбам.

Наименее динамичный период – это зима и далее осень. В условиях низких зимних температур разности потенциалов в давлениях между горной и предгорной зонами выравнивается, и, соответственно, падают скорости ветра.

**Рис. 3. Сезонные скорости ветров по направлениям, 2011-2018**



В осенний период активно развиваются процессы циклонической циркуляции, что приводит к частой смене направлений ветров и их скоростей.

Наиболее «штилевыми» или спокойными в этот период являются северные, северо-восточные, юго-восточные, юго-западные направления.

**Рис. 4. Повторяемость ветров по румбам на м/с Владикавказ, 2011-2018**

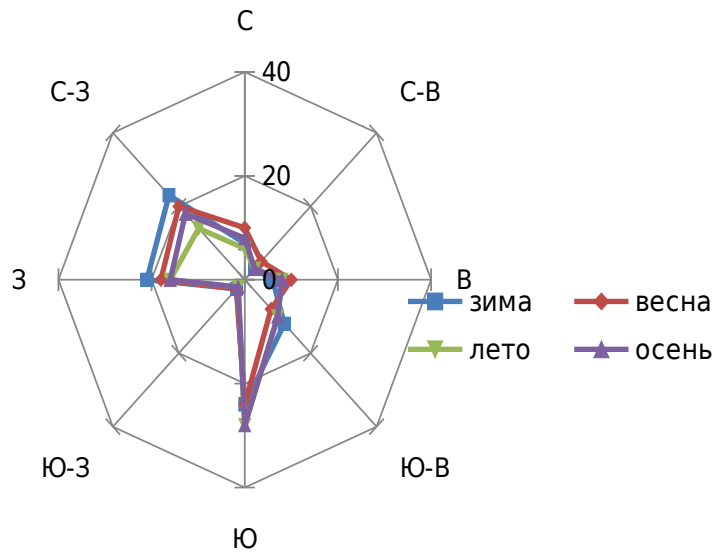
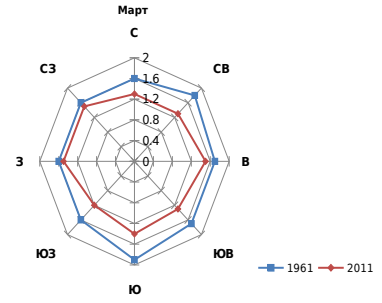
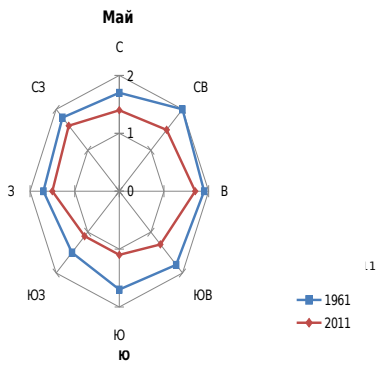


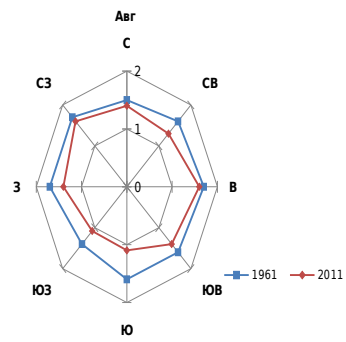
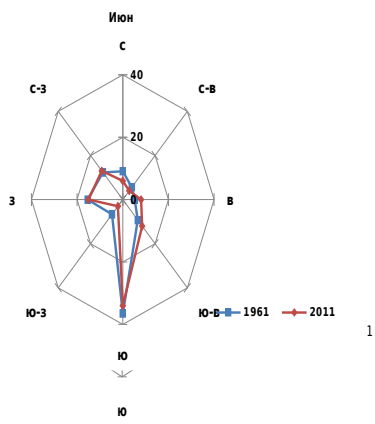
Рисунок 4 представляет собой диаграмму (розу) повторяемости ветров по направлениям. Из диаграммы следует, что наиболее частые ветра внутри годичного цикла приходятся на северо-западные, западные и южные румбы.

Здесь, в отличие от предыдущего рисунка, наиболее активными выглядят зимний период и весна. В это время наиболее часты ветра северо-западных и южных румбов.

Наиболее активной в этом отношении является зима, где процент повторяемости ветров наибольший: самые активные румбы в этот период северо-западные, западные и южные. Близкие показатели имеет весна. Процент повторяемости здесь варьирует между 25 и 30%.

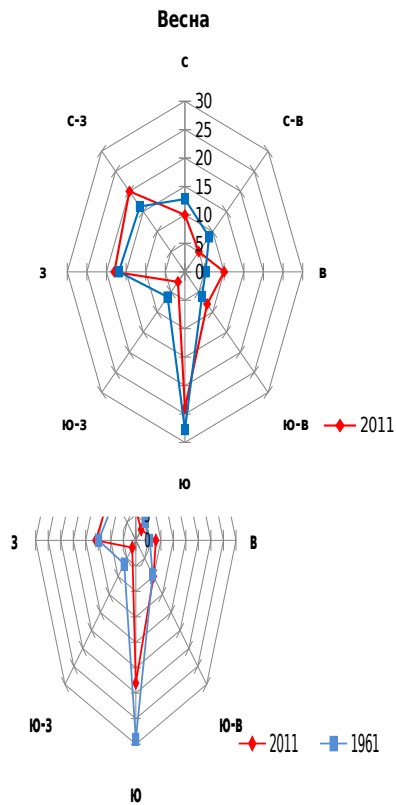
Наиболее спокойные по сезонам по этому параметру - это румбы северных и восточных направлений. Процент повторяемости ветров здесь от колеблется между 2 до 12%.





**Рис. 5. Розы скоростей ветров по месяцам (1961-1990, 2011-2018)**

**Рис. 6. Розы ветров по месяцам: румбы и повторяемость (1961-1990, 2011-2018)**



### 3.3.2. Анализ сезонных ветров по периодам ВМО

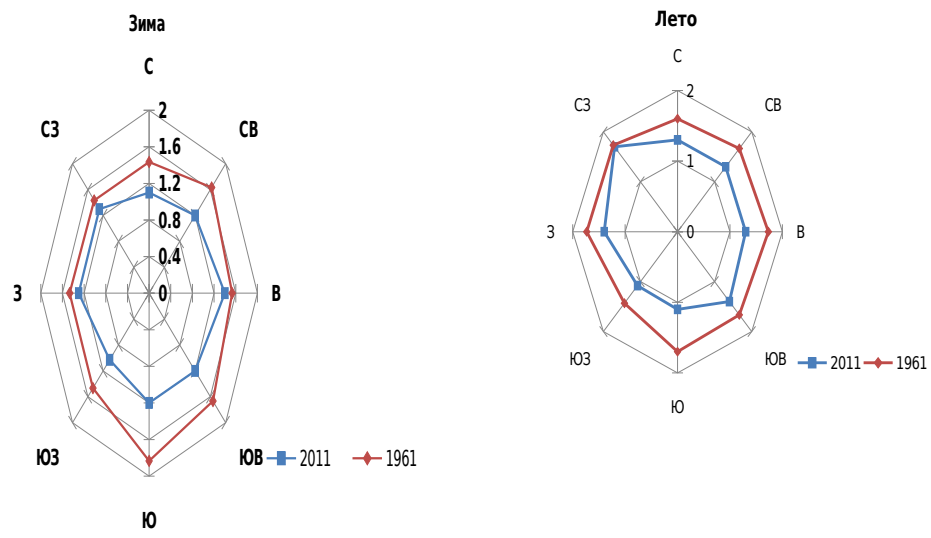
*Повторяемость по  
румбам.*

Сезонные направления ветров зависят от общей климатической ситуации в предгорьях Центрального Кавказа. Как видно из диаграмм (рис. 7-8), основными направлениями в 2011-2018 гг.

являются южные, северо-западные и западные.

**Рис. 7. Повторяемость ветров по румбам на м/с  
Владикавказ, 1961-1990, 2011-2018**





**Рис. 8. Роза ветров по скоростям ветра - сезоны (1961-1990, 2011-2018)**

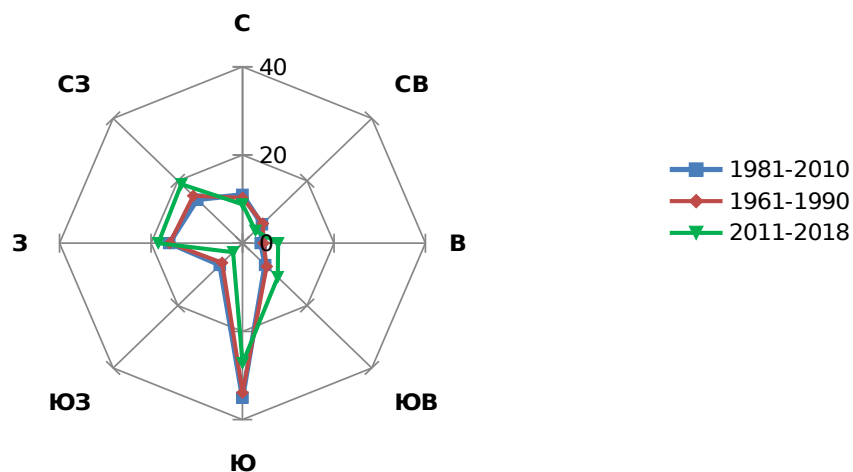
Для зимы и весны проявилось усиление западных и северо-западных румбов. Здесь повторяемость направлений, по сравнению с нормами, увеличилась в среднем на 5%. Вместе с тем, ослабли южные румбы - от 5 до 10%.

Также для зимы и весны ослабли юго-западные и северо-восточные секторы и несколько увеличились восточные.

Для лета и осени произошло заметное ослабление южных и юго-западных румбов (от 5 до 7%). По другим направлениям существенных подвижек не отмечается.

**Изменения по скорости ветра.** За период 2011-2018 гг. по скоростям ветра произошли заметные подвижки. Как видно из диаграмм (рис. 20-24) все сезоны года показывают ослабление скорости ветра в сравнении с нормами практически по всем направлениям. Но наиболее значительные сдвиги отмечаются по южным и северным румбам.

**Рис. 9. Повторяемость ветров по румбам за периоды ВМО**



**3.4.**

## **Годичные параметры и их сравнительный анализ с климатическими нормами**

**3.4.1. Структура ветрового режима по повторяемости в 2011-2018 гг.** Повторяемость ветров по направлениям, происходящие изменения климата, как в глобальном, так и в региональном масштабах, отражаются на режиме ветров.

По м/с Владикавказ норма ветров представлена на сайте ВНИИГМИ-МЦД (г. Обнинск), рис. 8-11.

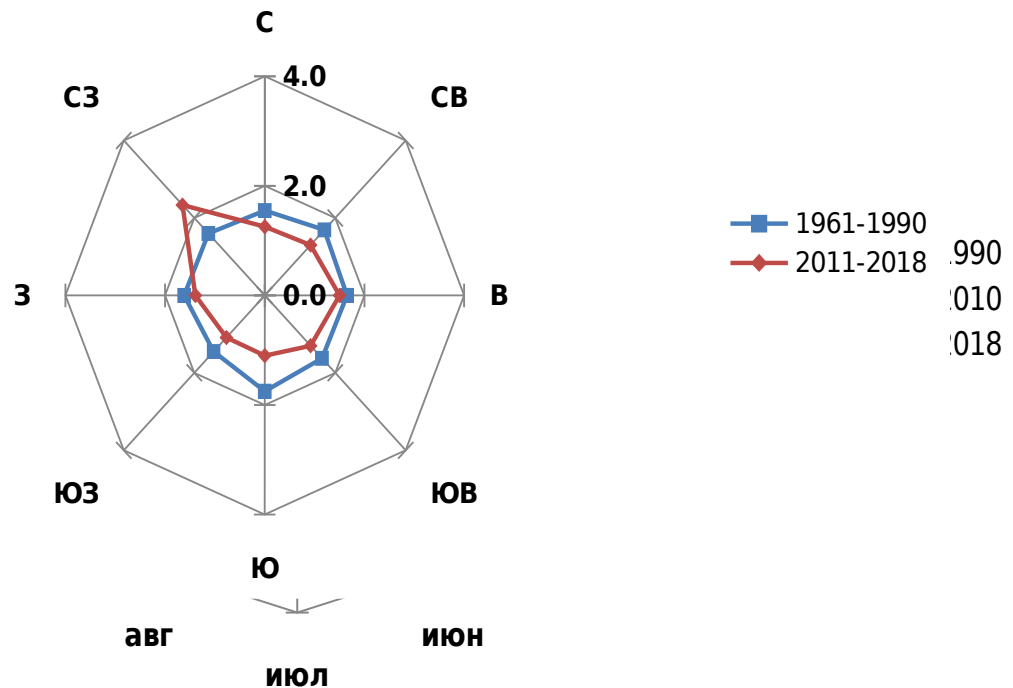
По проценту повторяемости направлений на м/с Владикавказ произошли изменения (рис. 9).

Увеличилась повторяемость ветров по западным румбам. Северо-западные ветры увеличились на 5%, западные – на 3%. Основные южные румбы уменьшились 7%. Меньше стала активность юго-западных румбов – на 5%. Увеличилась активность восточных и юго-восточных румбов.

Немного уменьшилась активность северных и северо-восточных ветров: от 3 до 4%.

**Рис. 8. Повторяемость ветров по румбам за периоды ВМО**

Рис. 10. Скорость ветров по периодам ВМО



Таким образом, общая сумма изменений за период 2011-2018 гг. составила 25%. То есть, четверть направлений ветров претерпела изменения. При этом, основная конструкция розы ветров сохранилась: преобладающими направлениями по повторяемости остаются южные, западные и северо-западные румбы.

### 3.4.2. Структура ветрового режима по скорости за период 2011-2018 гг.

Как видно на диаграмме (рис. 10-11), по скоростям ветров также произошли изменения. В сравнении с нормами, произошло уменьшение скорости ветра по всем румбам, кроме северо-западных направлений.

Здесь диаграмма показывает существенное увеличение скоростей ветра по северо-западному сектору на 2 м/с.

Для месячных промежутков характерно постепенное увеличение средних скоростей ветра с апреля по ноябрь в интервале от 0,5 до 3 м/с (рис. 11).

#### **ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОДОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛЫ И ПОВТОРЯЕМОСТИ ВЕТРОВ НА М/С ВЛАДИКАВКАЗ, 1991-2018**

Режим ветров на пункте наблюдений выполняется по определённой программе, содержание которой изложено в руководстве ВМО [30].

На основании фондовых данных Гидрометцентра РСО-Алания по скоростям и повторяемости ветров были

произведены расчеты основных статистических параметров средствами Excel пакет анализа (табл. 4, 5, рис. 12-15).

Таблица 4

**Расчет статистических параметров повторяемости силы ветра на м/с Владикавказ, 1991-2018 (число случаев)**

| Интервал силы порывов | Число случаев |
|-----------------------|---------------|
| 1                     | 433           |
| 5                     | 4682          |
| 10                    | 4367          |
| 15                    | 583           |
| 20                    | 109           |
| 25                    | 19            |
| 30                    | 11            |
| 40                    | 3             |
|                       | 10207         |

**Таблица 5 - Статистика частоты повторяемости силы ветров по м/с Владикавказ, 1991-2018 (% к числу случаев)**

| Карман | Частота | Интегральный % | Карман | Частота | Интегральный % |
|--------|---------|----------------|--------|---------|----------------|
| 1      | 433     | 4,24%          | 5      | 4682    | 45,87%         |
| 5      | 4682    | 50,11%         | 10     | 4367    | 88,65%         |
| 10     | 4367    | 92,90%         | 15     | 583     | 94,37%         |
| 15     | 583     | 98,61%         | 1      | 433     | 98,61%         |
| 20     | 109     | 99,68%         | 20     | 109     | 99,68%         |
| 25     | 19      | 99,86%         | 25     | 19      | 99,86%         |
| 30     | 11      | 99,97%         | 30     | 11      | 99,97%         |
| 40     | 3       | 100,00%        | 40     | 3       | 100,00%        |

Как видно из таблиц 4-5, наиболее частые случаи ветров приходится на ветры со скоростями до 10 м/с. На ветры до 5 м/с приходится 4682, до 10 м/с - 4367. Совместно они составляют по 45,9%. и 42.8% соответственно.

Скорости ветра от 15 м/с и выше составляют минимальные проценты. Так ветры 15 м/с в расчете на 8 лет

составляют всего 5,7%, 20 м/с – 1.1%, свыше 20 м/с – менее 1%.

Таким образом, на м/с Владикавказ по силе фиксируются в основном ветры от тихих (1,5 м/с, 1 балл) до свежих (10,7 м/с, 5 баллов) [24].

Таблица 6

**Градация силы ветра у земной поверхности по шкале Бофорта  
(на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)**

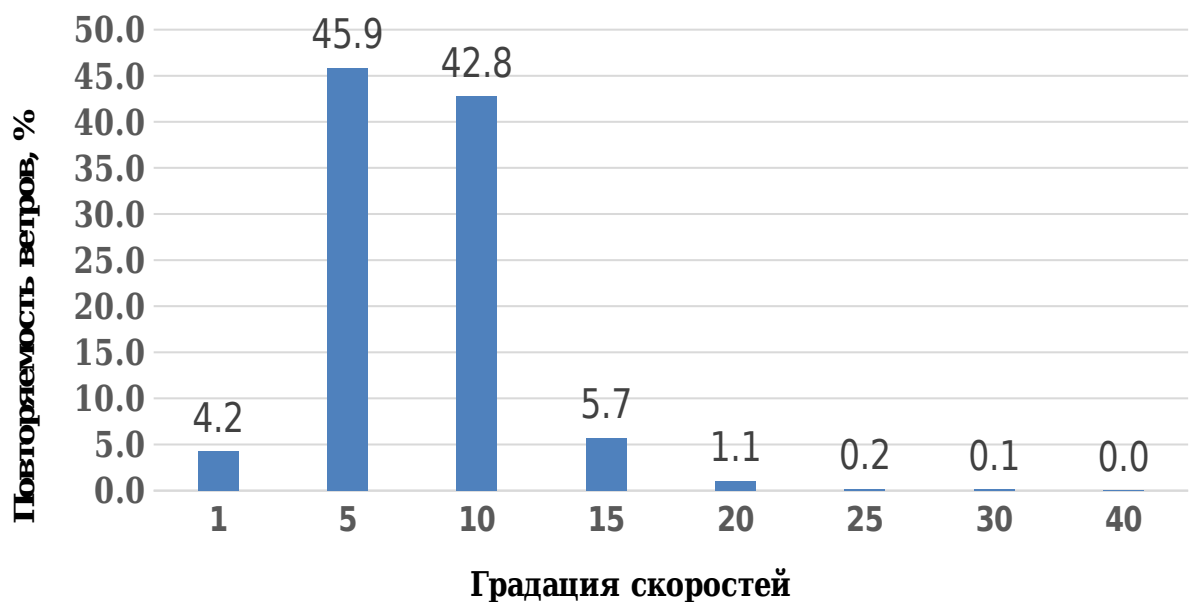
| Баллы Бофорта | Словесное определение силы ветра | Скорость ветра, м/сек | Действие ветра  |  |
|---------------|----------------------------------|-----------------------|---|--|
|               |                                  |                       | на суше   | на море  |
| 0             | Штиль                            | 0-0,2                 | Штиль. Дым поднимается вертикально  | Зеркально гладкое море   |
| 1             | Тихий                            | 0,3-1,5               | Направление ветра заметно по отношению дыма, но не по флюгеру                       | Рябь, пены на гребнях нет  |
| 2             | Лёгкий                           | 1,6-3,3               | Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, приводится в движение флюгер       | Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными   |
| 3             | Слабый                           | 3,4-5,4               | Листья и тонкие ветви деревьев всё время колыхаются, ветер развеивает верхние флаги | Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют стекловидную пену, изредка образуются маленькие белые барашки |
| 4             | Умеренный                        | 5,5-7,9               | Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев           | Волны удлиненные, белые барашки видны во многих местах   |
| 5             | Свежий                           | 8,0-10,7              | Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями                | Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны  |

|    |               |           |   |   |
|----|---------------|-----------|---|---|
|    |               |           |   | белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги)   |
| 6  | Сильный       | 10,8-13,8 | Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода                          | Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади (вероятны брызги)  |
| 7  | Крепкий       | 13,9-17,1 | Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно                                  | Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру   |
| 8  | Очень крепкий | 17,2-20,7 | Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно                         | Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра  |
| 9  | Шторм         | 20,8-24,4 | Небольшие повреждения; ветер срывает дымовые колпаки и черепицу                     | Высокие волны. Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн начинают опрокидываться и рассыпаться в брызги, которые ухудшают видимость   |
| 10 | Сильный шторм | 24,5-28,4 | Значительные разрушения строений, деревья вырываются с корнем. На суше бывает редко | Очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена выдувается ветром большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам. Видимость плохая |
| 11 | Жесткий       | 28,5-32,6 | Большие разрушения на значительном  | Исключительно высокие волны.  |

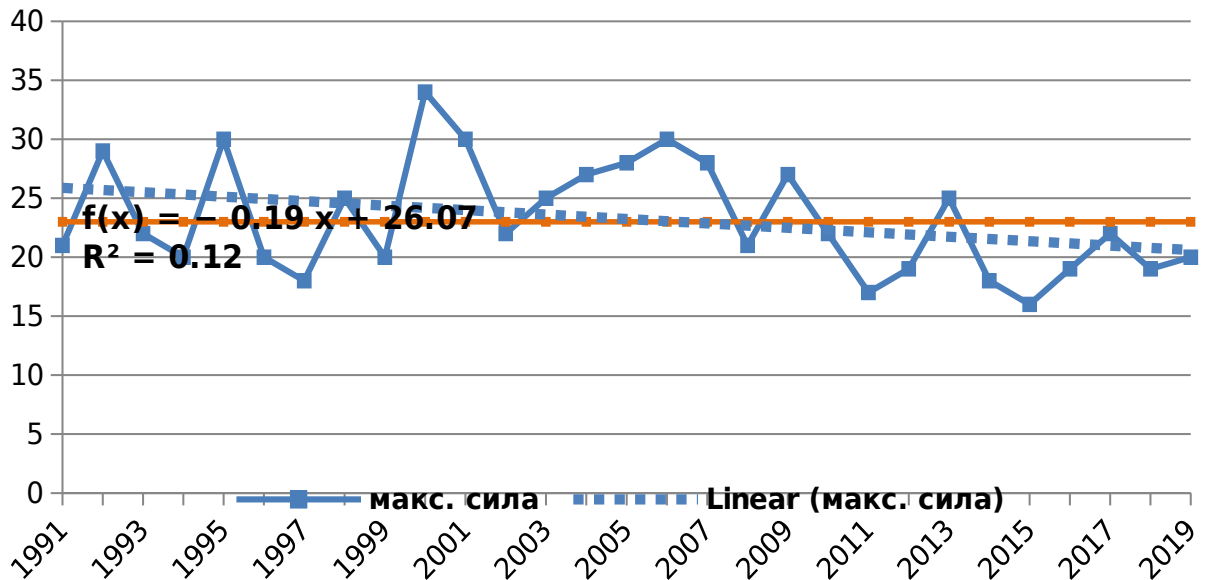


|    |        |              |   |  |
|----|--------|--------------|---|--|
|    | шторм  |              | пространстве. На суше наблюдается очень редко | Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море всё покрыто длинными белыми хлопьями пены, располагающимися по ветру. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая |
| 12 | Ураган | 32,7 и более |   | Воздух наполнен пеной и брызгами. Море всё покрыто полосами пены. Очень плохая видимость   |

**Рис. 12. Процент повторяемости ветров с различными скоростями по м/с Владикавказ за период 1991-2019гг. (ежедневные данные)**



**Рис. 14 Максимальна сила порыва ветра на м/с  
Владикавказ, 1991-2019**



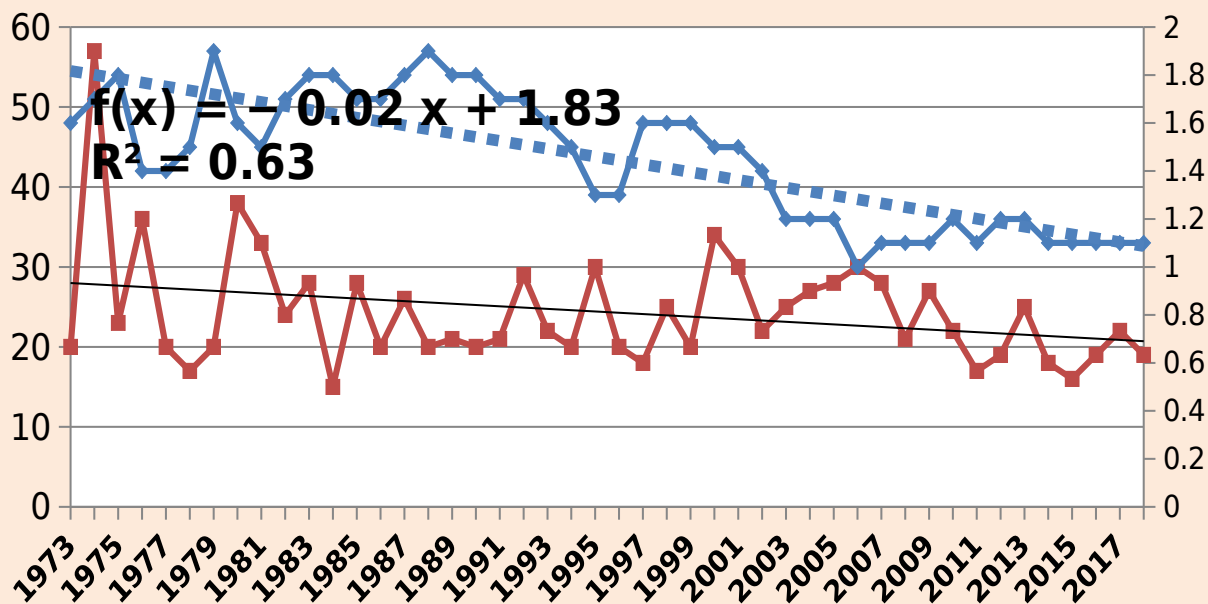
Вместе с вышеуказанными параметрами нами были изучены порывы ветра по максимальной скорости и средняя сила порывов (рис. 14-15).

Как видно из диаграмм, за период 1991-2017 гг. средняя сила порывов и максимальная сила порывов за указанный период имеют устойчивую тенденцию к ослаблению.

Расчеты скоростей ветра за период 2011-2018 также показали тенденцию к ослаблению средней скорости ветра на м/с Владикавказ.

Таким образом, за период 2011-2018 годов на метеостанции Владикавказ наметилась тенденция к ослаблению не только средней скорости ветра, но **и** силы порывов, как по средней, так **и** по максимальной скоростям.

Рис. 15. Максимальные и средние порывы ветра на м/с Владикавказ, 1973-2019гг



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные нами характеристики ветрового режима на м/с Владикавказ за период 2011-2018 года (ежедневные данные) выявили следующие особенности.

1. Период 2011-2018 гг. характеризуется ослаблением скорости ветра, а также снижением повторяемости направлений по румбам по всем временным интервалам (месяц, сезон, год) в сравнении с нормами 1961-1990 гг.

2. За исследуемый период 1991-2017 гг. установлена тенденция ослабления максимальной силы ветра (сила порывов) и средней силы порывов на м/с Владикавказ.

3. Роза ветров, согласно нормам 1961-1990 гг. в целом сохранила свой рисунок: основные направления ветров и повторяемость.

4. Основными румбами остаются южные, западные и северо-западные.

5. Повторяемость также сохраняет сложившуюся структуру.

6. Вместе с тем, за период 2011-2018 гг. начала складываться тенденция увеличения повторяемости по северо-западным румбам и заметного уменьшения повторяемости по южным направлениям ветров по всем периодам года.

7. Данная тенденция может сказаться на увеличении количества осадков по м/с Владикавказ из-за усиления влияния северо-западных и западных воздушных масс, приходящих с Атлантики и Черноморско-Средиземноморского региона.

8. В практическом плане, исходя из имеющихся данных по плотности метеостанций на территории РФ и РСО-А и рекомендациями ВМО (1 м/с на 3 тыс. кв. км), необходимо разместить еще около 4-5 метеостанций с учетом сложности ф/г условий в горной зоне, и дополнительно разместить или усилить м/с на территории предгорной зоны в пунктах Чикола, Ардон, Заманкул, а также в Эльхотово.

### **Список литературы**

1. Агроклиматические ресурсы Кабардино-Балкарской, Северо-Осетинской, Чечено-Ингушской АССР / Под ред. Ш.Ш. Народецкой. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 272с.

2. Агроклиматические ресурсы Северо-Осетинской АССР / Под ред. Ш.Ш. Народецкой. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 98с.

3. Агrometeorological бюллетени Северо-Осетинского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Владикавказ: 1991-2016 гг.

4. Айларов А.Е. Климатические сдвиги по данным базовых периодов Всемирной метеорологической организации (ВМО) в агроландшафтах предгорной зоны РСО – Алания // Известия ГГАУ. 2013. Т 50. Ч. 2. - С. 75-78.

5. Белов С.В., Ротфельд И.С. Причины изменения климата: человек или геологические процессы // Использование и охрана природных ресурсов России, 2004. № 1.

6. Будун А.С. Климат и климатические ресурсы Северной Осетии. Орджоникидзе: Ир, 1975.

7. Будун А.С. Природа и природные ресурсы Северной Осетии и их охрана. Изд. 2-е. Владикавказ: РИА, 1998. – 254 с.
8. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения: 04.03.2019)
9. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / Под ред. академиков А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина. – М.: РАСХН, 2009. – 518с.
10. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии. – Владивосток: ДВГУ, 2005. – 523 с.
11. Елисеева, И.И. Статистика: учебник: под ред. И.И. Елисеевой / И.И. Елисеева и др. – Москва: Проспект, 2011. – 448 с.
12. Закс Л. Статистическое оценивание. Пер. с нем. В. Н. Варыгина. Под ред. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. М.: Статистика, 1976. 598 с.
13. Изменения климата, 2007. Обобщающий доклад / Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – ВМО, ЮНЕП: Женева, 2007. – 114 с
14. Карманова Л.А. Методические рекомендации по курсу «Агрометеорология» – Изд. Росс.ун-та Дружбы народов, 1998. – 48 с.
15. Кельчевская Л.С. Методы обработки наблюдений в агрометеорологии. Методическое пособие / Л.С.Кельчевская. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 216с.
16. Киотский протокол. Киотский протокол к рамочной конвенции Организации объединенных наций об изменении климата. 1998.

17. Климатическая доктрина Российской Федерации. Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 N 861-рп "О Климатической доктрине Российской Федерации" 9 апреля 2018 г.
18. Комиссия по климатологии. Шестнадцатая сессия. Гейдельберг 3-8 июля 2014 г. Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями. - ВМО, - ВМО-№ 1137. - Женева, 2014. - 86 с. (С. 68).
19. Кононова Н.К. Особенности колебаний циркуляции атмосферы и температуры воздуха на европейской территории России в XXI веке // Изв. РАН. Сер. география. 2012. № 2.
20. Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания. Климат. Отв. ред. Л.Б. Валиева. - Владикавказ: Проект-Пресс, 2002. - 224с.
21. Рамочная конвенция об изменении климата (РК ООН ИК) по итогам 21-й конференции в Париже от 12 декабря 2015 года.
22. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. Женева, 2017. ВМО. № 1203. 32 с.
23. Садовникова Н.А. Анализ временных рядов и прогнозирование. Учебное пособие. / Н.А. Садовникова, Р.А. Шмойлова / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики - М., 2001. - 67с.
24. Электронный ресурс. Научно-прикладной справочник «Климат России». Режим доступа: [www.meteo.ru/pogoda](http://www.meteo.ru/pogoda)

25. Электронный ресурс: Discussion paper on the calculation of the standard Climate normal: a proposal for a dual system by William Wright. Режим доступа: [www.wmo.int](http://www.wmo.int)
26. Электронный ресурс: ВНИИГМИ-МЦД. Режим доступа - <http://CliWare.meteo.ru>
27. Электронный ресурс: Изменение климата России. ИГКЭ. Режим доступа <http://climatechange.su/>
28. Электронный ресурс: [Сервер "Погода России" - Архив погоды - Владикавказ, Российская Федерация](http://meteo.infospace.ru). Режим доступа <http://meteo.infospace.ru>
29. Электронный ресурс: <https://meteoinfo.ru/climatcities>- дата обращения 04.09.2018. 19:09.
30. Guide to Agricultural Meteorological Practices. 2010 edition. WMO-No. 134. - Geneva, 2012. - 799 pp.
31. The role of climatological normals in a changing climate. World Meteorological Organization (Geneva, March 2007). (Contributions by: B. Trewin). Edited by: Omar Baddour and Hama Kontongomde. 2007. WMO/TD No. 1377.