



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

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности  
предприятий природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
(квалификация – бакалавр)

На тему «Режим осадков в горной и предгорной зонах Краснодарского края»

Исполнитель Жаров Александр Романович

Руководитель д.г.н., профессор Сергин Сергей Яковлевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«23» 01 2020 г.

Туапсе  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 3  |
| 1 Условия образования и классификация атмосферных осадков .....                              | 5  |
| 1.1 Процессы укрупнения облачных элементов и выпадения осадков.....                          | 5  |
| 1.2 Классификация атмосферных осадков .....  | 12 |
| 2 Орографические и климатические условия Краснодарского края .....                           | 18 |
| 2.1 Орографические и климатические особенности береговой зоны<br>Краснодарского края.....    | 18 |
| 2.2 Орографические и климатические особенности горной части<br>Краснодарского края.....      | 24 |
| 3 Анализ режима осадков в береговой и высокогорной зоне Краснодарского<br>края .....         | 32 |
| 3.1 Влияние климатических условий береговой зоны Сочи на режим<br>осадков.....               | 32 |
| 3.2 Влияние климатических условий высокогорной зоны Красной Поляны<br>на режим осадков ..... | 43 |
| Заключение .....   | 54 |

## Введение

Атмосферные осадки являются важнейшим климатообразующим фактором, влияющим не только на все природные процессы, но и оказывающие влияние на жизнедеятельность человека. Особого внимания заслуживают сильные осадки, которые влияют на рельеф и ландшафты, природные экосистемы и значительно воздействующие на хозяйственную деятельность человека в самых различных его видах.

Невозможно представить нормальное функционирование таких отраслей, как авиация, сельское хозяйство, транспорт, при отсутствии информации или ее недостаточном количестве о метеорологических условиях в общем и об осадках, в частности.

Сильные осадки могут затруднять, а в отдельных случаях и исключать взлет и посадку самолетов; приводить к серьезным авариям на транспорте. Количество осадков влияет на продуктивность сельскохозяйственных полей.

В Краснодарском крае сильные осадки наносят немалый ущерб различным отраслям экономики (морской флот, строительные организации, городское коммунальное хозяйство, автомобильный и железнодорожный транспорт, сельское хозяйство). Паводки, обусловленные сильными осадками, на малых реках региона, впадающих в Черное море, наносят огромный ущерб населенным пунктам, пансионатам, детским оздоровительным лагерям, расположенным в устьях этих рек. Имели место случаи, приводившие к катастрофическим последствиям.

Краснодарский край на сегодняшний день является одним из наиболее динамично развивающихся регионов России. Важная экономическая роль региона обуславливает большую значимость изучения его гидрометеорологических условий, в том числе основных характеристик осадков, к которым относят количество и интенсивность.

Актуальность исследования заключается в том, что распределение количества и интенсивности осадков на территории Краснодарского края имеет

большое значение для деятельности

Объект исследования – атмосферные осадки.

Предмет исследования – режим с осадков в горной и предгорной зонах Краснодарского края.

Цель исследования: изучить региональные особенности края, влияющие на формирование режима осадков и выявить основные закономерности их распределения в Краснодарском крае с учетом влияния разных зон высотной поясности.

Для достижения данной цели в работе поставлены следующие задачи:

- рассмотреть теоретические аспекты формирования атмосферных осадков;
- изучить физико-географические и климатические особенности рассматриваемой территории;
- провести анализ режима осадков в Краснодарском крае, выявить закономерности.

## 1 Условия образования и классификация атмосферных осадков

### 1.1 Процессы укрупнения облачных элементов и выпадения осадков

Капли воды и кристаллы льда, выпадающие из атмосферы и облаков на земную поверхность, называют атмосферными осадками [5, с.92].

Для того, чтобы начался процесс выпадения осадков из облаков, необходимо, чтобы облачные элементы стали настолько тяжелыми, что сопротивление воздуха и его восходящие движения не смогли их удерживать во взвешенном состоянии воздуха. Для этого облачные элементы должны увеличиться настолько, чтобы скорость их падения превысила скорость восходящих потоков воздуха, и чтобы по пути от облака до поверхности земли они не успели испариться. Если выпавшие из облака осадки испаряются, не достигнув поверхности земли, то под облаком можно наблюдать полосы падения (*virga*), иногда достаточно четко выраженные.

Обязательным условием выпадения осадков из облака является укрупнение облачных элементов. Основными процессами, вызывающими их укрупнение, являются конденсация (или сублимация) на них водяного пара и коагуляция, т. е. слияние капель или сцепление кристаллов при соударении.

Конденсационный рост облачных элементов. Рост облачных капель радиусом менее 0,01 мм за счет конденсации на них водяного пара сначала происходит довольно быстро: за несколько секунд их радиус увеличивается в 2-3 раза. Но с увеличением радиуса капли скорость ее дальнейшего конденсационного роста при данном перенасыщении пара в окружающем пространстве резко падает. Для образования капель радиусом более 0,1 мм при перенасыщениях, реально встречающихся в облаках, потребовалось бы длительное время (десятки часов), в течение которого не только меняются все условия в облаке, но и само оно может рассеяться.

В облаках, состоящих из капель разных размеров, конденсационный рост происходит более интенсивно, чем в облаках, состоящих из одинаковых капель. Это объясняется различием давлений насыщенного пара над мелкими и

крупными каплями, вызванным неодинаковой кривизной их поверхности. В таких облаках мелкие капли испаряются, а на крупный водяной пар конденсируется, т.е. происходит перенос пара с мелких капель на крупные.

Так как конденсационный рост капель с увеличением их радиуса замедляется, то в течение нескольких часов в облаках образуются лишь сравнительно мелкие капли почти одинакового размера. Таким образом, при конденсационном росте капли не могут вырасти до размера дождевых.

В смешанных облаках, состоящих из водяных капель и ледяных кристаллов, разность давлений насыщенного пара над кристаллами и каплями больше соответствующей разности над каплями разных размеров в чисто водяных облаках. Поэтому в таких облаках перенос водяного пара с капель на кристаллы происходит в несколько десятков раз интенсивнее, т. е. имеет место сублимационный рост кристаллов. Облачные же капли при этом могут даже полностью испариться, а твердые элементы облака будут расти за счет испарения жидких [6, с.199].

В этом случае создаются благоприятные условия для укрупнения облачных элементов и образования осадков. Наиболее интенсивен этот процесс при температуре  $-12^{\circ}\text{C}$ , когда разность давлений насыщенного пара над переохлажденной водой и льдом наибольшая. Например, в плотных водяных облаках одна ледяная частица примерно за 10 мин может поглотить все жидкие капли, содержащиеся в  $1\text{ см}^3$  облака. Так могут вырасти очень крупные кристаллы – снежинки. При температурах ниже и выше  $-12^{\circ}\text{C}$  процесс переноса водяного пара с капель на кристаллы происходит медленнее, чем при  $-12^{\circ}\text{C}$ , но все же и он приводит к образованию крупных снежинок, выпадающих из облака.

Коагуляционный рост капель обусловлен соударением капель друг с другом, в результате чего происходит их слияние (коагуляция). Слияние мельчайших капелек происходит в результате молекулярно-тепловых (броуновских) движений, а также турбулентного перемешивания. Однако, как показали расчеты, броуновская и турбулентная коагуляция вызывает

укрупнение только самых мелких облачных капель, но не может привести к образованию капель, способных выпадать из облака.

Коагуляция облачных элементов происходит также под влиянием электрических сил. Одноименно заряженные капли отталкиваются и их слияние затрудняется, а разноименно заряженные капли притягиваются и их слияние становится более вероятным. Но заряды капель настолько малы и расстояния между ними настолько велики, что влияние кулоновских сил проявляется слабо. Кроме того, большинство капель воды в атмосфере имеет одноименный (отрицательный) заряд, что также тормозит их коагуляцию.

Коагуляция в облаках происходит также в результате неодинаковой скорости падения капель. Крупные капли под действием силы тяжести падают с большей скоростью, чем мелкие. Поэтому большие капли могут догонять более мелкие, сталкиваться и сливаться с ними. Такая коагуляция называется гравитационной. Именно гравитационная коагуляция играет наибольшую роль в укрупнении облачных элементов и образовании капель дождя [24, с. 115].

На действие силы тяжести как на главную причину соударений облачных капель, приводящую к их слиянию и росту до размера дождевых капель, указывал еще в 1904 г. А. И. Воейков. Теоретическое описание этого процесса было предложено в 1948 г. Ленгмюром. Параллельно с Ленгмюром гравитационную коагуляцию исследовал Н. С. Шишкин. Он связал скорость гравитационной коагуляции капель в облаке с восходящими движениями и вертикальной протяженностью облака. Расчеты показали, что гравитационная коагуляция начинается при достижении каплями радиуса около 0,015 мм и вначале идет очень медленно. С увеличением размера капель скорость коагуляции растет и для капель радиусом более 0,03 мм становится уже существенной.

Восходящие движения воздуха вызывают понижение его температуры, что увеличивает пересыщение водяного пара. Благодаря этому конденсационный рост капель доводит их до таких размеров, при которых уже развивается гравитационная коагуляция. Кроме того, капли, поднятые на

большую высоту, при последующем падении проходят сквозь толщу облака, благодаря чему вырастают до значительных размеров за счет гравитационной коагуляции. При толщине кучевых облаков более 1 км и при интенсивных восходящих движениях воздуха гравитационная коагуляция может играть большую роль в образовании осадков.

Гравитационная коагуляция имеет важное значение и для роста ледяных частиц в облаках. Ледяные частицы могут сталкиваться с каплями или друг с другом. В случае столкновения кристаллов с каплями при температуре ниже 0 °С происходит рост кристаллов за счет намерзания на них переохлажденных капель, т. е. происходит так называемое обзёрнение. При сильном обзёрнении снежинки превращаются в частицы крупы (сферокристаллы). При температуре выше 0 °С кристаллы увеличиваются за счет образования на них водяной пленки. При этом ледяные частички постепенно превращаются в капли. Коагуляция снежинок друг с другом приводит к образованию хлопьев снега.

Всякое облако можно уподобить коллоидному раствору, в котором облачные элементы – капли и кристаллы – взвешены в воздухе, играющем роль растворителя. Если взвешенные частицы долго не выпадают, то раствор считается коллоидально устойчивым. Если же частицы укрупняются и начинают выпадать в виде осадка, то раствор считается коллоидально-неустойчивым. Выпадение осадков из облаков зависит от степени их коллоидальной устойчивости, которая в свою очередь определяется характером облачных элементов. Облака однородные, состоящие только из капелек или кристаллов, коллоидально-устойчивы. Особенно велика коллоидальная устойчивость облака, в котором все элементы имеют одинаковые или близкие размеры. Типичными коллоидально-устойчивыми облаками являются кучевые, летние высоко-кучевые и слоисто-кучевые, а также перисто-кучевые.

Облака, состоящие из элементов, разнородных по фазе (жидких и твердых) или по величине, коллоидально-неустойчивы. Типичные коллоидально-неустойчивые облака – слоисто-дождевые и кучево-дождевые.

Образование осадков в водяных облаках. Для образования осадков

большое значение имеют следующие характеристики облаков: их вертикальная протяженность, скорость восходящих движений воздуха в облаке, продолжительность существования и водность облака. Из водяных облаков, состоящих преимущественно из мелких капель могут выпадать осадки при выполнении определенных условий [12, с.187].

1. Чаще всего бывают коллоидально-устойчивыми бывают слоистые (St) и слоисто-кучевые (Sc) облака. Их вертикальная протяженность незначительна - до 1 км, скорость восходящих потоков также мала - до 1 м/с и, следовательно, крупные капли в слоистых облаках не образуются. Но продолжительность существования этих облаков могут достигает суток и более, поэтому конденсационный рост капель, а затем их коагуляция в St могут привести к образованию капель мороси, которые преодолевая слабые восходящие движения могут выпадать из таких облаков. Из Sc помимо мороси, иногда может выпадать даже мелкокапельный слабый обложной дождь и слабый обложной снег.

2. Большими скоростями восходящих движений (до 10 м/с) характеризуются мощные кучевые облака (Си cong), вертикальная протяженность которых колеблется от 2–3 км в умеренных широтах до 6–8 км в тропических. Такие условия в облаках способствуют образованию большого количества мелких водяных капель. Но, из облаков могут выпадать только водяные капли радиусом не менее 1–2 мм, достигающие таких размеров капли могут вырасти только в результате процесса коагуляции при условии большой водности и толщины облака. Благоприятные условия для выпадения осадков из облаков Си cong создаются в тропических широтах, значительно реже в умеренных широтах. Как следствие, в умеренных широтах даже из мощных кучевых облаков осадки не выпадают, а в тропических из облаков Си cong могут выпадать сильные ливни.

Образование осадков в ледяных облаках. В ледяных облаках условия роста облачных элементов более благоприятны, чем в водяных, так как в них всегда имеет место значительное пересыщение по отношению ко льду и

ледяные частички быстро растут за счет сублимации водяного пара. Это приводит к тому, что даже из тонких кристаллических облаков, например, зимних  $As$ , а также  $Si$  и  $Cs$ , несмотря на малую водность и малые скорости вертикальных движений воздуха, все же выпадают осадки в виде полос падения, а из  $As$  – даже в виде слабого или умеренного снега.

Снежинки образуются в результате сублимации водяного пара на ледяных кристаллах, имеющих форму шестиугольных плоских пластинок. По мере удаления от поверхности такого кристалла концентрация водяного пара возрастает, так как вблизи кристалла часть пара переходит на его поверхность. Молекулы водяного пара стремятся перемещаться из мест с большей концентрацией в места с меньшей концентрацией, т.е., из окружающего пространства к кристаллу. В первую очередь они осаждаются на углах кристалла, в результате чего ледяная пластинка принимает форму шестилучевой звездочки. Дальнейшая сублимация происходит на лучах этой звездочки. Образуются разветвления этих лучей и кристалл превращается в снежинку. Снежинки при соударениях сцепляются между собой, образуя более крупные снежинки и хлопья.

Образование осадков в смешанных облаках. В смешанных облаках  $As$ ,  $Ns$  и  $Cb$ , в которых переохлажденные капли воды и ледяные кристаллы соседствуют, условия для сублимационного роста кристаллов более благоприятные, чем в чисто ледяных облаках, особенно если воды в облаке больше, чем кристаллов. Благодаря переносу пара с капель воды на кристаллы льда капельки быстро вырастают до больших размеров, этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока не испарятся все капли воды и облако не преобразуется в чисто ледяное. Дальнейший рост кристаллов происходит посредством коагуляции, но идет уже гораздо медленнее.

Таким образом, в смешанных облаках осадки всегда сначала образуются в виде твердых элементов, если между облаком и земной поверхностью температура воздуха отрицательная, то выпадает снег. Если между облаком и земной поверхностью или в самом облаке проходит изотерма  $0^{\circ}C$ , ниже

которой температура воздуха положительная, то твердые элементы тают и выпадает дождь [11, с.182].

В смешанных облаках осадки образуются даже при небольшой толщине облака. Так, например, As толщиной 1–2 км почти всегда дают осадки в виде слабого снега. Летом снежинки тают и превращаются в мелкие капли дождя. Однако эти капли часто испаряются, не достигая поверхности земли. В этом случае под облаком бывают видны полосы падения (*virga*).

Зимние As тоже являются смешанными, так как часть капель в них замерзает. Тогда ледяные кристаллы растут за счет испарения оставшихся жидких капель и при длительном существовании облака могут выпадать из него. Но эти осадки на пути своего падения испаряются и никогда не достигают земли, а образуют лишь полосы падения.

Облака Ns и Сб, имеющие толщину в несколько километров, в верхних частях состоят из кристаллов, а в нижних из капель. Между уровнем нулевой изотермы и уровнем замерзания лежит мощный переходный слой, в котором перемешаны переохлажденные капли и ледяные кристаллы. Снежинки, образовавшиеся в верхней части такого облака, падая через переходный слой, быстро растут за счет переноса на них пара с капель. Скорость их падения возрастает. При соударениях друг с другом они слипаются. Снежинки и хлопья крупнее капель такой же массы, поэтому они захватывают на своем пути большее число частиц. Опускаясь в слой с положительной температурой, снежинки тают и выпадают из облака уже в виде дождя.

Особенно интенсивно укрупняются облачные элементы в Сб, где скорость восходящих потоков достигает 10 м/с и более. Эти конвективные облака быстро развиваются, но зато существуют недолго (десятки минут или несколько часов). Поэтому из кучево-дождевых облаков выпадают ливневые осадки – крупнокапельный дождь или крупные хлопья снега. Сначала выпадают самые тяжелые, т. е. более крупные, элементы, а затем более легкие, т. е. более мелкие, элементы.

Облака Ns развиваются постепенно в результате упорядоченного

восходящего движения большой массы воздуха. Процесс укрупнения капель в них происходит медленнее и не столь бурно, как в СБ. Эти облака существуют сравнительно долго (часы, сутки и более). Поэтому из них спокойно, без резких колебаний интенсивности, в течение продолжительного времени выпадают осадки в виде капель или снежинок среднего размера.

## 1.2 Классификация атмосферных осадков

Атмосферные осадки разделяют на выпадающие из облаков и на наземные метеоры. К осадкам, выпадающим из облаков относят: дождь, морось, ледяной дождь, снег, снежная и ледяная крупа, снежные зерна, ледяные иглы и град. В группу наземных метеоров входят следующие явления - роса, иней, изморозь.

Количество атмосферных осадков измеряют высотой слоя воды в миллиметрах, образовавшегося в результате выпадения осадков на горизонтальной поверхности при отсутствии испарения, просачивания и стока, а также при условии, что осадки, выпавшие в твердом виде, полностью растаяли. Слой осадков 1 мм, выпавших на площадь 1 м<sup>2</sup>, соответствует массе воды 1 кг.

Важной характеристикой осадков является их интенсивность, т.е. количество осадков, выпадающих в единицу времени.

На метеорологических станциях количественно определяется только интенсивность жидких осадков (в мм/мин). Кроме того, интенсивность как жидких, так и твердых осадков определяется качественно [5, с.217].

По фазовому состоянию воды, из которой состоят осадки, они могут быть жидкими, твердыми и смешанными.

К жидким осадкам относят дождь и морось.

Дождь – капли воды диаметром от 0,5 до 7,0 мм.

Морось – капли воды диаметром от 0,05 до 0,5 мм, находящиеся в атмосфере как бы во взвешенном состоянии, что делает их падение почти

незаметным.

К твердым осадкам относят - снег, снежную и ледяную крупу, снежные зерна, ледяной дождь, град.

Снег - снежные или ледяные кристаллы (снежинки), чаще всего имеющие форму звездочек или хлопьев. Снежные хлопья состоят из нескольких слипшихся между собой снежинок, имеющих форму звездочек.

Снежная крупа – непрозрачные сферические снегоподобные крупинки белого или матово-белого цвета диаметром от 2 до 5 мм.

Снежные зерна – непрозрачные матово-белые крупинки или палочки диаметром менее 1 мм.

Ледяная крупа – ледяные прозрачные крупинки, в центре которых имеется непрозрачное ядро. Диаметр крупинок до 3 мм.

Ледяной дождь – прозрачные ледяные шарики диаметром от 1 до 3 мм. Иногда внутри твердой ледяной оболочки сохраняется переохлажденная (незамерзшая) вода.

Град – представляет собой кусочки льда различной формы и размеров. Состоит градина из непрозрачного ядра, окруженного чередующимися непрозрачными и прозрачными слоями льда. Размеры градин колеблются в широких пределах. Наиболее часто их диаметр составляет 1 – 3 см, но в редких случаях может достигать 10 см.

К смешанным осадкам относят: дождь с градом, мокрый снег – тающий снег или смесь снега с дождем.

По физическим условиям образования и по характеру выпадения осадки подразделяются на обложные, ливневые и морозящие [12, с.316].

Обложные осадки чаще всего выпадают из системы фронтальных слоисто – кучевых облаков. Они характеризуются умеренной, мало меняющейся интенсивностью, отличаются большой площадью распространения и большой продолжительностью - непрерывно от нескольких часов до нескольких суток или с короткими перерывами.

Ливневые осадки выпадают из кучево – дождевых облаков. Они

характеризуются внезапностью начала и конца выпадения, резкими колебаниями интенсивности и малой площадью распространения. Отличительная особенность - небольшая продолжительность. Летом ливневые осадки представляют собой крупнокапельный дождь, который иногда сопровождается выпадением града. Летние ливневые осадки часто связаны с грозовыми явлениями.

В зимний период года ливневые осадки представляют собой обильный снегопад, состоящий из крупных хлопьев снега. В переходное время года ливневые осадки выпадают в виде снежной или ледяной крупы и наблюдаются одновременно со снегом или дождем. Ливневые осадки несмотря на характерную черту - сильную интенсивность, иногда могут быть и малоинтенсивными, и выпадать в виде крупнокапельного дождя из отдельного кучево – дождевого облака.

Моросящие осадки выпадают из слоистых и изредка из слоисто-кучевых облаков и характеризуются очень малой интенсивностью. К ним относят морось, мельчайшие снежинки или снежные зерна.

Изучение интенсивности осадков, особенно ливневых, имеет большое практическое значение. Дождь, интенсивность которого превышает 1мм/мин, принято называть ливневым. Ливень может выпадать не только из облаков Сb, но и из Cu cong и Ns [12, с.345].

Ливневый дождь, в отличие от ливня, выпадает только из облаков Сb и имеет интенсивность менее 1мм/мин. Ливни могут наносить немалый ущерб различным экономическим отраслям: в первую очередь, являются причиной паводков и наводнений, способствуют образованию оползней, вызывают рост оврагов, разрушают дороги и т.д.

По синоптическим условиям образования различают фронтальные и внутримассовые осадки [19, с.67].

Фронтальные осадки всегда связаны с прохождением атмосферных фронтов. Для теплого фронта характерными являются обложные осадки, для

холодного фронта – ливневые, но при прохождении холодного фронта первого рода осадки, имеющие вначале ливневый характер, переходят в обложные.

Внутримассовые осадки образуются внутри однородных воздушных масс. Для устойчивой теплой воздушной массы характерны осадки в виде мороси из слоистых облаков или в виде слабого обложного дождя выпадающие из плотных слоисто-кучевых облаков. В неустойчивой холодной воздушной массе выпадают ливневые осадки.

Количество выпавших осадков на земную поверхность зависит от различных факторов. Суточный ход количества осадков определяется ходом и характером облачности. Различают два типа суточного хода осадков – континентальный и морской (береговой) [10, с.116].

Первый тип суточного хода характеризуется двумя максимумами и двумя минимумами выпадения осадков и наблюдается в континентальном типе климата. Наибольший максимум осадков обусловлен развитием над континентом конвективной облачности в послеполудненное время. Второй максимум выпадения осадков является более слабым и наблюдается утренние часы, когда наибольшего развития достигают облака слоистых форм, связанные с ночным охлаждением деятельной поверхности и воздуха. Первый минимум осадков наблюдается в ночное время, второй – перед полуднем.

Второй тип суточного хода характеризуется одним максимумом и одним минимумом выпадения осадков и наблюдается в морском или береговом типе климата. Максимум осадков наблюдается в ночное время суток и обусловлен тем, что ночью в морском воздухе наблюдается рост вертикального градиента температуры, что способствует неустойчивой стратификации воздуха и образованию облаков. Минимум выпадения осадков приходится на дневное время суток, когда морской воздух дует с моря на более теплую сушу, относительная влажность уменьшается, что препятствует образованию облачности. Над морем в это время развиваются нисходящие движения воздуха, что также препятствует развитию облаков.

В годовом ходе количество выпавших осадков зависит от климатических особенностей района. Выделяют следующие основные типы годового хода осадков.

1. Экваториальный тип наблюдается в зоне между  $10^{\circ}$  ю. ш. и  $10^{\circ}$  с. ш. с и характеризуется двумя максимумами и двумя минимумами выпадения осадков. Максимальное количество осадков приходится на время после весеннего и осеннего равноденствия (апрель и октябрь), когда полуденная высота солнца наибольшая и сильно развита конвективная облачность.

Минимальное выпадение осадков приходится на время после летнего и зимнего солнцестояния (июль и январь), когда наименее развиты восходящие движения воздуха.

2. Тропический тип выпадения осадков наблюдается в зоне от  $10$  до  $30^{\circ}$  с. ш. и характеризуется одним дождливым периодом, который включает четыре летних месяца, в остальное время осадки в этих широтах почти не выпадают.

3. Субтропический тип характеризуется незначительным количеством осадков в течение года и засушливым летом. Такие условия связаны с наличием областей повышенного давления в данной зоне и господству нисходящих движений воздуха.

В зимний период области повышенного давления распространяются в зону более низких широт, а зону субтропиков частично захватывает циклоническая деятельность из умеренных широт. Как следствие, в зимний период в субтропиках менее засушливо, чем летом.

4. Тип умеренных широт связан с циклонической деятельностью. Наиболее развита циклоническая деятельность в зимний период, когда, перемещаясь над океанами циклоны способствуют увеличению количества выпавших осадков в данном районе, и уменьшению их над континентами. Зато в летний период, развитая конвективная деятельность над континентами, способствует выпадению обильных ливневых осадков в данном районе.

Также в зимний период в умеренных широтах над континентами

устанавливается область повышенного давления, препятствующая образованию облачности и выпадению осадков. Следовательно, в умеренных широтах различают морской и континентальный типы годового хода осадков. При морском типе максимум осадков отмечается зимой, а минимум – летом, при континентальном типе, наоборот, максимум отмечается летом, а минимум зимой.

## 2 Орографические и климатические условия Краснодарского края

### 2.1 Орографические и климатические особенности береговой зоны Краснодарского края

По рельефу Краснодарский край представляет сложный район, в который входят равнина, горные территории и прибрежная зона.

Черноморское побережье Краснодарского края представляет собой узкую прибрежную полосу между Чёрным морем и хребтами Большого Кавказа.

Черноморское побережье простирается более чем на 600 км, из которых около 400 км относятся к российскому участку - от мыса Тузла до реки Псоу на границе с Абхазией [4, с.122].

Северной границей побережья является Таманский полуостров, иногда наряду с черноморским побережьем выделяют Азовское побережье Кавказа, примыкающее к нему с севера. С востока регион Черноморского побережья Кавказа ограничен отрогами Большого Кавказа, с запада – собственно Чёрным морем. Около 145 км (36,3 %) приходится на район Большого Сочи, в том числе пляжная полоса самого города Сочи составляет 118 км – так называемая Российская Ривьера.

Береговая зона Краснодарского побережья сравнительно ровная, только в районе Керченского пролива, где в Таманский полуостров вдаётся Таманский залив, и у Азовского моря с его лиманами (Ейский и Бейсугский) наблюдается выраженная изрезанность береговой линии.

После Анапы берега Черного моря принимают горный характер, имеются две крупные бухты-порты (Новороссийская и Геленджикская). После Геленджика берег относительно ровный и прерывается только устьями и конусами небольших речек, стекающих в Чёрное море с Кавказского хребта. Местами берег обрывист и скалист, в районе города Туапсе выделяется известная скала Киселёва.

Побережье от Новороссийска до реки Псоу (Гагрский район) представляет собой наклонную равнину различной ширины, примыкающую к отрогам Большого Кавказа. От Новороссийска до Туапсе побережье довольно

широкое (от 2-3 до 5 км) и практически близкое к плоскому. От Туапсе до южной своей границы побережье сужается, его ширина может достигать всего нескольких сотен метров. На многих участках побережья отроги Кавказа подходят к морю почти вплотную - район границы с Абхазией (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Черноморское побережье Краснодарского края

На всём протяжении побережья от Новороссийска до Гагр вдоль глубоководных акваторий преобладают абразивные и абразионно-оползневые берега, чередующиеся с аккумулятивными участками в устьях рек. Вдоль всего побережья почти непрерывно тянется полоса валунно-галечниковых пляжей.

Отличительная особенность Черноморского побережья России – наличие здесь нескольких типов пляжей на относительно коротком участке. Есть здесь и мягкие мелкопесочные, жёсткие крупногалечные, бухтовые и скалистые. В районе Анапы есть пляжи с кварцевым песком. Сложены берега осадочными породами, сформировавшимися миллионы лет назад на дне океана Тетис. Слои осадочных пород чередуются, образуя так называемый флиш. Пласты залегают на дне океана горизонтально, но горообразовательные процессы начавшейся более 40 миллионов лет назад Альпийской складчатости причудливо изогнули

их. Пласты могут идти под наклоном, вертикально, петлеобразно. Особенно интересная картина флиша на Агойском перевале. Сейчас это место получило статус памятника природы [20, с.37].

Пляжи Черноморского побережья Краснодарского края условно разделены на три категории:

I категория – песчаный или галечный пляж, удобный для отдыхающих;

II категория – глыбово-галечный пляж с валунами, менее удобный для отдыха;

III категория – валунно-щебнистый берег с выходом коренных пород, мало пригодный для использования.

Одним из крупнейших приморских курортов мира является Сочинский курортный район. Город Сочи расположен узкой полосой вдоль Черного моря, с максимальной шириной территории 20-30 км до юго-западных предгорий Главного Кавказского хребта. Прибрежная часть курорта занимает территорию шириной от 450 до 2000 м. Вся территория Сочи имеет общий наклон в сторону моря.

Береговая линия в районе Сочи не изрезана бухтами, не имеет выступающих в море мысов, на всей своей протяженности характеризуется как относительно ровная. Исключением является Центральный район города-курорта, где береговая линия образует так называемый Сочинский мыс. В долине реки Бытха, к югу от хребта Бытха, находятся источники сероводородных вод и расположена всемирно известная водолечебница Мацеста.

На протяжении всей территории город изрезан рядом поперечных хребтов с боковыми ответвлениями, отделяющимися от Главного Кавказского хребта. Благодаря такому строению рельефа создается достаточно сложная комбинация ряда площадок различной высоты, размеров и взаимных положений относительно друг друга. Низменное побережье сменяется возвышенностями до 300-400 м, местами до 550 м над уровнем моря.

По мере продвижения с северо-запада на юго-восток рельеф района резко

меняется, на расстоянии 40 км от города Сочи располагаются вершины Главного Кавказского хребта с высотами 1800 - 3500 м.

Главный Кавказский хребет, расположенный относительно господствующего направления движения воздушных масс почти фронтально, является ведущим орографическим фактором климата.

При достижении 1000 - метровой высоты Главный Кавказский хребет играет своего рода роль экрана, защищающий прибрежную территорию Краснодарского края от проникновения холодных континентальных масс с его северо-восточных склонов.

Климат Северо-Западного Кавказа крайне разнообразен, что объясняется, главным образом, сложными орографическими условиями данной территории. На большей своей протяженности Краснодарское побережье Черного моря является рекреационной зоной.

На формирование климата Черноморского побережья существенное воздействие оказывает подстилающая поверхность, то есть поверхность, с которой взаимодействует солнечное излучение и атмосфера. Существует два основных типа подстилающей поверхности: суша и вода. Различные области подстилающей поверхности поглощают неодинаковые количества солнечного энергии, следовательно, по-разному нагревают воздух. Как правило, обнаженная почва нагревается больше, нежели покрытая травой или лесом. К примеру, галька на адлерских пляжах в безоблачную погоду может прогреваться до 45-60°C.

Непосредственная близость моря оказывает влияние на влажность воздуха, существенно повышая её, особенно в теплый период года.

Местные ветры такие, как фёны, наблюдаются, как правило, в октябре-декабре, они более сухие и теплые. Береговые ветры дуют на побережье в дневное время, а ночью с суши на море. Дневной бриз дует со стороны моря в сторону более теплой суши. Ночной бриз дует с охлажденного в ночное время берега в сторону более теплой водной поверхности.

Смена берегового бриза морским происходит утром до полудня, морского

ночным — вечером, после полудня. Как правило, бриз хорошо выражен в теплые месяцы года при малооблачной погоде, когда контраст температуры суша — вода наибольший.

Важнейшую роль в формировании климата побережья, безусловно, играет солнечная радиация. Её количество, поступающее на землю, зависит от географической широты территории, имеет суточный и годовой ход. Адлерский район имеет выгодное географическое положение, расположен на широте  $43^\circ$ , высота солнца над линией горизонта достигает  $70^\circ$  в июле и  $23^\circ$  в декабре.

По климатическим условиям территорию Черноморского побережья подразделяют на два климатических района: умеренный и субтропический. Умеренно влажный характерен для участка побережья от Анапы до Туапсе, субтропический – от Туапсе до границы России с Абхазией [20, с.17].

Умеренно теплый влажный климат характерен для бассейна Кубани и участка Черноморского побережья от Тамани до Анапы. Здесь жаркое лето и сравнительно мягкая зима с температурой воздуха в январе –  $2^\circ$  –  $3^\circ\text{C}$ . Количество выпавших осадков в предгорьях составляет от 700 до 1200 мм в год, что благоприятно сказывается на растительности - северные склоны отрогов покрыты густыми дубово-буковыми лесами.

В северной части побережья, в районе Анапы, климат умеренно-континентальный. Лето здесь жаркое, но открытая местность, продуваемая ветрами, смягчает дневной зной, поэтому он почти не ощущается. Анапа – самый солнечный город на черноморском побережье Кавказа. Среднегодовое количество солнечных часов достигает 2460.

На участке побережья от окрестностей Анапы до Туапсе складываются иные климатические условия. Невысокие горы не могут помешать проникновению холодных масс воздуха с северных склонов Кавказа на южные, вследствие чего лето здесь, жарче, а зима значительно холоднее, т.е., годовые колебания температур больше  $20$  –  $24^\circ\text{C}$ .

Количество осадков уменьшается до 600 мм, причем распределение их по сезонам, как и при средиземноморском климате, неравномерное – наибольшее

количество выпадает зимой, летом наблюдаются засухи. Иногда здесь дуют холодные большой силы северо-восточные ветры – бора, вызываемые ниспадающими с вершин горного хребта массами холодного воздуха из-за большой разницы давления на суше (высокого) и на море (низкого). Бора достигает иногда силы урагана и причиняет большой ущерб. Наблюдались случаи, когда суда под тяжестью образовавшегося на них льда тонули, двери в каютах так прочно примерзали, что их приходилось вырубать. Очевидец так описывает бору в Новороссийске: «Полночь. Я пробуждаюсь от каких-то странных звуков. Все здание гостиницы содрогается. За окном творится что-то грозное. Ветер завывает так, что становится жутко, и потрясает не только рамы, а весь дом... Леденящий ветер дул с гор северо-востока. С невероятной силой налетал он порывом, точно какой-то невидимый исполин дул сверху в бухту, как в блюдечко с чаем. И точь-в-точь как из блюдечка вода из бухты выбрасывалась к разным берегам».

Туапсинский район представляет собой переходную зону от умеренных к субтропическим широтам. На большей своей протяженности Краснодарское побережье Черного моря является рекреационной зоной [15, с.92].

Субтропический климат характерен для южной части побережья - от Туапсе до границы с Абхазией. Южный район – это район влажных субтропиков.

Главный Кавказский хребет защищает побережье от холодных северных ветров, а теплое море обогревает его и, следовательно, создаются условия для формирования влажного субтропического климата. Зимы практически не бывает. Лишь изредка сухие холодные воздушные массы переваливают через Кавказский хребет и на неделю-полторы задерживаются на побережье, вызывая понижение температуры воздуха до отрицательных значений. Весна начинается рано – в конце февраля. Летние месяцы в Сочи, жаркие с высоким уровнем влажности, а зимние месяцы достаточно мягкие, но более прохладные поскольку близкое расположение гор служит защитой от вторжения холодных воздушных масс с севера, обеспечивая тем самым сравнительно высокую

среднегодовую температуру воздуха. Осень здесь самое лучшее, «бархатное» время года.

## 2.2 Орографические и климатические особенности горной части Краснодарского края

Крупными орографическими зонами являются Кубано-Приазовской низменность, к юго-западу от которой располагаются холмистые возвышенности и грязевые сопки Таманского полуострова и горной системы Большой Кавказ. Край расположен в западной части Большого Кавказа и омывается Чёрным, Азовским морями и Керченским проливом [14, с.84].

Горная зона Краснодарского края и республики Адыгея состоит преимущественно из Западного Кавказа, который является частью системы Большого Кавказа, и располагается к западу от меридиональной линии, проходящей через гору Эльбрус. Своё начало хребты Кавказа берут в Анапском районе (ст. Гостагаевская) и замыкаются высшей точкой Большого Кавказа г. Эльбрус (рисунок 2.2).

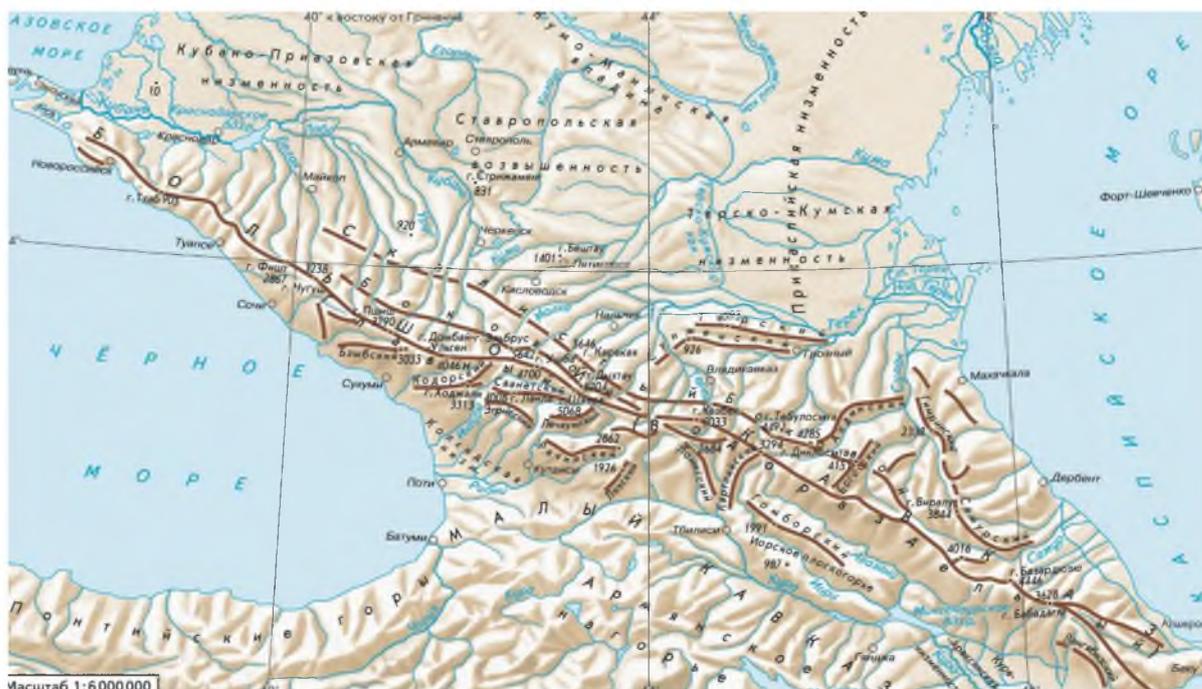


Рисунок 2.2 – Горная система Большой Кавказ [14, с.84]

При более подробном рассмотрении, из Западного Кавказа выделяют

Северо-Западный Кавказ или Причерноморский Кавказ, протянувшийся от западной оконечности Большого Кавказа до г. Фишт. В силу своего местоположения Краснодарский край и республика Адыгея включает в себя весь Северо-западный Кавказ и часть Западного Кавказа.

Под одноименным названием Западный Кавказ существует объект Всемирного природного наследия, который создан на территории географического Западного Кавказа. Этот объект Всемирного природного наследия на территории Западного Кавказа включает: Кавказский государственный заповедник, Сочинский национальный парк, Природный парк Большой Тхач, памятники природы «Хребет Буйный», «Верховье реки Цица», «Верховье рек Пшеха и Пшехашха», а также часть буферной зоны Кавказского заповедника, проходящая вдоль его северного и северо-западного края (ширина 1 км) [7, с.243].

Рельеф Северо-западного Кавказа очень сложен, и тесно связан с геологическим строением. Важной чертой рельефа рассматриваемой территории является ярусное строение, обусловленное новейшими тектоническими движениями, которые происходили на фоне общего поднятия Кавказа.

По рельефу Северо-Западный Кавказ можно разделить на три части: северные склоны, высокогорье, южные склоны.

Главный хребет, который является границей между этими частями, вместе с Боковыми хребтами северного и южного склонов составляет осевую зону. Осевая зона Западного Кавказа ориентирована с запада – северо-запада на восток - юго-восток и увеличивается по высоте и ширине к юго-востоку. Северный макросклон Западного Кавказа является более длинным и пологим, чем южный.

Осевую часть горной системы составляют два хребта: Главный хребет и сопровождающий его с севера Боковой хребет. Вместе они составляют как бы позвоночник орографического скелета Большого Кавказа. Водораздельный хребет тянется сплошным гребнем, Боковой – состоит из массивов и коротких

хребтов, разобщенных узкими горными ущельями. Расположенные по одной линии параллельно Водораздельному хребту, они связаны с ним поперечными перемычками, которые разделяют верховья рек северного склона Б. Кавказа. Перемычки обычно ниже Водораздельного и Бокового хребтов, благодаря чему последний выделяется отчетливо, несмотря на расчлененность ущельями. В Западном Кавказе Боковой хребет ниже Водораздельного, в Центральном они в общем одинаковы по высоте, в Восточный Боковой хребет почти везде выше.

Главный Кавказский хребет (ГКХ) является водораздельным хребтом Большого Кавказа и простирается с северо-запада на юго-восток от Черного моря до Каспийского более чем на 1100 км. В западной своей части ГКХ служит водоразделом между бассейнами Черного и Азовского морей, в центральной части (к западу от Мамисонского перевала и Лихского хребта) - водоразделом между Черным морем и Каспийским. Восточнее Лихского хребта ГКХ служит водоразделом между реками, впадающими в Каспийское море севернее Апшеронского полуострова и южнее него. Наивысшие отметки на каком-либо участке горной системы далеко не всегда принадлежат ГКХ, а очень часто находятся на Боковом Хребте северного либо южного склона. Это относится и к высшей точке Краснодарского края г. Цахвоа (3345 м).

Основные вершины ГКХ в пределах Краснодарского края: Совхозная (717 м), Иорданова (669 м), Коцехур (716 м), 921 м (без названия), Большой Афипс (737 м), Почепсухо (911 м), Лысая (976 м), Семашхо (1035 м), Семиглавая (1456 м), Бекешей (1684 м), Хуко (1901 м), Малая Чура (2178 м), Ассара (2632 м), Аишха (2956 м), Лоюб-Цухе (2939 м), Аджара (2907м).

Северный склон Большого Кавказа представляет собой мощную горную цепь, включающую ряд хребтов, идущих параллельных ГКХ. К северу от ГКХ расположены следующие хребты - Боковой, Передовой, Скалистый, Пастбищный и Лесистый. Форма, протяжённость и высота данных горных хребтов различна, все хребты пересечены реками, берущими начало в осевой зоне на ГКХ или каком-либо боковом хребте [23, с.343].

Рельеф в разных частях Главного и Бокового хребтов неодинаков, часть

Западного Кавказа от Анапы до горы Фишт характеризуется низкогорным и среднегорным рельефом (так называемый Северо-Западный, или Черноморский Кавказ), далее к востоку до Эльбруса горная система приобретает типичный альпийский облик с многочисленными ледниками и высокогорными формами рельефа и отличается широким распространением ледниковых форм: каров, цирков, трогов, висячих боковых долин, а также наличием каровых и моренно-подпрудных озер.

В пределах Западного Кавказа на Главном и Боковом хребтах часто встречаются вершины, имеющие вид трех- или четырехгранной пирамиды - карлинги. К таким вершинам такого относят следующие пики - Кожевникова; Сахарная голова; Псеашха Северная, Южная, Узловая и т.д.

Боковой хребет расположен на расстоянии от 2 до 25 км к северу от Главного и представляет собой ряд отдельных хребтов и массивов, расчлененных глубоко врезанными долинами притоков реки Кубани. Свое начало он берет в Анапском районе в бассейне р. Гастогайка и протягивается почти параллельно Главному хребту до границ края и далее. Основными вершинами Бокового хребта являются: Красная Горка (464м), Сардепе (1036м), Шесси (1839м), Джемарук (3099м), Дзитаку (2818м), Цахвоа (3345м). Боковой хребет соединяется с главным короткими отрогами, высота которых не превышает 3000 м. Отроги служат водоразделами и ледоразделами между верховьями соседних рек и ледников.

Хребты, протянувшиеся с севера и юга окаймлены более низкими цепями хребтов, которые значительно отличаются от хребтов осевой зоны по своему геологическому строению, высоте и морфологическим особенностям. Передовой хребет начинается у южного края плато Лагонаки в бассейне реки Белой и тянется на юго-восток в виде отдельных сегментов (хребтов). Среди них наиболее четко выражены участки Дудугуш, Ятыргварта, Хацавита, высоты которых колеблются от 960 до 3314 м. Самыми примечательными вершинами в пределах Краснодарского края являются горы Джуга (2976 м) и Маркопидж (2218 м).

Передовой хребет не только значительно уступает по своим высотам Главному и Боковому хребтам, но также отличается от них морфологическим обликом - имеет мягкие и пологие формы и покрыт альпийскими и субальпийскими лугами.

Севернее вышеупомянутых хребтов располагается характерная для Большого и в частности для Западного Кавказа зона асимметричных пологонаклонных куэстовых хребтов, среди которых выделяются как самостоятельные Скалистый, Пастбищный и Лесистый. Куэсты - форма рельефа в виде вытянутых гряд с несимметричными склонами: пологим и крутым. Куэстовые хребты образованы из горных пород с косым напластованием, имеют слабый наклон на север и круто обрываются на юг.

В 10-30 км от Бокового хребта расположен южный куэстовый хребет, называемый Скалистым, который представляет собой наиболее выраженную в рельефе куэстовую гряду. Основными вершинами данного хребта являются: Каменный хребет (413 м), Житная (1995 м), Большой Тхач (2368 м), Хацавита (1993 м). Наиболее известной является вершина Большой Тхач [7, с.122].

Севернее Скалистого расположены хребты Пастбищный и Лесистый, которые значительно ниже по высоте и большей частью, не поднимаются выше границы леса. Оба хребта представляют собой куэсты и сильно разделены реками на отдельные участки.

Южный склон Западного Кавказа по своему рельефу значительно отличается от северного. Он значительно короче северного и очень круто обрывается к югу, ширина его колеблется от 3 км в районе Новороссийска до 45-50 км в районе Адлера. Если для северного характерны субширотные хребты, то для южного - кулисообразные: на юго-запад от Главного хребта к Черному морю отходят в виде гигантских кулис высокие хребты, имеющие ряд отрогов.

Наиболее ярко выраженные среди этих хребтов в пределах Краснодарского края хребты: Облего (747 м), Мжецу (1029 м), Никетх (1280 м), Бзыч (1903 м), Амуко (1918 м), Иегош (1837 м). Хребты Пеус (1099 м), Алек

(1116 м), Аибга (3256 м).

Хребты Облего и Мжецу представляют собой часть южных склонов Передового и Бокового, направленных параллельно ГКХ. Единственный из южных хребтов, который является современным ледником является хребет Аибга - массивы Агепста, 3256 м и Ацетука, 2791 м. (рисунок 2.3).

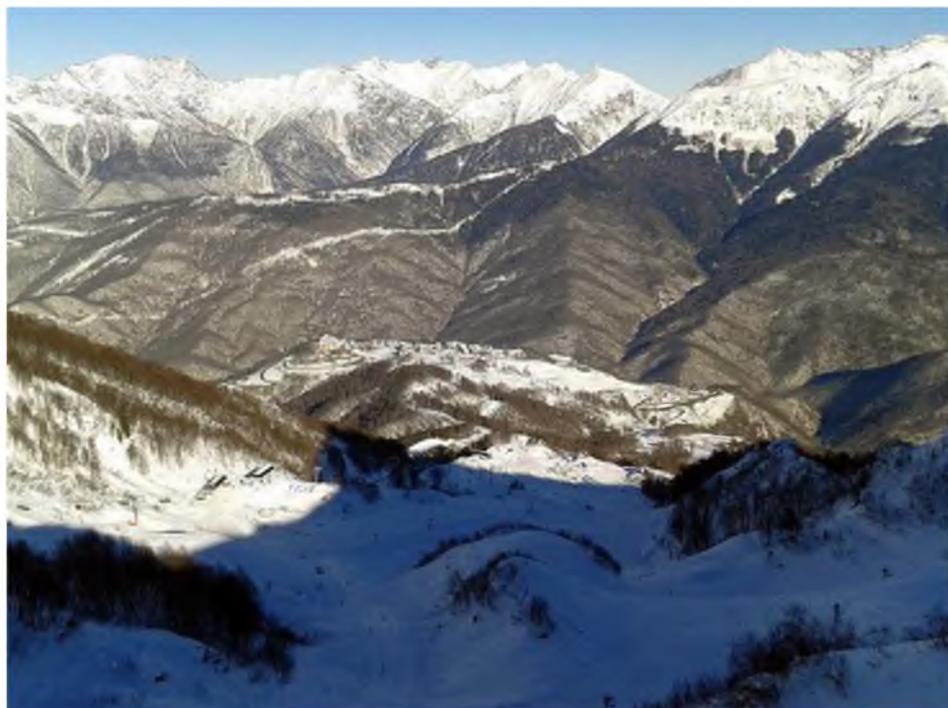


Рисунок 2.3 – Вид на Кавказский хребет с базы Роза Хутор [3, с. 32]

Большая часть южного склона сложена юрскими и меловыми известняками, мергелями, песчаниками и сланцами. Только наиболее высокие части хребта Аибга, массивов Ачишхо, Чура сложены палеозойскими метаморфизированными сланцами, юрскими аспидными сланцами, песчаниками, карбонатными и глинистыми сланцами, прорванными диабазовыми жилами.

Рельеф хребтов к востоку от горы Фишт на южном склоне Западного Кавказа в районе главного хребта относится к типично альпийскому с широким распространением цирков, каров, трогов. Окраинные части большинства крупных хребтов имеют преимущественно среднегорный рельеф. У подножья хребтов на поверхность выходят подземные реки (р. Хоста).

Основные реки побережья (Пшада, Вулан, Шапсухо, Туапсе, Аше,

Псекупсе, Шахе, Сочи, Мзымта, Псоу) в большинстве случаев состоят из относительно коротких поперечных длинных продольных отрезков, прорезающих хребты южного склона Западного Кавказа. Реки в этих местах протекают в глубоких ущельях, имеющих вид каньонов с крутыми и даже отвесным склонами, иногда достигающих сотен метров высоты [9, с.16].

Климат Северо-Западного Кавказа крайне разнообразен, что объясняется, главным образом, сложными орографическими условиями данной территории. Главный Кавказский хребет препятствует проникновению теплых воздушных масс с юга в Предкавказье, холодных – с севера на юг и является границей двух климатических поясов – умеренного и субтропического. Северные склоны его относятся к умеренному поясу, южные – к субтропическому. Горный рельеф определяет вертикальную (высотную) зональность климата, а, следовательно, и ландшафтов. В пределах Северо-западного Кавказа можно выделить следующие высотные климатические пояса: умеренно теплый, умеренно холодный, альпийских лугов, вечного мороза (вечных снегов) и субтропический.

Умеренно теплый влажный климат характерен для бассейна Кубани и участка Черноморского побережья от Тамани до Туапсе. Здесь жаркое лето и сравнительно мягкая зима с температурой в январе – 2° – 3°. Осадков выпадает в предгорьях от 700 до 1200 мм в год. Не случайно поэтому северные куэсты покрыты густыми дубово-буковыми лесами [17, с.35].

Умеренно холодный климат наблюдается на северном склоне Кавказа до высоты 1800 – 2000 м примерно в пределах Скалистого хребта. Средняя температура января здесь – 3°, а июля +15°.

Климат альпийских лугов холодный, с коротким прохладным летом и продолжительной многоснежной зимой, отличается значительной влажностью: осадков выпадает более 1200 мм в год. Этот климатический пояс расположен в полосе от верхней границы леса до линии вечных снегов.

В поясе вечных снегов средняя температура самого теплого месяца ниже 0°. Здесь интенсивно развито морозное выветривание.

Субтропический климат характерен для южного склона Северо-западного Кавказа за исключением крайней северо-западной части последнего (район Новороссийска). Здесь жаркое лето и теплая зима, что способствует круглогодичной вегетации растений. Самый холодный месяц в году имеет среднюю положительную температуру, но ежегодно случаются заморозки.

### 3 Анализ режима осадков в береговой и высокогорной зоне Краснодарского края

#### 3.1 Влияние климатических условий береговой зоны Сочи на режим осадков

Для анализа режима осадков в береговой части в данной работе были рассмотрены данные об атмосферных осадках по Черноморскому побережью Краснодарского края станции Сочи за период с 2005г. по 2018 г. (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Данные МС Сочи [13, с.21]

| Метеостанция | Широта | Долгота | Высота над ур. моря | Удаленность от моря |
|--------------|--------|---------|---------------------|---------------------|
| Сочи, оп     | 43°35' | 39°44'  | 57м                 | 1 км                |

Район Большого Сочи относится к зоне влажных субтропиков, являясь наиболее северным районом этой климатической зоны во всём мире.

Существенное влияние на климат оказывает южное расположение района, наличие незамерзающего моря и отрогов Главного Кавказского хребта, которые служат надежным препятствием для вторжения холодного воздуха с севера и северо-востока. Холодные воздушные массы, поступающие со стороны моря, проходя над водной поверхностью, прогреваются и как следствие, приобретают повышенную увлажнённость и становятся неустойчивыми, что вызывает длительное ухудшение погоды в данном районе.

Вследствие наличия долин и ущелий внутри горной системы Большого Кавказа наблюдается достаточно сложная атмосферная циркуляция. В предгорной части происходит задержка холодных масс воздуха, устанавливается стационарное атмосферных фронтов, что способствует обострению атмосферных фронтов перед орографическим препятствием.

За 6-9 часов до прохождения атмосферного фронта на территории может наблюдаться выпадение осадков, обусловленное выносом тёплого влажного воздуха и дальнейшим его натеканием вдоль склонов хребта. По мере

увеличения высоты горных хребтов и перемещения фронтальных разделов к югу интенсивность осадков возрастает. Увеличение скорости вертикальных движений воздуха обуславливает интенсивное образование кучево-дождевой облачности. Возникновению больших скоростей восходящих движений насыщенного воздуха способствуют условия рельефа. В холодный и переходные периоды года нередко наблюдается резкое изменение погодных условий.

Огромное влияние рельеф района оказывает на скорость смещения и эволюцию барических образований и фронтов [8, с.127].

Особенно характерно задерживающее влияние хребта на массы воздуха за холодными фронтами. В результате этого осадки, связанные с холодными фронтами, наиболее интенсивны и продолжительны, чем связанные с другими фронтами.

При смещении холодных фронтов с севера, резкого похолодания не наблюдается, т.к. влияние Главного Кавказского хребта способствует образованию волны на атмосферном фронте и сглаживанию температурного градиента. После образования волны на фронте, последний начинает как бы разворачиваться и воздушные массы проходят уже не с севера, а с запада, предварительно прогревшись над морем в нижних слоях. Волновые возмущения на фронтах существенно влияют на циркуляцию в слое трения и представляют трудности в прогнозировании перемещения фронтов и погодных условий.

Выделяют два климатических периода холодный – ветренный, пасмурный, дождливый и тёплый – относительно сухой и ясный, с преобладанием местной бризовой циркуляции [17, с.83].

К особенностям холодного периода года относят максимальное развитие циклонической деятельности. Относительно высокая температура Чёрного моря способствует возникновению над ним зоны пониженного давления, при этом, оно лежит на пути выхода средиземноморских циклонов. Взаимодействие холодных тыловых потоков движущихся средиземноморских циклонов с

тёплыми воздушными массами их передней части создаёт резкие контрасты температуры именно в районе Чёрного моря.

Как следствие, над акваторией Чёрного моря наблюдаются активные циклонические возмущения и их выход на юго-восточные районы Краснодарского края. В холодный период года выход циклонов со Средиземного моря оказывают существенное влияние на климат всего Черноморского побережья Кавказа, смягчая его. Основные климатические показатели для МС Сочи представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Значения основных климатических элементов по метеостанции Сочи

| I   | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя температура воздуха, °С                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5,3   | 5,7  | 7,7  | 11,8 | 16,0 | 20,0 | 22,9 | 22,9 | 19,3 | 14,6 | 10,4 | 7,2  | 13,7 |
| Абсолютная максимальная температура воздуха, °С         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 22  | 23   | 26   | 32   | 34   | 35   | 39   | 38   | 34   | 32   | 27   | 24   | 39   |
| Абсолютная минимальная температура воздуха, °С          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| -15   | -15  | -12  | -6   | 2    | 6    | 10   | 9    | 1    | -7   | -7   | -10  | -15  |
| Средняя температура поверхности почвы, °С               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4   | 5    | 8    | 14   | 20   | 25   | 28   | 27   | 21   | 15   | 9    | 5    | 15   |
| Средние из абсолютных максимальных температур почвы, °С |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 19  | 22   | 30   | 39   | 48   | 52   | 55   | 53   | 47   | 38   | 27   | 20   | 56   |
| I   | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
| Средние из абсолютных минимальных температур почвы, °С  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| -6  | -6   | -4   | -0   | 4    | 9    | 13   | 13   | 8    | 2    | -2   | -4   | -9   |
| Средняя сумма осадков, мм                               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 149   | 126  | 114  | 102  | 89   | 95   | 91   | 111  | 119  | 147  | 164  | 161  | 1467 |
| Средняя скорость ветра, м/с                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3,6   | 3,5  | 3,3  | 3,0  | 2,8  | 2,9  | 2,9  | 3,0  | 3,0  | 3,0  | 3,2  | 3,7  | 3,2  |
| Относительная влажность воздуха, %                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 76  | 75   | 76   | 77   | 80   | 79   | 79   | 78   | 77   | 78   | 77   | 76   | 77   |
| Парциальное давление, гПа                               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6,9   | 6,9  | 7,8  | 10,4 | 14,5 | 18,5 | 21,9 | 21,8 | 17,4 | 13,0 | 9,7  | 7,7  | 13,0 |
| Дефицит насыщения, гПа                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2,18  | 2,30 | 2,46 | 3,11 | 3,63 | 4,92 | 5,82 | 6,15 | 5,20 | 3,67 | 2,90 | 2,43 | 3,88 |

Благодаря сложившейся циркуляции на побережье Большого Сочи зима характеризуется как очень тёплая. Средняя многолетняя температура января +5,3°С. В дневное время суток температура воздуха может повышаться до +10 -

12°C, в отдельные дни +15+18°C (рисунок 3.1). В редкие годы могут отмечаться дни с отрицательной температурой воздуха. Похолодания чаще всего связаны с вторжением через низкие перевалы (район п. Лазаревское) северо-восточных ветров или выносом холодного воздуха с Закавказья [13, с.122].

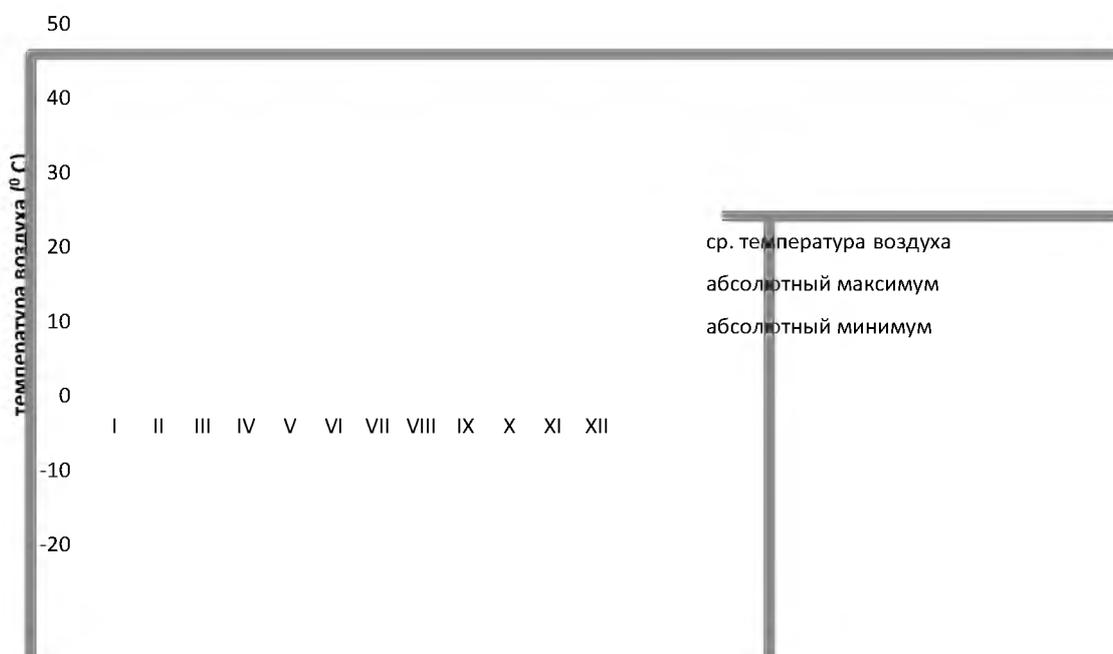


Рисунок 3.1 – Значения температуры воздуха по МС Сочи

В тёплый период года циркуляция воздушных масс заметно ослабевает, циклоническая деятельность наблюдается редко. Формирование погоды теплого периода года происходит под влиянием Азорского антициклона и местной циркуляции воздуха, изредка нарушаемой прохождением северо-западных циклонов.

При прохождении циклонов с запада и северо-запада наблюдается пасмурная погода, характеризующаяся ливневыми осадками и грозами. Перед прохождением фронта осадки могут сопровождаться кратковременным усилением юго-восточного ветра, после прохождения фронта – ветер меняет свое направление на северо-западное и западное [2, с.213].

Во второй половине лета территория Большого Сочи находится под воздействием устойчивого антициклона, и характеризуется безоблачной погодой с ярко выраженной бризовой циркуляцией. Средняя температура

самых теплых месяцев – июля и августа -  $+23^{\circ}\text{C}$ .

На побережье Сочи наблюдается большая повторяемость ливней и гроз, наиболее часто грозы наблюдаются с мая по сентябрь (20-30 дней в году), но могут быть и зимой, при прохождении холодных фронтов и окклюзий по типу холодного фронта.

При выносе холодного воздуха с Закавказья понижение температуры до отрицательных значений наблюдается сначала в Сухуми и Гаграх, а затем в Адлере и Сочи. В редкие зимы наблюдаются дни с отрицательной среднесуточной температурой воздуха, но при сильном вторжении в южные широты холодных антициклонов с Арктики или холодного воздуха с северо-запада через открытое море, возможны интенсивные похолодания, когда абсолютный минимум в районе Сочи достигал  $-15^{\circ}\text{C}$ . Устойчивые морозы отсутствуют.

Длительность безморозного периода в районе Сочи составляет 8-10 месяцев, а вегетационный период продолжается 10-11 месяцев. Устойчивые заморозки начинаются лишь в середине декабря (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Даты первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода в воздухе МС Сочи

| Средняя дата первого заморозка | Средняя дата последнего заморозка | Средняя продолжительность безморозного периода, дни |
|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| 04.12                          | 18.03                             | 290   |

Устойчивый переход температуры воздуха через  $+5^{\circ}\text{C}$  осуществляется в феврале месяце, но в отдельные годы наблюдается 1-2 дня со средней суточной температурой воздуха ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . От марта к апрелю температура воздуха повышается всего на  $3,5-6,0^{\circ}\text{C}$  из-за охлаждающего влияния моря и частых морских туманов, уменьшающих приток солнечной радиации. Всё это создаёт впечатление затяжной весны, хотя по температуре воздуха она наступает очень рано.

В таблице 3.4 приведены даты наступления среднесуточных температур воздуха выше и ниже определённых пределов и число дней со среднесуточной

температурой воздуха, превышающей данные пределы.

Таблица 3.4 – Даты наступления среднесуточных температур воздуха выше и ниже определённых пределов МС Сочи

| Характеристика                          | Температурный предел |     |       |       |
|---|----------------------|-----|-------|-------|
|   | 0°C                  | 5°C | 10°C  | 15°C  |
| Переход температуры через предел весной | -                    | -   | 04.04 | 08.05 |
| Переход температуры через предел осенью | -                    | -   | 18.11 | 12.10 |
| Число дней с температурой выше предела  | -                    | 365 | 228   | 157   |
| Число дней с температурой ниже предела  | -                    | 0   | 137   | 208   |

Преобладающим направлением ветра в течение года являются ветры восточного направления (рисунок 3.2). Преобладающее направление сильных ветров – юго-восточное. Среднее число дней с сильным ветром (более 15 м/с) за год – 15,7; наибольшее – 31.

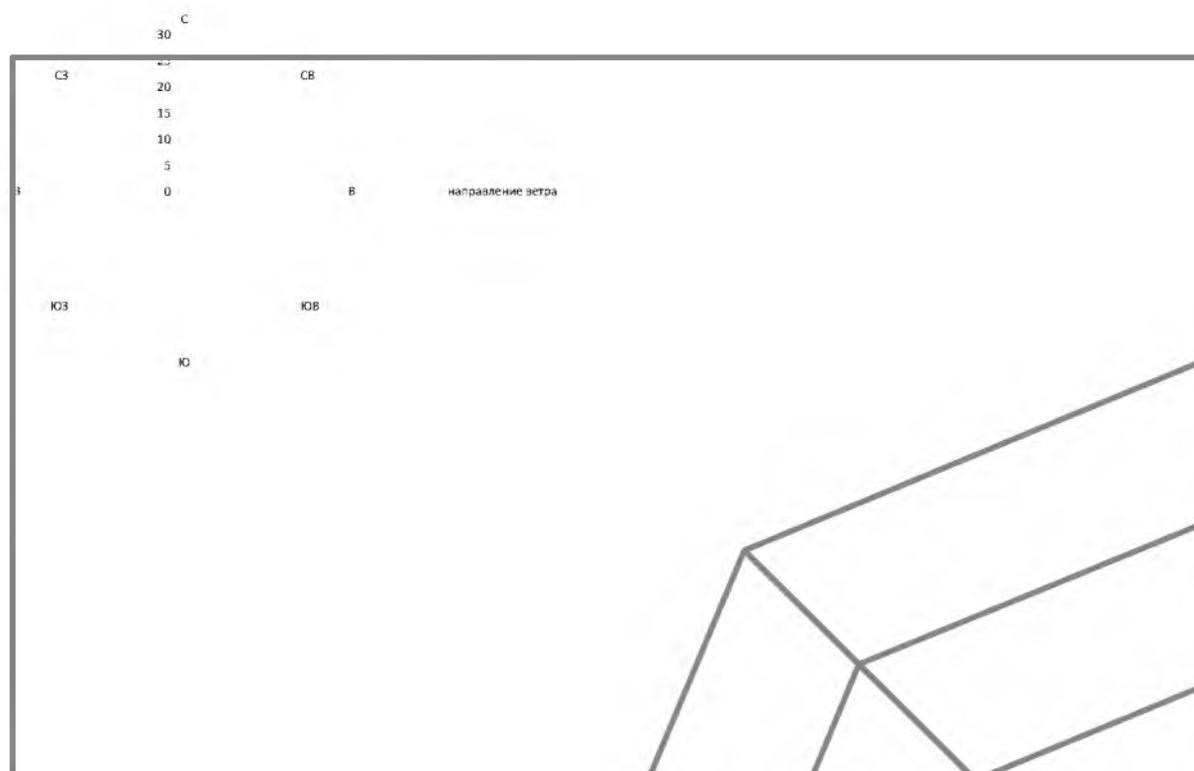


Рисунок 3.2 – Роза ветров по данным МС Сочи

Повторяемость направлений ветра и штилей (%) по месяцам и за год приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Повторяемость направлений ветра и штилей (%) по месяцам и за год МС Сочи

| Месяц | С | СВ | В  | ЮВ | Ю | ЮЗ | З  | СЗ | Штиль |
|-------|---|----|----|----|---|----|----|----|-------|
| I     | 4 | 29 | 37 | 13 | 4 | 1  | 6  | 6  | 5     |
| II    | 1 | 25 | 33 | 16 | 7 | 3  | 9  | 6  | 6     |
| III   | 2 | 20 | 26 | 17 | 9 | 4  | 14 | 8  | 8     |
| IV    | 2 | 15 | 23 | 17 | 9 | 6  | 19 | 9  | 10    |
| V     | 2 | 15 | 21 | 12 | 9 | 8  | 22 | 11 | 10    |
| VI    | 3 | 17 | 23 | 8  | 8 | 8  | 22 | 11 | 8     |
| VII   | 3 | 20 | 24 | 7  | 7 | 8  | 21 | 10 | 7     |
| VIII  | 2 | 25 | 28 | 5  | 7 | 6  | 19 | 8  | 6     |
| IX    | 4 | 26 | 30 | 5  | 5 | 6  | 15 | 9  | 6     |
| X     | 4 | 29 | 35 | 7  | 5 | 3  | 9  | 8  | 6     |
| XI    | 4 | 32 | 37 | 9  | 4 | 2  | 7  | 5  | 5     |
| XII   | 4 | 32 | 38 | 13 | 2 | 1  | 6  | 4  | 5     |
| год   | 3 | 24 | 29 | 11 | 5 | 5  | 14 | 9  | 7     |

Среднегодовая скорость ветра составляет 3,2 м/с. Сильные ветры преимущественно наблюдаются зимой. Число дней с сильным ветром (15 м/с и более) составляет 15-20 в год.

Максимальная наблюдаемая скорость ветра (м/с) из средних за срок и с учетом порыва приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Максимальная скорость ветра (м/с) из средних за срок и с учетом порывов МС Сочи

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|--|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Максимальная средняя скорость ветра, м/с |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |     |
| 20                                       | 20 | 25  | 20 | 20 | 15 | 15  | 20   | 19 | 22 | 20 | 20  | 25  |
| Скорость с учетом порывов, м/с           |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |     |
| 25                                       | 28 | 28  | 24 | 24 | 30 | 20  | 21   | 25 | 25 | 28 | 24  | 30  |

Проведенный в работе анализ режима осадков выявил следующие закономерности. Район Сочи относится к территории с избыточным увлажнением.

Среднегодовое количество осадков составляет около 1755мм, но в отдельные годы осадков выпадает более 2000 мм. Годовая сумма осадков изменяется от 1226 мм в 2016 г. до 2025мм в 2007 и 2015 гг. Для Сочи характерны периоды с обильными атмосферными осадками, которые

сменяются продолжительными сухими периодами. В холодный период, с ноября по апрель, сумма осадков составляет 934 мм, в тёплый период года, с мая по октябрь, выпадает 822 мм осадков (таблица 3.7, рисунок 3.3, 3.4).

Таблица 3.7 – Количество осадков за месяц, тёплый и холодный периоды года за 2004– 2018 гг по МС Сочи, мм

| Год  | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Холодный период | Тёплый период | Год  |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----------------|---------------|------|
| 2004 | 243 | 108 | 44  | 123 | 132 | 123 | 48  | 71   | 126 | 176 | 284 | 212 | 891             | 799           | 1690 |
| 2005 | 206 | 159 | 40  | 111 | 97  | 255 | 73  | 68   | 149 | 154 | 212 | 168 | 901             | 907           | 1692 |
| 2006 | 212 | 119 | 274 | 273 | 67  | 3   | 2   | 72   | 252 | 73  | 142 | 195 | 985             | 802           | 1744 |
| 2007 | 236 | 139 | 96  | 78  | 98  | 27  | 165 | 186  | 170 | 294 | 193 | 343 | 808             | 1018          | 2025 |
| 2008 | 234 | 81  | 123 | 100 | 87  | 118 | 92  | 74   | 90  | 210 | 54  | 202 | 974             | 771           | 1465 |
| 2009 | 248 | 138 | 192 | 43  | 71  | 56  | 123 | 235  | 81  | 153 | 173 | 280 | 834             | 762           | 1793 |
| 2010 | 88  | 56  | 126 | 91  | 101 | 104 | 73  | 95   | 80  | 176 | 167 | 190 | 923             | 627           | 1550 |
| 2011 | 166 | 117 | 246 | 291 | 85  | 92  | 56  | 37   | 162 | 142 | 142 | 113 | 1130            | 865           | 1649 |
| 2012 | 271 | 208 | 250 | 147 | 108 | 47  | 109 | 81   | 81  | 169 | 145 | 142 | 1016            | 742           | 1758 |
| 2013 | 223 | 177 | 147 | 216 | 33  | 179 | 68  | 184  | 46  | 176 | 97  | 178 | 834             | 902           | 1724 |
| 2014 | 112 | 224 | 132 | 168 | 44  | 135 | 169 | 90   | 3   | 143 | 112 | 131 | 743             | 752           | 1463 |
| 2015 | 304 | 68  | 109 | 108 | 44  | 33  | 132 | 254  | 210 | 350 | 263 | 150 | 724             | 1131          | 2025 |
| 2016 | 157 | 188 | 144 | 42  | 8   | 69  | 42  | 120  | 92  | 164 | 120 | 80  | 902             | 604           | 1506 |
| 2017 | 144 | 170 | 51  | 191 | 8   | 120 | 22  | 41   | 211 | 116 | 17  | 172 | 565             | 709           | 1274 |
| 2018 | 354 | 99  | 134 | 37  | 83  | 221 | 190 | 158  | 13  | 306 | 110 | 86  | 776             | 1008          | 1784 |

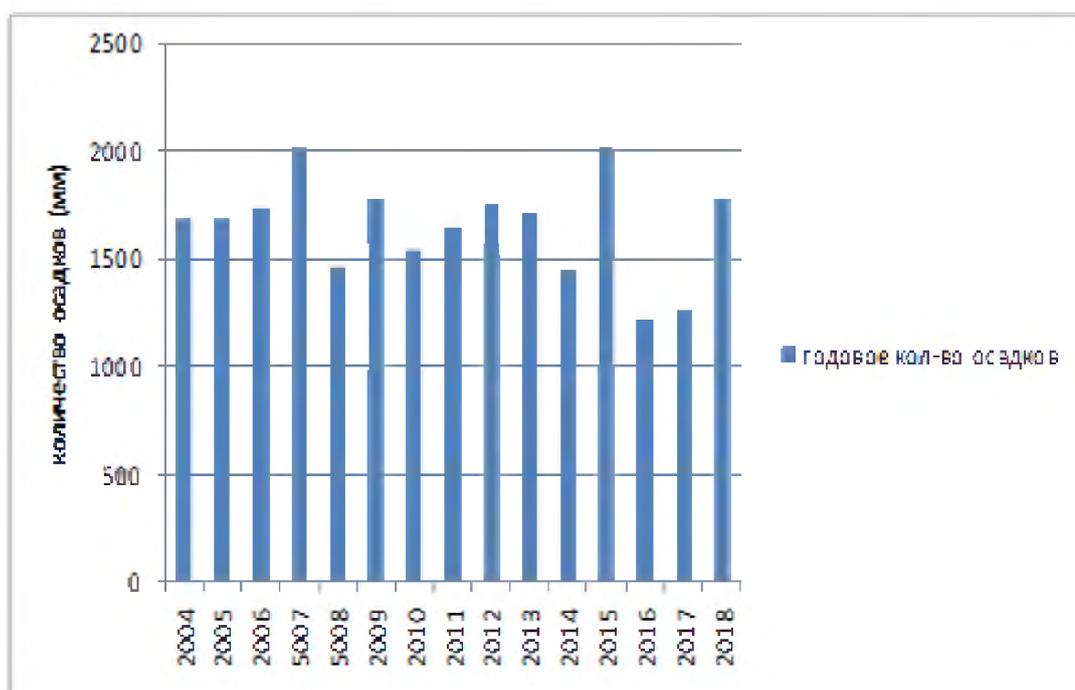


Рисунок 3.3 – Среднегодовое количество осадков по МС Сочи, (мм)

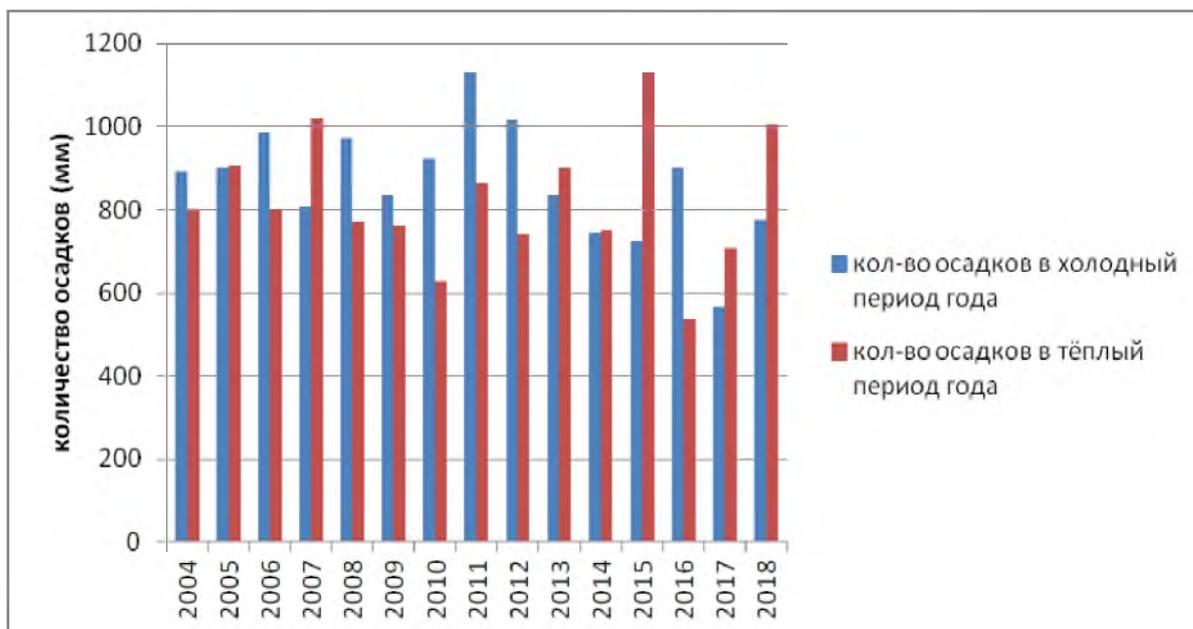


Рисунок 3.4 – Среднегодовое количество осадков в ТП и XII года (мм)

Общегодовая продолжительность выпадения осадков составляет в среднем около 1040 часов. В течение года в Сочи наблюдается в среднем 160 дней с осадками, причем, в январе осадки выпадают на протяжении 160 часов, а в июле - только 30 часов.

В рассматриваемом районе могут наблюдаться интенсивные и продолжительные ливни с одновременным охватом всей территории от Главного Кавказского хребта до моря. Ливни могут являться причиной возникновения больших паводков на реках, а при совпадении со снеготаянием - катастрофических.

В отдельные годы ливневые дожди могут продолжаться от 3 до 7 суток, в результате чего в отдельных населенных пунктах месячная сумма осадков составляет более 350 мм. Среднемесячное количество выпавших осадков колеблется от 70 мм в мае до 228 мм в январе (таблица 3.8, рисунок 3.5).

Таблица 3.8 – Среднемесячное количество выпавших осадков за период 2004–2018 гг МС Сочи, мм

| I   | II  | III | IV  | V  | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год  |
|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 228 | 146 | 151 | 144 | 70 | 113 | 97  | 126  | 126 | 200 | 159 | 189 | 1755 |

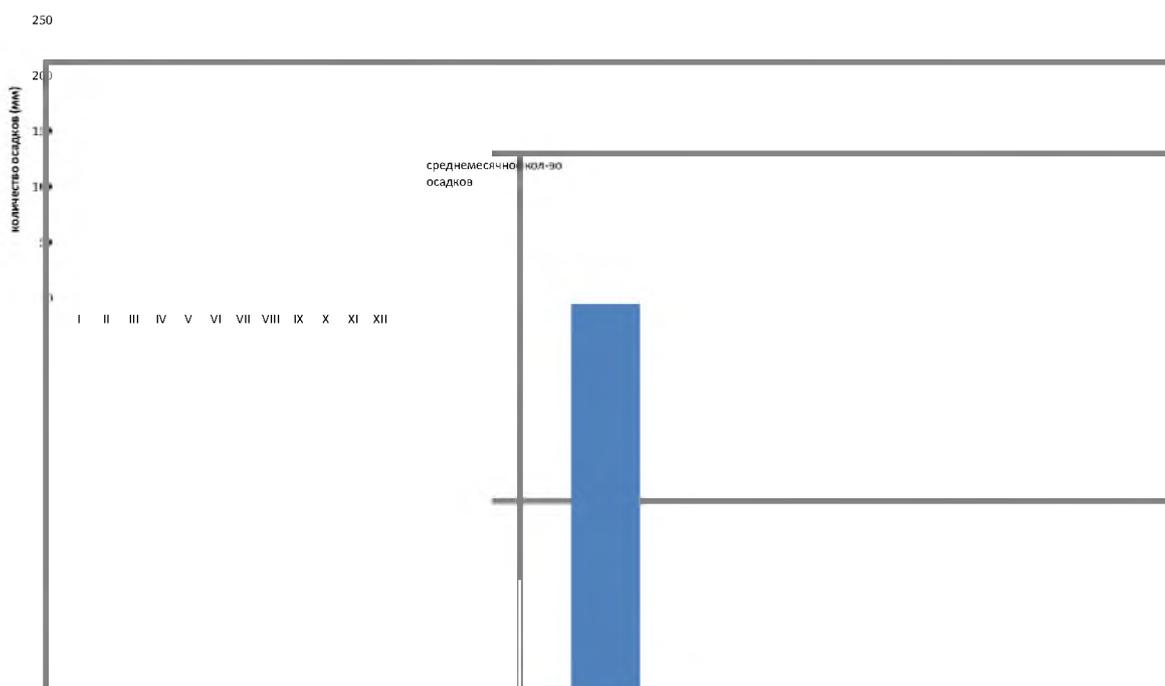


Рисунок 3.5 – Среднемесячное количество выпавших осадков за период 2004–2018 гг, (мм)

Максимальные месячные суммы осадков за указанный период превышают 200 мм, кроме мая (189,1 мм). В марте, августе, октябре, ноябре и декабре наибольшие месячные суммы превышают 300 мм. Наибольшая месячная сумма осадков наблюдалась в январе 2018 г. (354 мм).

Наименьшие месячные суммы отмечались в июне и июле 2006 г. (2 и 3 мм соответственно), в сентябре 2014г (3мм), в мае месяце 2016 и 2017гг (по 8 мм). В остальных месяцах этот показатель превышает 20 мм. Наибольшие минимальные суммы осадков отмечались в марте 2005г. (84,9 мм), а также в декабре 2011 г. (76 мм), феврале 2011 г. (59,2 мм) и октябре 2006г (56,6 мм).

В работе рассмотрен наибольший суточный максимум осадков по месяцам.

Минимум этой характеристики приходится на весну, на апрель в частности и составляет 49,3 мм, а максимум (основной) на летние и осенние месяцы июль (основной) 162,3 мм и вторичный на сентябрь 120,9 мм. Минимальный средний суточный максимум отмечается в мае и составляет 29,7 мм, максимальный чаще всего отмечается в октябре - 63 мм (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Наибольшее суточное количество выпавших осадков, в мм

| Год  | I  | II | III | IV | V  | VI  | VII | VIII | IX  | X  | XI | XII | Год |
|------|----|----|-----|----|----|-----|-----|------|-----|----|----|-----|-----|
| 2005 | 37 | 32 | 12  | 31 | 41 | 114 | 162 | 29   | 119 | 39 | 51 | 35  | 162 |
| 2006 | 36 | 27 | 46  | 40 | 24 | 21  | 2   | 65   | 59  | 39 | 43 | 48  | 65  |
| 2007 | 47 | 40 | 14  | 35 | 53 | 21  | 41  | 36   | 91  | 40 | 48 | 74  | 91  |
| 2008 | 53 | 21 | 27  | 30 | 42 | 33  | 34  | 56   | 47  | 76 | 22 | 29  | 76  |
| 2009 | 42 | 23 | 31  | 22 | 15 | 36  | 72  | 52   | 28  | 45 | 23 | 48  | 72  |
| 2010 | 61 | 31 | 29  | 20 | 45 | 39  | 28  | 49   | 25  | 51 | 37 | 47  | 61  |
| 2011 | 33 | 35 | 32  | 28 | 37 | 33  | 49  | 39   | 27  | 78 | 53 | 48  | 78  |
| 2012 | 34 | 41 | 33  | 48 | 33 | 33  | 84  | 20   | 24  | 83 | 55 | 44  | 84  |
| 2013 | 37 | 43 | 17  | 64 | 10 | 43  | 42  | 84   | 21  | 38 | 35 | 46  | 84  |
| 2014 | 26 | 43 | 51  | 46 | 13 | 36  | 45  | 46   | 2   | 44 | 43 | 31  | 51  |
| 2015 | 42 | 20 | 31  | 34 | 29 | 28  | 46  | 91   | 95  | 64 | 51 | 31  | 95  |
| 2016 | 38 | 42 | 17  | 17 | 2  | 24  | 20  | 50   | 43  | 43 | 36 | 29  | 50  |
| 2017 | 96 | 37 | 27  | 50 | 3  | 28  | 12  | 16   | 44  | 40 | 11 | 35  | 50  |
| 2018 | 56 | 24 | 31  | 13 | 20 | 86  | 90  | 53   | 11  | 80 | 31 | 27  | 90  |

С октября по май включительно средний суточный максимум убывает, в июне начинает быстро расти, а в июле присутствует вторичный максимум, составляющий 59,5 мм, в сентябре вторичный минимум 43,2 мм. Таким образом, среднегодовой суточный максимум осадков за месяц в Сочи составляет 42,8 мм.

Проведен анализ среднего числа дней за месяц с суточной суммой осадков  $\geq 30$  мм. Данный показатель возрастает от весны к осени и наоборот, понижается от осени к весне. Минимум дней с суммой осадков  $\geq 30$  мм приходится на апрель и май, составляя 0,54 дня, максимум приходится на октябрь и составляет 2,38 дня. В среднем за год на каждый месяц приходится 1,25 дня с суммой осадков  $\geq 30$  мм, то есть в 5 из 8 месяцев суточные суммы осадков достигают и превышают 30 мм.

Наибольшее число дней за месяц с суммой осадков  $\geq 30$  мм достигает: в марте, октябре и декабре 6, в сентябре и ноябре 5, в июле и августе 4, в январе, в мае и июне 3, в феврале и апреле 2.

Данные по экстремальным значениям атмосферных осадков по месяцам года за весь период наблюдений на МС Сочи представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Экстремальные значения осадков за весь период наблюдений

| Месяц    | Норма | Месячный минимум | Месячный максимум | Суточный максимум |
|----------|-------|------------------|-------------------|-------------------|
| январь   | 179   | 2(1919)          | 615(1892)         | 182(1892)         |
| февраль  | 118   | 10(1914)         | 478(1896)         | 176(1896)         |
| март     | 109   | 6(1986)          | 411 (1887)        | 85(1881)          |
| апрель   | 116   | 13 (1957)        | 351(1892)         | 123(1884)         |
| май      | 93    | 3(1899)          | 318(1991)         | 113(1906)         |
| июнь     | 91    | 8(1904)          | 392(1988)         | 136(1988)         |
| июль     | 122   | 2(1904)          | 327(1896)         | 162(1997)         |
| август   | 135   | 4(1980)          | 581(1960)         | 245 (1971)        |
| сентябрь | 135   | 3 (1946)         | 480 (1980)        | 177(1907)         |
| октябрь  | 158   | 0 (1907)         | 581 (1882)        | 175(1882)         |
| ноябрь   | 191   | 14(1926)         | 536 (1888)        | 112(1895)         |
| декабрь  | 197   | 8 (1920)         | 558 (1895)        | 139(1892)         |

В исследуемом периоде повышенной повторяемостью месячных максимумов сумм осадков выделяются: 2007г. (август и октябрь), 2012 г. (февраль и май), 2016 г. (март и июнь).

Повторяемостью месячных минимумов сумм осадков выделяются: 2004 г. (май и ноябрь), 2005 г. (март и июнь), 2006г. (апрель, июль, октябрь), 2011 г. (февраль и декабрь).

Годы с 2008 по 2010 отличаются почти полным отсутствием экстремальных месячных значений, кроме максимума января 2009 г. и сентября 2008 г.

### 3.2 Влияние климатических условий высокогорной зоны Красной Поляны на режим осадков

Для анализа режима осадков в горной части в данной работе были рассмотрены данные об атмосферных осадках МС Красная Поляна за период с 2005 по 2018 гг.

Исследуемый район находится в посёлке Красная Поляна на высоте 566 м, который находится в долине реки Мзымта в средней её части (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Данные о МС Красная Поляна и Ачишхо

| Метеостанция   | Местоположение  | Высота над ур. моря | Удаленность от моря |
|----------------|---|---------------------|---------------------|
| Красная Поляна | Горная котловина Западного Кавказа. Среднее течение р. Мзымта | 566 м               | 35 км               |
| Ачишхо         | Корытообразная вершина Западного Кавказа                      | 1880 м              | 35 км               |

С севера относительно посёлка Красная Поляна возвышается гора Чугуш (3256 м.), с северо – запада гора Ачишхо (2390 м), с запада Алитиповский Хребет, с северо – востока и на востоке Главный Кавказский Хребет (ГКХ) который представлен несколькими хребтами Ассара (2631 м), Псехако, Левая Псеашхо (3256 м), Псеашхо (3251 м). По направлению долины реки Мзымта поверхность данной территории имеет общий уклон с северо – востока на юго – запад.

На климатические условия района Красной Поляны большое влияние оказывают горные системы Кавказа. Они воздействуют на атмосферную циркуляцию (синоптические процессы), изменяя направление воздушных масс, препятствуя движению или блокируя их. Под влиянием орографических особенностей горных систем создаются специфические черты климата горных стран.

Выделяется три типа влияния горных систем на перенос воздушных масс и соответственно на гидрометеорологический режим планетарного масштаба, синоптического, локального.

В связи с тем, что Кавказ сравнительно небольшая горная система, здесь трудно разделить влияние орографии планетарного и синоптического масштаба. Кроме того, эти вопросы в данном регионе изучены сравнительно слабо, поэтому влияние орографии Кавказа на процессы планетарного и

синоптического масштаба мы рассматриваем совместно.

В планетарном масштабе горная система оказывает большое влияние на климатические условия региона в основном как механическая преграда атмосферным течениям, что приводит к изменению в регионе и особенно над горами температуры воздуха и выпадению атмосферных осадков.

Исследованиями установлено, что за год над горной системой отмечается повышенная температура воздуха по сравнению с соответствующими высотами над равниной Северного Кавказа.

В холодный период года температура воздуха над хребтом незначительно отличается от температуры над равнинами, а в декабре она над хребтом даже ниже, чем над предгорьями Северного Кавказа на  $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Это связано с наличием снежного покрова в горах, который снижает радиационный баланс и соответственно понижает температуру воздуха. Весной и летом над горной системой теплее, чем над равнинами предгорий.

Наибольшие значения отмечены в июне, когда атмосфера над Кавказом на  $7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  теплее по сравнению с равнинами Северного Кавказа.

Такое значительное повышение температуры воздуха над Большим Кавказом в июне объясняется усилением радиационных факторов, интенсивными процессами конвекции и грозовой деятельностью в горах.

В июле-августе величина горного эффекта значительно меньше, и составляет  $3\text{-}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Осенью температура воздуха над горами ниже, чем над равнинами Северного Кавказа. Это объясняется отсутствием снежного покрова на равнинах и возникновением устойчивого снежного покрова в горах, приводящего к уменьшению радиационного баланса и понижению температуры воздуха.

Одновременно влияние горной системы сказывается на распределении атмосферных осадков в регионе. Это связано с увеличением количества влаги в воздухе в горах, обусловленной наличием ледников, постоянного снежного покрова, снежников. Поэтому горы являются как бы крупной аномальной зоной повышенных атмосферных осадков.

Таким образом, если рассматривать количество атмосферных осадков в регионе в планетарном масштабе, то их в целом на территории Большого Кавказа выпадает в 5-7 раз больше, чем над соседними равнинами. Т.е. без Большого Кавказа в этом регионе выпадало бы всего 330 мм в год, вместо 1070 мм выпадающих осадков в настоящее время.

Еще большее влияние оказывает Большой Кавказ на процессы синоптического масштаба, препятствуя свободному распространению воздушных масс, движущихся как с севера, так и с юга. Поэтому по Большому Кавказу (Главный Кавказский Хребет) проходит граница умеренного и субтропического типов климата (Аслаканишвили, Мамулян, 1990г.)

Воздушные массы, движущиеся с севера на юг, иногда попадают с запада, перевалив через отроги Главного Кавказского Хребта в его северо-западной, наиболее низкой части, создавая в районе г. Новороссийска сильные северо-восточные ветры, называемые борой и резкие понижения температуры воздуха, с востока через Куринскую долину и Сурамский перевал, в результате чего в районе Апшеронского полуострова возникают сильные ветры, называемые Бакинский норд.

Система разновысотных хребтов, расположенных преимущественно параллельно осевой зоне Главного Кавказского Хребта, а также различных хребтов – отрогов, являющихся водоразделами рек, текущих на север и юг от осевой зоны, наличие обширных межгорных котловин и ущелий создают сложную циркуляцию воздуха внутри самой горной системы.

При этом возникают эффекты наветренности и подветренности, определяющие характер изменения полей как температуры воздуха и атмосферных осадков, так и ветра, и других климатических элементов, носящих локальный характер.

В горных районах приход-расход солнечной радиации зависит от абсолютных высот местности, экспозиции и крутизны склонов, которые практически перекрывают полностью роль широтного фактора. В целом в горах солнечная радиация более интенсивна, так как с высотой увеличивается

прозрачность атмосферы.

Поэтому на высотах 500-4200 м прямая солнечная радиация при ясном небе увеличивается с высотой на 30-40%, суммарная радиация увеличивается на 26%. Значительное влияние на годовую величину радиации и ее временное распределение в течение года оказывает экспозиция и крутизна склонов

Рассматриваемый район по количеству атмосферных осадков не имеет себе равных на всей территории России. Среднегодовое количество осадков в районе Красной Поляны составляет 1974 мм, наибольшая годовая сумма осадков – 3255 мм наблюдается в высокогорной зоне район Ачишхо.

На формирование режима осадков в исследуемом районе и их распределение в годовом ходе большое влияние оказывает рельеф. Многочисленные хребты, их высота и расположение по отношению к преобладающим влагонесущим воздушным потокам и друг к другу, своеобразии рассекающих хребты узких и широких долин и ущелий, определяют характер выпадения осадков и неравномерное распределение их по склонам и долинам территории.

Следует учитывать возрастание осадков с высотой. Увеличение количества осадков, также наблюдается как перед возвышенностью (наветренные склоны), так и на верхней части подветренных склонов гор.

По мере продвижения вглубь горной системы количество осадков уменьшается, поэтому глубокие ущелья (особенно расположенные перпендикулярно несущему потоку), изгибы долины рек и понижения рельефа среди гор характеризуются уменьшением количества осадков.

Изменение осадков с высотой может быть неодинаково на различных участках одной и той же долины. Например, в долине реки Мзымта до станции Красная Поляна идёт увеличение количества осадков (ориентация долины юго-запад - северо-восток); затем в связи с резким изгибом долины на восток количество осадков уменьшается.

Для рассматриваемой территории характерен средиземноморский тип годового хода осадков с зимним максимумом. Летом влияние циркуляционных

процессов ослаблено и это определяет усиливающуюся засушливость середины лета.

Количество выпавших осадков для данной территории по МС Красная поляна представлено в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Количество осадков за месяц, тёплый и холодный периоды год 2004 – 2018 гг МС Красная поляна, мм

| Год  | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Холодный период | Тёплый период | Год  |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----------------|---------------|------|
| 2004 | 198 | 114 | 88  | 186 | 166 | 110 | 149 | 161  | 86  | 313 | 221 | 117 | 737             | 1171          | 1909 |
| 2005 | 293 | 208 | 96  | 91  | 89  | 251 | 100 | 60   | 90  | 199 | 292 | 309 | 535             | 880           | 2078 |
| 2006 | 166 | 117 | 246 | 291 | 85  | 92  | 56  | 37   | 162 | 142 | 142 | 113 | 1130            | 865           | 1649 |
| 2007 | 181 | 188 | 194 | 83  | 136 | 114 | 143 | 111  | 307 | 331 | 142 | 476 | 818             | 1225          | 2409 |
| 2008 | 225 | 118 | 159 | 91  | 125 | 167 | 124 | 163  | 146 | 268 | 96  | 402 | 1123            | 1078          | 2078 |
| 2009 | 242 | 210 | 312 | 83  | 191 | 109 | 88  | 211  | 146 | 212 | 258 | 290 | 1444            | 1040          | 2534 |
| 2010 | 142 | 53  | 97  | 114 | 160 | 84  | 91  | 128  | 151 | 237 | 265 | 287 | 794             | 1015          | 1809 |
| 2011 | 213 | 129 | 190 | 112 | 162 | 126 | 167 | 70   | 145 | 23  | 292 | 175 | 999             | 808           | 1807 |
| 2012 | 248 | 273 | 342 | 106 | 157 | 98  | 179 | 99   | 120 | 179 | 125 | 81  | 1330            | 938           | 2007 |
| 2013 | 109 | 150 | 212 | 317 | 64  | 152 | 81  | 102  | 104 | 378 | 85  | 209 | 677             | 1198          | 2044 |
| 2014 | 123 | 316 | 132 | 150 | 61  | 153 | 115 | 89   | 20  | 219 | 210 | 102 | 946             | 807           | 1690 |
| 2015 | 277 | 74  | 137 | 84  | 46  | 77  | 176 | 114  | 39  | 394 | 378 | 211 | 800             | 987           | 2064 |
| 2016 | 266 | 312 | 177 | 50  | 35  | 177 | 54  | 92   | 123 | 189 | 148 | 23  | 1344            | 720           | 1696 |
| 2017 | 134 | 137 | 68  | 238 | 31  | 130 | 23  | 53   | 128 | 83  | 50  | 111 | 560             | 716           | 1216 |
| 2018 | 319 | 82  | 150 | 52  | 144 | 140 | 158 | 179  | 68  | 337 | 204 | 105 | 712             | 1078          | 1938 |

В тёплый период года, с мая по октябрь, выпадает 824 мм осадков в районе МС Красная Поляна и 1250 мм в районе МС Ачишхо, что составляет 42 и 38 % от годового количества осадков.

В холодный период, с ноября по апрель, сумма осадков составляет 1150 мм в районе МС Красная Поляна и 2005 мм с МС Ачишхо, что составляет 58 и 62 % от годового количества осадков. Суммы осадков год от года могут значительно отклоняться от среднего значения (рисунок 3.6, 3.7).



Рисунок 3.6 – Среднегодовое количество осадков МС Красная поляна, (мм)

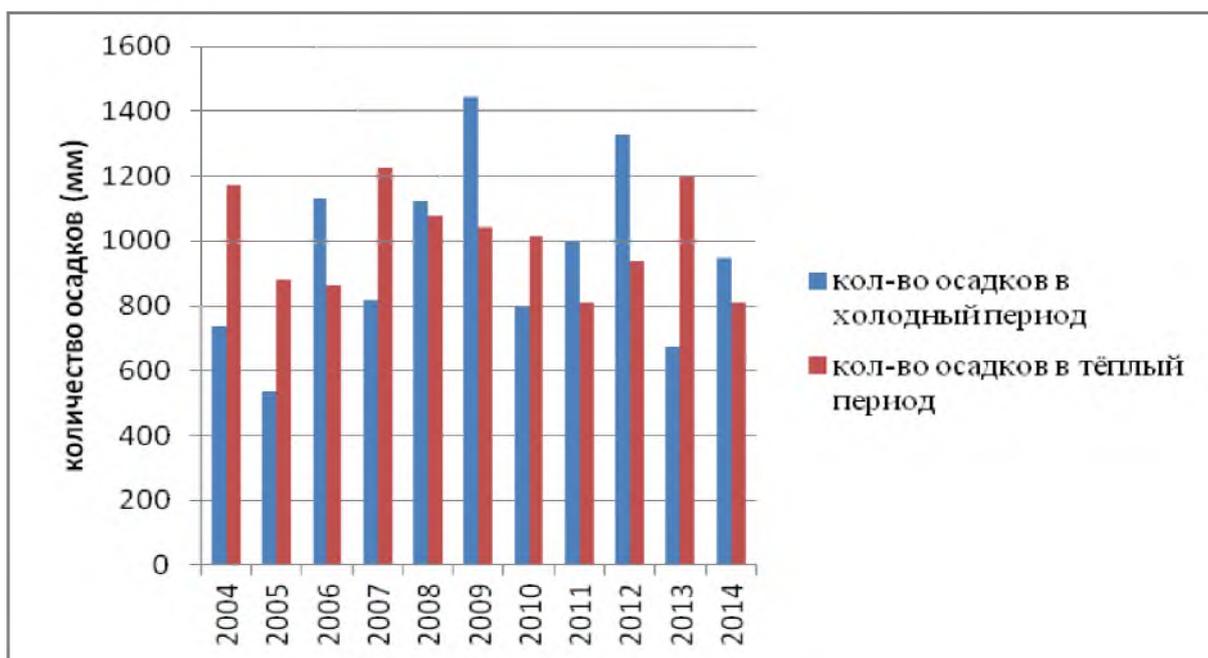


Рисунок 3.7 – Количество осадков за тёплый и холодный периоды года МС Красная поляна, (мм)

В отдельные годы суммы осадков могут значительно отличаться от средних многолетних. Колебания месячных сумм осадков достигают 300-400% (Аибга - февраль 2015г - 84,1мм; февраль 2014г - 360,4мм), при этом повторяемость аномальных сумм осадков составляет не более одного процента

от общего числа случаев.

Максимальное число дней с осадками наблюдается в зимнее время (декабрь-январь), их минимальное число зарегистрировано в июле – августе в районе МС Красная поляна, в мае на северных склонах горы Ачишхо.

Зимой на большей части изучаемой территории преобладают твёрдые осадки, причём преобладание твердых осадков очень существенно увеличивается с высотой.

Наибольшее число дней с твёрдыми осадками наблюдается в январе-феврале (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Средние и экстремальные значения количества осадков, мм

|                   | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| МС Красная поляна |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
| Средняя           | 205 | 180 | 169 | 143 | 133 | 131 | 115 | 116  | 146 | 183 | 213 | 240 | 1974 |
| Максимум          |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 2686 |
| Минимум           |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 797  |
| Макс. за сутки    |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 188  |
| МС Ачишхо         |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
| Средняя           | 380 | 323 | 296 | 226 | 207 | 218 | 156 | 173  | 218 | 278 | 357 | 423 | 3255 |
| Максимум          |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 4284 |
| Минимум           |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 2134 |
| Макс. за сутки    |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 298  |

Максимальная интенсивность атмосферных осадков за 10-минутный интервал в районе составляет 3,79 мм/мин (3.IX.2005г.)

Средний суточный максимум осадков за месяц имеет свой минимум в июне (30,1 мм) и максимум в октябре (60,5 мм), то есть с июня до октября возрастает, а с октября до июня убывает, но имеются вторичный минимум в ноябре (47 мм) и максимум в мае (45,8 мм). Среднегодовой суточный максимум осадков за месяц составляет 43,1 мм.

Наибольший суточный максимум осадков по месяцам. Минимум этой характеристики приходится на январь (59,4 мм) и июль (59,8 мм). Основной

максимум приходится на май (127,1 мм), а второстепенные на декабрь (93,9 мм), сентябрь (93,5 мм), март (75,3 мм).

Наименьший суточный максимум осадков по месяцам наблюдается в августе (1,1 мм) и максимум в декабре (27,7 мм). Показатель максимальной месячной суммы осадков наибольший в декабре (531, мм) и наименьший в апреле (228 мм), августе (238,5 мм) и июне (239,3 мм).

Таким образом, во всех месяцах данный показатель превышает 200 мм, а в месяцах с января по март, май, с сентября по декабрь превышает 300 мм (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Наибольшее суточное количество осадков МС Красная поляна, мм

| Год  | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | ср. год |
|------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|---------|
| 2004 | 51 | 29 | 24  | 34 | 32 | 31 | 46  | 58   | 31 | 49 | 34 | 44  | 58      |
| 2005 | 70 | 47 | 21  | 15 | 30 | 58 | 29  | 13   | 48 | 52 | 88 | 65  | 88      |
| 2006 | 42 | 34 | 55  | 41 | 25 | 27 | 14  | 24   | 38 | 62 | 41 | 24  | 62      |
| 2007 | 46 | 51 | 29  | 30 | 41 | 30 | 38  | 20   | 54 | 59 | 46 | 62  | 62      |
| 2008 | 76 | 36 | 45  | 28 | 25 | 37 | 73  | 100  | 52 | 75 | 42 | 52  | 100     |
| 2009 | 88 | 42 | 32  | 35 | 37 | 33 | 23  | 54   | 40 | 43 | 70 | 42  | 65      |
| 2010 | 33 | 23 | 21  | 23 | 52 | 39 | 56  | 42   | 61 | 56 | 42 | 46  | 67      |
| 2011 | 39 | 29 | 30  | 32 | 33 | 26 | 99  | 42   | 69 | 10 | 55 | 42  | 99      |
| 2012 | 44 | 56 | 48  | 28 | 34 | 40 | 81  | 26   | 75 | 69 | 48 | 17  | 81      |
| 2013 | 25 | 30 | 29  | 47 | 26 | 42 | 37  | 48   | 39 | 67 | 21 | 43  | 67      |
| 2014 | 40 | 36 | 20  | 60 | 12 | 32 | 46  | 44   | 7  | 44 | 73 | 40  | 73      |
| 2015 | 72 | 14 | 24  | 26 | 13 | 20 | 50  | 32   | 26 | 59 | 65 | 69  | 69      |
| 2016 | 38 | 58 | 24  | 17 | 5  | 61 | 26  | 27   | 71 | 50 | 41 | 38  | 72      |
| 2017 | 47 | 32 | 25  | 47 | 10 | 64 | 14  | 16   | 23 | 31 | 28 | 25  | 47      |
| 2018 | 47 | 18 | 30  | 18 | 23 | 31 | 64  | 51   | 68 | 44 | 56 | 30  | 68      |

Наименьшие минимальные месячные суммы отмечаются в августе (1,8 мм) и мае (11,8 мм). Наибольшие минимальные месячные суммы отмечаются в феврале (104,2 мм), марте (86,4 мм) и октябре (83,7 мм).

В работе проведен сравнительный анализ выпавших осадков в прибрежной части МС Сочи и горной части МС Красная Поляна, МС Ачишхо.

Полученные данные представлены в таблице 3.15, рисунках 3.8 и 3.9.

Таблица 3.15 – Среднемесячное количество осадков по МС Сочи, МС Красная поляна, МС Ачишхо, (мм)

|                   | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| МС Сочи           | 228 | 146 | 151 | 144 | 70  | 113 | 97  | 126  | 126 | 200 | 159 | 189 | 1755 |
| МС Красная поляна | 205 | 180 | 169 | 143 | 133 | 131 | 115 | 116  | 146 | 183 | 213 | 240 | 1974 |
| МС Ачишхо         | 380 | 323 | 296 | 226 | 207 | 218 | 156 | 173  | 218 | 278 | 357 | 423 | 3255 |

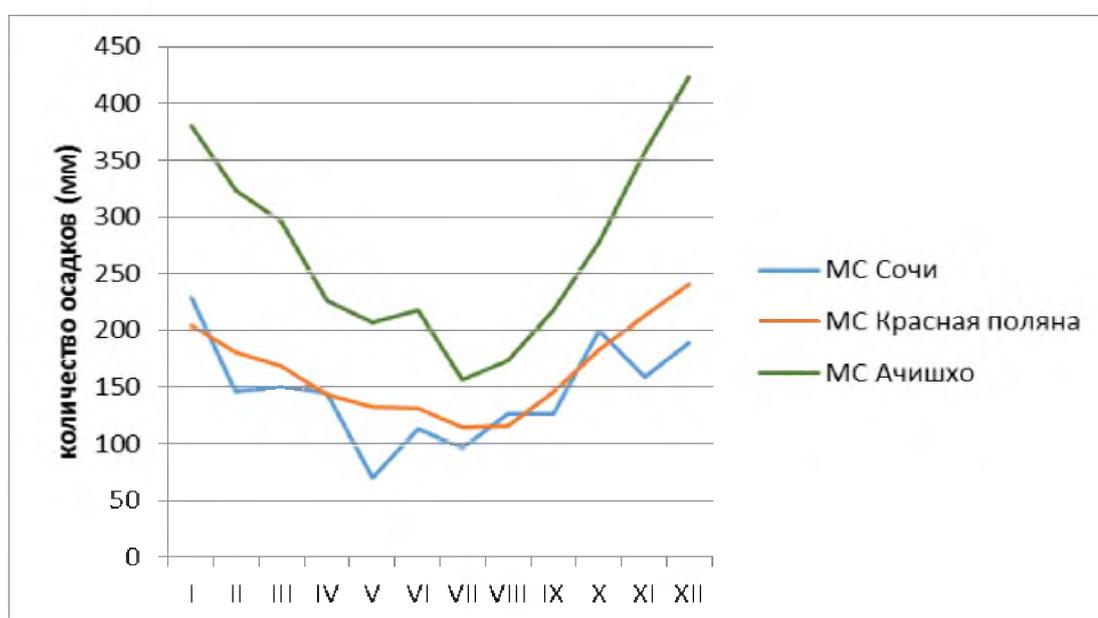


Рисунок 3.8 – Среднемесячное количество осадков (в мм) по МС Сочи, МС Красная поляна, МС Ачишхо, мм

В прибрежной зоне количество осадков в среднем составляет 1755 мм в год, высота МС Сочи 57 м над уровнем моря, удаленность от моря 100м, в горной области – МС Красная Поляна количество осадков возрастает до 1900-2000 мм, высота МС Красная Поляна 566 м над уровнем моря, в высокогорной области г. Ачишхо выпавшие осадки достигают 3255 мм, высота над уровнем моря 1880 м. Удаленность от моря МС Красная Поляна и МС Ачишхо составляет 35 км.

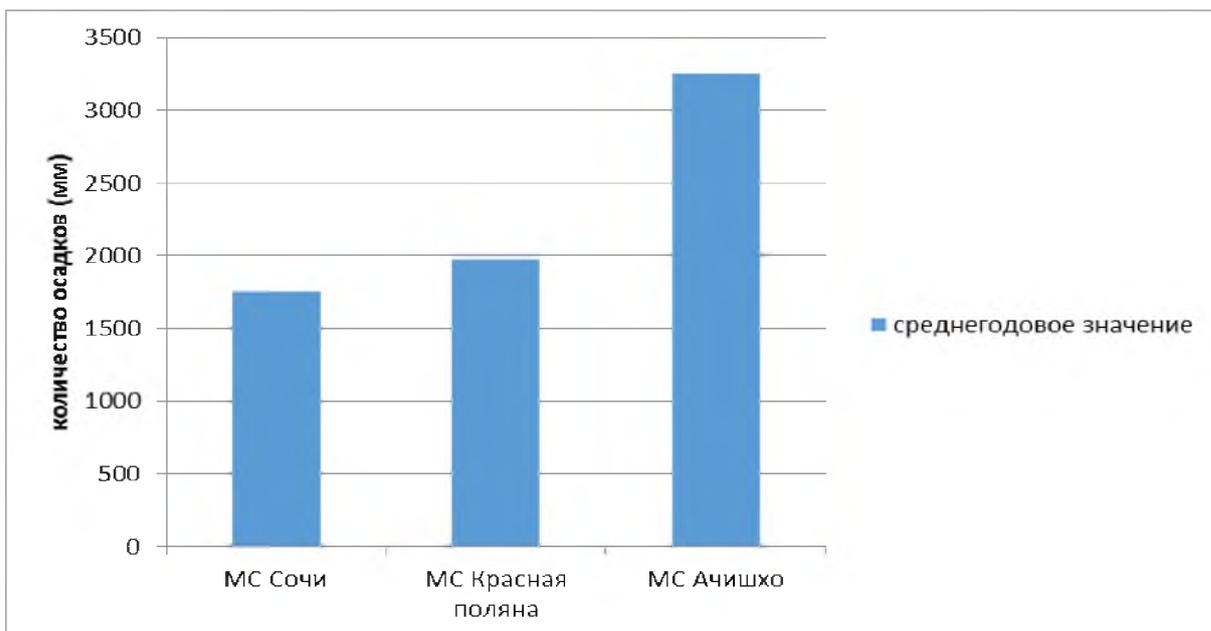


Рисунок 3.9 – Среднегодовое количество осадков по МС Сочи, МС Красная поляна, МС Ачишхо, мм

Проведенный в работе сравнительный анализ выявил, что с ростом абсолютной высоты местности количество осадков значительно увеличивается (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Среднемесячное количество осадков по МС Сочи, МС Красная поляна, МС Ачишхо, (мм)

| МС                | Среднегодовое значение | Высота над уровнем моря |
|-------------------|------------------------|-------------------------|
| МС Сочи           | 1755                   | 57м                     |
| МС Красная поляна | 1974                   | 566м                    |
| МС Ачишхо         | 3255                   | 1880м                   |

Наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в зимний период, в основном в виде твердых осадков.

Продолжительность выпадения осадков в среднем за год составляет около 1040 часов в районе Сочи, 1710 часов в Ачишхо. В течение года в Сочи число дней с осадками составляет 160 дней, а на МС Ачишхо 240.

## Заключение

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы:

Выпадение осадков в береговой зоне Черноморского побережья определяется главным образом орографическими особенностями.

Южное расположение района Сочи, наличие незамерзающего моря и отрогов Главного Кавказского хребта оказывают существенное влияние на режим осадков.

Интенсивность осадков растёт с ростом высоты гор и по мере перемещения фронтальных разделов к югу.

Отличительной особенностью холодной половины года в районе Большого Сочи является максимальное развитие циклонической деятельности, характеризующее продолжительными обложными осадками.

Район Сочи относится к территории с избыточным увлажнением. Среднегодовое количество осадков составляет около 1755мм, но в отдельные годы осадков выпадает более 2000 мм.

Для района побережья характерны периоды с обильными атмосферными осадками, которые сменяются продолжительными сухими периодами.

Общегодовая продолжительность выпадения осадков составляет в среднем около 1040 часов. В течение года в Сочи наблюдается в среднем 160 дней с осадками.

В высокогорной части (район Красной Поляны) огромное влияние на распределении атмосферных осадков в регионе оказывают горные системы, хребты которых ориентированы так, что они задерживают влагонесущие потоки воздуха. Вследствие этого, рассматриваемый район по количеству атмосферных осадков не имеет себе равных на всей территории России.

В холодный период, с ноября по апрель, сумма осадков составляет 1150 мм и 2005 мм соответственно, что составляет 58 и 62 % от годового количества осадков.

В тёплый период года, с мая по октябрь, выпадает 824 мм осадков в

районе МС Красная Поляна и 1250 мм в районе МС Ачишхо, что составляет 42 и 38 % от годового количества осадков.

Зимой на большей части изучаемой территории преобладают твёрдые осадки, причём преобладание твердых осадков очень существенно увеличивается с высотой. Наибольшее число дней с твёрдыми осадками наблюдается в январе-феврале.

Максимальное число дней с осадками наблюдается в зимнее время (декабрь-январь), их минимальное число зарегистрировано в июле – августе в районе МС Красная поляна, в мае на северных склонах горы Ачишхо.

Проведенный в работе сравнительный анализ выявил, что с ростом абсолютной высоты местности количество осадков значительно увеличивается.

Среднегодовое количество осадков в береговой зоне (Сочи) составляет около 1755 мм, в районе Красная Поляна составляет 1974 мм, наибольшая годовая сумма осадков – 3255 мм наблюдается в высокогорной зоне район Ачишхо.

## Список использованной литературы

1. Ансберг, Н.А. О тектоническом строении западной части Северного Кавказа // Вестн. Ленинградского ун-та. – 1955. – № 1. – С. 17-21
2. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 420 с.
3. Геращенко, И.Н. Проблемы рекреационного использования рек Причерноморья Краснодарского края // Наука и современность – 2014: сборник статей XXXIII Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Издательство ЦРНС. – 2014. – С. 30-35.
4. Геращенко, И.Н. Эколого-географические проблемы и рекреационное использование долинно-речных и аквально-прибрежных ландшафтных комплексов Российского Причерноморья // Сборник научных трудов «Географические исследования почв и ландшафтов для обеспечения рационального природопользования». – Белгород: Изд-во БелГУ. – 2008. – С. 122–134.
5. Городецкий, О.А., Гуральник, И.И., Ларин, В.В. Метеорология, методы и технические средства наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 280 с.
6. Гуральник, И.И., Дубинский, Г.П., Ларин, В.В., Мамикова, С.В. Метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 280 с.
7. Ефремов, Ю.В., Панов, В.Д., Лурье, П.М., Ильичёв, Ю.Г., Панова, С.В., Лутков, Д.А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей: монография. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007. – 543 с.
8. Иванченко, Т.Е., Панов, В.Д. Распределение атмосферных осадков на Большом Кавказе // Сб. работ Ростовской ГМО. – 1980. – Вып. 18. – С.125-133.
9. Лурье, П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 506 с.

10. Майорская, С.В., Раевский, А.Н. О соотношении фронтальных и внутримассовых осадков на территории Причерноморья // Труды Укр. НИГМИ. – 1967. – Вып. 67. – С. 115-117.
11. Мазин, И.П., Шметер, С.М. Облака, строение и физика их образования. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.
12. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
13. Материалы фонда ФГБУ СЦГМС ЧАМ. – Сочи, 2018. – 415 с.
14. Нагалецкий, Ю.Я., Чистяков, В.И. Физическая география Краснодарского края. – Краснодар: изд. «Северный Кавказ», 2003. – 256 с.
15. Навозова, Ф.В. Краснодарский край. – Краснодар: Краснодарское К. изд-во, 1995. – 280 с.
16. Саломатин, А.М., Серебренникова, О.П., Бахтин, А.И., Ткаченко Ю.Ю. Обзор стихийных явлений на территории Краснодарского края и Республики Адыгея за 1997 г. // Вестник КОРГО. – 1998. – Вып. 1. – С. 214-218.
17. Орехов, С.Я., Молодкин, П.Ф., Дугуян, Д.К. По Северо-Западному Кавказу. – Ростов, 1968. – 116 с.
18. Орлова, Е.М. Анализ и прогноз ливневых осадков //Труды ГМЦ. – 1971. – Вып. 82. – С. 112-119.
19. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 260 с.
20. Сергин, С.Я., Яйли, Е.А., Цай, С.Н., Потехин, И.А. Климат и природопользования Краснодарского Причерноморья. Монография. – СПб.: изд. РГГМУ, 2001. – 180 с.
21. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 540 с.
22. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 391 с.
23. Темникова, Н.С. Климат Северного Кавказа и прилежащих степей.

– Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.

24. Хромов, С.П., Петросянц, М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд - во московского ун-та, 2001. – 527 с.

25. Чупахина, В.М. Обзорная ландшафтная карта Северного Кавказа и Нижнего Дона / В. М. Чупахина, Т. А. Смагина // Географические исследования на Северном Кавказе и Нижнем Дону. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ. – 1973. – С. 84–92.