



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Режим осадков на территории Краснодарского Края»

Исполнитель Анищенко В.А.

Руководитель доктор географических наук профессор Дробышев А.Д.

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«___» _____ 2017 г.

Туапсе
2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1 Географическое положение и общая климатическая характеристика Краснодарского края	6
1.1 Рельеф Краснодарского края	6
1.2 Общая климатическая характеристика края	8
1.3 Водные объекты Кубани	12
Глава 2 Общие сведения об осадках.....	16
2.1 Приборы и методы наблюдения за осадками.....	16
2.2 Классификация осадков.....	24
2.3 Условия образования и типизация синоптических процессов.....	32
Глава 3 Особенности образования осадков на территории Краснодарского края	36
3.1 Распределение осадков по территории и во времени.....	36
3.2 Годовой и суточный ход осадков	42
Заключение.....	47
Список использованной литературы.....	49

Введение

Атмосферными осадками в метеорологии называют все виды воды, которые получает земная поверхность из атмосферы. Атмосферные осадки относятся к важнейшим метеорологическим и климатообразующим характеристикам, влияющим на все природные, биогенные процессы, а также практически на все виды человеческой жизнедеятельности.

Практически в любой местности или регионе планеты осадки очень изменчивы, как в распространении, так и во временной продолжительности, в интенсивности и других своих показателях. Особенно велика и сложна эта изменчивость в горной местности Краснодарского Края. Общая картина распределения осадков ещё более осложняется соседством Чёрного и Азовского морей с одной стороны и степей Предкавказья с другой, а также тем фактом, что регион находится на стыке умеренного и субтропического климатических поясов.

Актуальность выбранной темы выражается в том, что изучение режима, различных пространственных и временных характеристик осадков позволяет оценивать и прогнозировать возникновение условий, благоприятных для выпадения сильных осадков. В свою очередь это способствует предупреждению или уменьшению ущерба природно-хозяйственным объектам и уменьшению опасности жизни и здоровью людей от опасных явлений и чрезвычайных ситуаций, связанных с сильными осадками.

В связи со сложностью рельефа, географическим положением и особенностями циркуляции воздушных масс, на территории края возникают различного рода погодные аномалии, которые приводят к нарушению хозяйственной деятельности, опасным для жизни ситуациям, а иногда - к человеческим жертвам. Наводнения возникают на реках края из-за интенсивного весеннего таяния снегов и обильных осадков. В результате катастрофических подъемов воды затоплялись большие территории сельхозугодий, размывался верхний плодородный слой почвы, уничтожались

посевы. На части рек равнинной территории края и в настоящее время случаются наводнения, подтапливающие населенные пункты.

Объект исследования - атмосферные осадки на территории Краснодарского Края.

Предмет исследования – распределение осадков и пространственно-временная характеристика в регионе.

Целью работы является анализ и обработка многолетних данных о количестве выпавших осадков в Краснодарском крае, выявление тенденций и влияния региональных особенностей на выпадение их.

Задачи:

- рассмотреть климатические и рельефные особенности территории края;
- изучить процессы развития облачности и осадков;
- ознакомиться с основными приборами для измерения осадков применяемых на данной территории;
- проанализировать данные о количестве выпавших осадков на территории Краснодарского края и Черноморского побережья;
- провести сравнительный анализ среднего количества выпавших осадков;
- найти зависимость среднего суточного максимума осадков в зависимости от расположения станции и рельефа прилегающей территории;
- анализ межгодового хода осадков на примере нескольких станций;
- выявить синоптические ситуации, способствующие формированию и выпадению обильных осадков

Структура работы. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

В первой главе дипломной работы рассматривается географическое положение и общая климатическая характеристика Краснодарского Края.

Во второй главе общие сведения и способы образования осадков, их классификация и виды.

В третьей главе проводится анализ таблиц выпавших осадков на территории Краснодарского Края, их годовой и суточный ход.

Информационной и методической основой для выполнения работы являются научно-прикладные справочники по климату, учебники, монографии. Теоретической основой дипломной работы стали труды ведущих специалистов в области метеорологии таких, как Панов В.Д., Лурье П.М., Ефремов С.В., Погорелов А.В.

Общий объем работы составляет 49 страниц, содержит 7 рисунков и 5 таблиц.

Глава 1 Географическое положение и общая климатическая характеристика Краснодарского края

1.1 Рельеф Краснодарского края

Рельеф Краснодарского края - очень разнообразен. Больше половины всего рельефа края занимает Кубано-Приазовская равнина, связанная по своей природе с Русской равниной. На юге расположена другая часть края, занимающая менее одной трети поверхности, которая почти полностью входит в горную систему Кавказа.

Кубано-Приазовская равнина делится на три части:

1. Азово-Кубанская низменность располагается на севере от Кубани и занимает большую часть пространства Кубано-Приазовской равнины.

На востоке края расположена Ставропольская возвышенность, не относящаяся к горной системе Кавказа. На западе края находится Таманский полуостров, который, не относится ни к равнинной, ни к горной части Краснодарского Края (рис. 1).

Низменность имеет наклон к северу - в сторону Азовского моря. Характер рельефа Азово-Кубанской низменности не везде одинаков. В районе Ейска рельеф плоский, речного стока нет, высота над уровнем моря 10-20 м. В своей центральной части Азово-Кубанская низменность поделена реками и имеет волнистый рельеф. В восточной части высоты достигают 100-200 м, имеется большое количество долин небольших рек и балок, а так же верховья степных рек [13, с. 25].

2. Приазовская низменность располагается в дельтах крупных рек Кубани. Плоский рельеф, прибрежные части рек, как правило, заболочены. Большая их часть в настоящее время осушена или осушается. Приазовская низменность отличается от Азово-Кубанской низменности не только высотой и рельефом, но также своеобразными формами глинистых и песчаных почвенных отложений.

3. Прикубанская наклонная равнина расположена между долиной Кубани

на севере и горами на юге. Так же к территории Краснодарского края относится часть Ставропольской возвышенности [21].

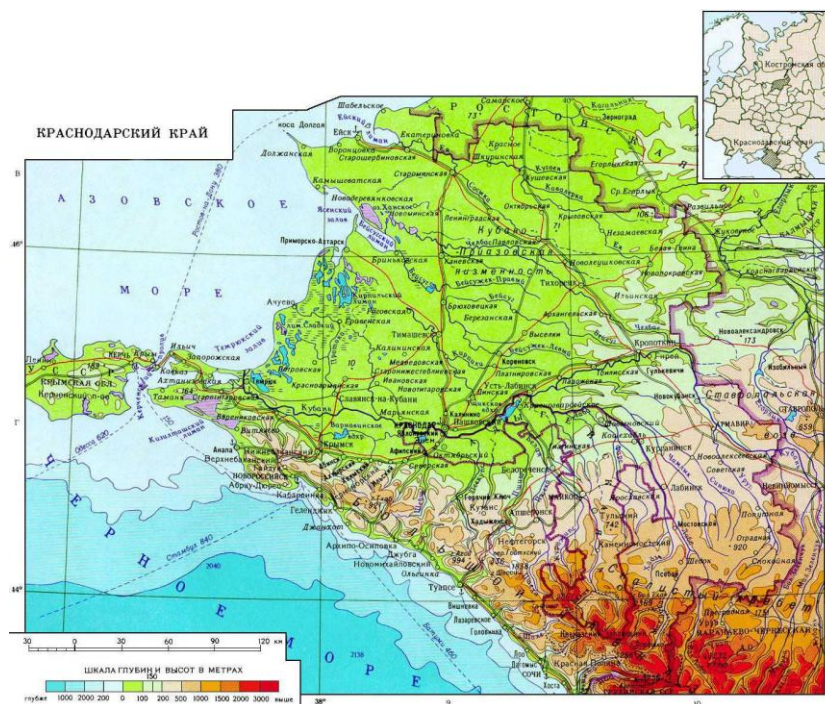


Рис. 1. Рельеф Краснодарского края [12, с. 5]

Горная цепь, образующая водораздел между северными и южными склонами начинается от горного массива Фишт. Между верховьями рек Мзымты и Малой Лабы, водораздельный хребет достигает наибольшей высоты.

На севере от Кавказского хребта, начинаясь у реки Белой и на востоке, за пределами края, расположен Передовой хребет. Его высшей точкой является гора Эльбрус (5663 м) - расположенная в Ставропольском крае [12, с. 6].

Хребет не имеет сплошной горной цепи, а состоит из крупных массивов. Между Передовым хребтом и Прикубанской равниной располагается широкая полоса невысоких гор и холмов. Эти горы наклонены к северу и имеют пологие склоны. В результате водной эрозии нередко образуются весьма крутые южные склоны. Подобного рода гряды и невысокие хребты называются куэстами.

Горная часть Краснодарского края и республики Адыгея относится к горной системе Большой Кавказ и его условному подразделению Западный Кавказ, который начинается своей северо-западной оконечностью у станицы Гостагаевская и замыкается высшей точкой Большого Кавказа г. Эльбрус. Так

же из Западного Кавказа часто выделяют Северо-западный Кавказ, простирающийся от западной оконечности Большого Кавказа до г. Фишт. Таким образом, Северо-западный Кавказ целиком и часть Западного Кавказа находится в пределах Краснодарского края и республики Адыгея.

Западный Кавказ является частью горной системы складчатого строения, осевая зона которой ориентирована с запад – северо-запада на восток - юго-восток. Являясь системой параллельных хребтов с асимметричным строением, Западный Кавказ увеличивается по высоте и ширине к юго-востоку. Северный макросклон длиннее и более пологий, чем южный.

В орографическом плане Западный Кавказ распадается на две части — северную и южную. Границей между ними является Главный хребет, который вместе с Боковыми хребтами северного и южного склонов составляет осевую зону.

Главный Кавказский Хребет не является единым образованием, а представляет собой систему блоков, смещённых друг относительно друга. Линия водораздела переходит с одного блока на другой, то в сторону северного макросклона – то в сторону южного, то есть происходит перехват истоков рек противоположными водосборами, что связано с неравномерными процессами роста и разрушения гор в осевой зоне. Это оказывает большое влияние на распределение атмосферных осадков и речного стока [2, с. 103-107].

1.2 Общая климатическая характеристика края

Климат в Краснодарском крае формируется тремя взаимосвязанными процессами: атмосферной циркуляцией, теплооборотом и влагооборотом.

Климатические условия Краснодарского края очень разнообразны. На территории региона сформировались 3 типа климата: умеренный (в степной зоне), субтропический (Черное море), горный (в горах Кавказа).

Солнечное излучение является решающим фактором в формировании климата. Приход солнечной радиации определяется количеством облачности,

углом падения солнечных лучей, продолжительностью дня и прозрачностью атмосферы. Радиационная обстановка Краснодарского края, в сравнении с другими регионами России, очень благоприятна [19, с. 12].

Продолжительность солнечного сияния в каждом из летних месяцев на плоской территории региона колеблется от 260 до 370 часов, несколько уменьшаясь в горных районах из-за увеличения облачного покрова и закрытости горизонта. Соотношение длительности фактически наблюдаемого солнечного света к возможному, в большинстве регионов региона летом составляет 60-80%, что близко к Средиземноморью. Типичным индикатором радиационного режима является количество дней без солнца, доля которых в году обычно составляет не более 13-20%, а подавляющая сумма приходится на ноябрь - март. Максимальное количество солнечных дней на всей территории региона - летом. В западных регионах Краснодарского края наблюдается повышенная частота облачной погоды зимой.

Годовые значения полного солнечного излучения, определяемого как сумма прямого и рассеянного излучения, составляют от 116 до 121 ккал / см², что указывает на преобладание облачной погоды на большей части территории региона. Доля рассеянного излучения зимой примерно в 1,5-2 раза выше, чем летом. Одним из наиболее значимых показателей является ежегодный радиационный баланс, который отражает объем приходов и расходов компонентов солнечной радиации. Краснодарский край находится в области положительных значений радиационного баланса в течение всего года, тогда как в подавляющей части России радиационный баланс в холодное время года отрицательный.

Температуры января колеблются от -4... -5 градусов в северных и северо-восточных границах, до -1° в северных предгорьях Кавказа. На Черноморском побережье температура в январе возрастает с северо-запада на юго-восток и колеблется от +1° в Анапе до +5° в Адлере. Минимальная температура была зафиксирована в северной части региона, -40°. Зимний температурный режим наименее стабилен. На равнинной части края оттепели часто чередуются с

морозами.

Летом перепады температур менее значительные. Средние температуры июля + 23...+24°, максимум температур в центральных районах +42 до+43°C.

В равнинной части края характерно постепенное уменьшение атмосферных осадков от побережья Азовского моря до Ростовской области. Среднегодовое количество осадков колеблется от 400 — 800 мм в равнинной части до 3200 мм в районе Красной Поляны, что является максимальным показателем для всей России. Засушливыми зонами края являются Анапский район и Таманский полуостров, количество осадков в этих районах составляет от 355 до 405 мм (рис. 2).

В районе Сочи с октября по январь выпадает большое количество осадков, максимум приходится на декабрь, а минимум осадков выпадает в июне. В течение года среднее количество дней с осадками — около 170 (от 9 дней в августе до 19 дней в декабре). Самым дождливым месяцем был январь 1892 года, когда выпало 615 мм осадков (при норме 179 мм). Самым засушливым месяцем был октябрь 1907 года, тогда осадков не наблюдалось вообще.

Нижняя облачность составляет 4,1 балла, общая облачность — 6,5 балла.

Облачность за год в среднем составляет 60 % с максимумом зимой и минимумом летом.

Воды Чёрного моря, как правило, не подвержены замерзанию. Температура воды не опускается ниже +8 °С

В Краснодарском крае различают два типа годового хода осадков. Это внутренний тип умеренного климатического хода (с зимним минимумом и летним максимумом) и средиземноморский тип (с зимним максимумом и минимумом в теплое время года).

Первый тип свойственен для северных и восточных районов региона, второй тип характерен для областей вблизи побережья Черного моря, где доля осадков, выпадающих в холодный период года равна 50 — 56%. На территории Азовского побережья и в западных предгорьях Кавказа характерно

максимальное количество осадков в летний и зимний периоды. В центральной части региона также наблюдаются декабрьские и июньские максимумы осадков [20, с. 35-37].

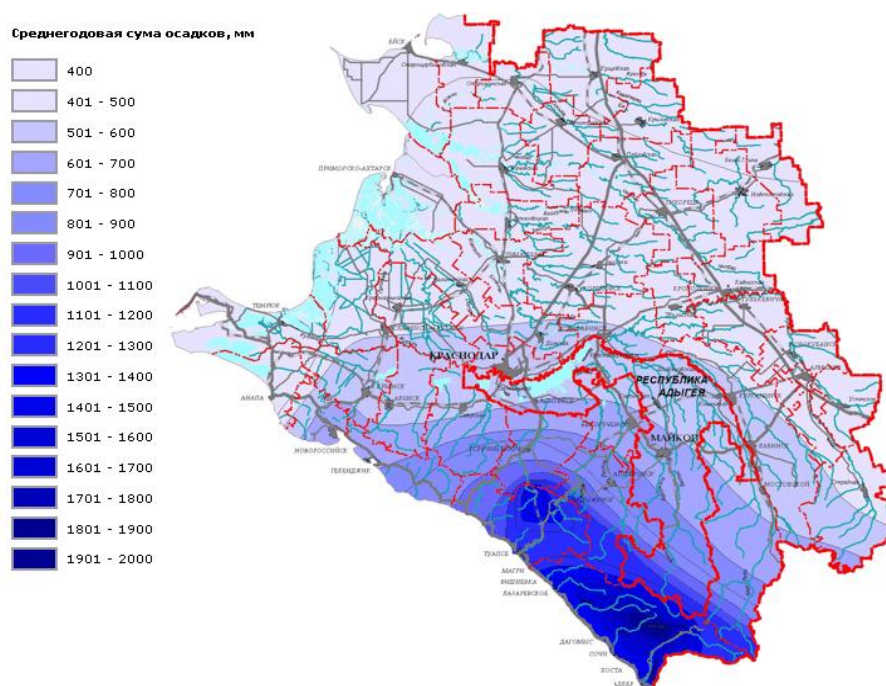


Рис. 2. Распределение осадков по Краснодарскому краю [6, с. 8]

В равнинной части нашего региона, как правило, устойчивый снежный покров не формируется и его средняя толщина не превышает 5-10 см. В горах, на высоте 1000 м, напротив, наблюдается устойчивый снежный покров с максимальной толщиной до 500 см. Влажность воздуха в крае сильно изменчива в разные сезоны. Засуха, особенно на побережье Черного моря, наблюдается редко и число таких дней составляет от 5 до 15 в год, а в равнинной зоне их количество увеличивается до 40 — 50.

Климатические условия Западного Кавказа складываются его расположением на границе двух климатических широтных зон: умеренного и субтропического, из-за особенностей радиационного режима и циркуляции атмосферы.

Горы большого Кавказа не позволяют продвигаться холодным воздушным массам с севера на юг и теплым с юго-запада и запада на северо-восток и восток. В горах создается местная циркуляция, в связи с чем на

Кавказе есть две умеренных и две субтропических области. Умеренный пояс: атлантико-континентальный степной и горный части (Северный склон, а южный только в западной части). Субтропический пояс включает предгорья южного склона и высоты до 1500 метров.

Циркуляция атмосферы. Основные особенности атмосферной циркуляции в регионе, находятся под влиянием общей циркуляции субтропической зоны высокого давления летом, западной ветвью сибирского максимума и исландского минимума зимой. В то же время атмосферные процессы в регионе во многом осложняются местными факторами: сложным рельефом большого Кавказа и наличием трех крупных водоемов, Черного, Азовского и Каспийского морей.

Большой Кавказ представляет собой естественный барьер для прохода различных систем. Таким образом, холодные воздушные массы, движущиеся с севера и достигающие большого Кавказа, сдерживаются и начинают обтекать его, оказываясь в Закавказье только из Черного или Каспийского морей, и редко с обеих сторон. Горный регион в случае такого вторжения остается своего рода в «теплом острове». Большой Кавказ мешает прохождению на северный склон и в Предкавказье, южных теплых воздушных масс. Отмечается только вторжение средиземноморских циклонов с помощью относительно невысоких горных хребтов Северо-Западного Кавказа. Сдержка горной системой воздушных масс приводит к их обострению перед орографическим барьером и увеличением количества облачности и осадков [1, с. 290].

1.3 Водные объекты Кубани

Водные объекты Краснодарского края относятся к водосборам Чёрного и Азовского морей. Большая часть территории расположена в пределах бассейна реки Кубани, на севере региона расположены бассейны степных рек, впадающих в Азовское море, на северо-востоке – незначительные части бассейна реки Дон, на юге – бассейны малых рек Чёрного моря [4, с. 33].

Речная сеть Краснодарского края представлена 7751 реками общей протяжённостью 29 125 км (густота речной сети 0,39 км/км²), бóльшая часть которых относится к малым рекам и ручьям. Большинство горных рек Краснодарского края относится к бассейну р. Кубани, в высокогорной зоне их речные долины носят ущелье- или каньонообразный характер, в нижнем течении все они выходят на Закубанскую равнину, сохраняя большие уклоны русла и быстрое течение. Горными являются и небольшие реки, стекающие с невысоких поднятий и низкогорий в долину Кубани, но не достигающих реки и формирующих заболоченные участки – Закубанские плавни, а также короткие реки Черноморского побережья. Маловодные степные реки текут по Кубанской равнине и впадают преимущественно в Азовское море или теряются в заболоченных территориях. Для рек Краснодарского края характерно смешанное питание, доля различных типов питания значительно изменяется по территории и зависит, прежде всего, от рельефа местности.

Для водного режима горных рек характерны значительное растянутое весенне-летнее половодье, максимум которого приходится на апрель–май, и дождевые паводки. Для степных рек – весеннее половодье с продолжительной низкой летней меженью, во время которой русла рек сильно мелеют, разделяются на разобщённые плёсы или пересыхают. Многие горные реки с быстрым течением в верховьях не замерзают. Главной рекой Краснодарского края является Кубань с притоками Лабой, Белой, Пшехой, Урупом и другими; крупными степными реками являются Ея и Бейсуг, среди рек черноморского побережья – Мзымта, Шахе, Псоу и другие. К водосбору р. Дон относятся реки бассейна Егорлыка – притока Дона второго порядка. Среди регионов федерального округа Краснодарский край занимает второе место по протяжённости (после Волгоградской области) и густоте (после Адыгеи) речной сети.

Среднемноголетний речной сток – 23 км³/год. В 2014 г. речной сток в Краснодарском составил 25 км³/год, что на 8,7% выше среднемноголетнего

показателя. Среди регионов федерального округа Краснодарский край занимает третье место по речному стоку в 2014 г. после Волгоградской и Астраханской областей.

По данным Института озероведения Российской Академии Наук на территории Краснодарского края расположено более 3,7 тыс. озёр и искусственных водоёмов общей площадью около 2,01 тыс. км² (озёрность 2,66%), в том числе около 950 озёр площадью более 0,01 км² и ряд озёр меньшего размера [18, с. 23].

По своему происхождению озёра относятся Краснодарского края относятся к пойменным, ледниковым, карстовым, обвальным, лагунным и другим типам. Вода многих озёр солёная или горько-солёная. Наиболее крупными из естественных водоёмов края являются лагуны и лиманы, расположенные у побережья Азовского моря. Пойменные озёра распространены преимущественно в долинах рек Кубанской равнины; карстовые озёра – на северных пологих склонах куэст Скалистого, Пастбищного и Лесистого хребтов. Крупнейшим естественным водоёмом Краснодарского края является Бейсугский лиман площадью 272 км², представляющий собой затопленную морем устьевую часть реки Бейсуг, отделённую от Азовского моря песчано-ракушечной Ясенской косой. Крупнейшим искусственным водоёмом – Краснодарское водохранилище на р. Кубани на границе с Республикой Адыгеей.

Две группы лиманов в дельте Кубани – между р. Кубанью и р. Протокой и Ахтаро-Гривенская группа лиманов – включены в список водно-болотных угодий международного значения Рамсарской конвенции. Среди регионов федерального округа Краснодарский край занимает второе место по площади озёр и искусственных водоёмов после Волгоградской области и третье место по озёрности после Республики Адыгеи и Волгоградской области.

Болота и заболоченные земли занимают 2,4% территории Краснодарского края – 1809 км². Среди регионов федерального округа Краснодарский край занимает первое место по общей площади болот и заболоченных земель и по

заболоченности территории.

Площадь и число озёр и искусственных водоёмов, болот и заболоченных земель непостоянны. Они зависят от природных (водный режим, климатические явления, заболачивание и др.) и антропогенных (осушение или обводнение территорий, создание новых и ликвидация существующих искусственных водоёмов и др.) факторов [10, с. 34].

Глава 2 Общие сведения об осадках

2.1 Приборы и методы наблюдения за осадками

Все характеристики осадков выпавших в Краснодарском крае, получены на основе наблюдений по осадкомеру Третьякова, функционирующему на сети с 1950-х годов и по настоящее время. При измерении осадков возникает несколько видов систематических ошибок. Это потери собранных осадков на смачивание ведра осадкомера и испарения осадков во времени между окончанием дождя и времени измерения, а так же погрешности прибора, связанные с воздействием ветра.

При измерении количества осадков используется метод, состоящий в измерении толщины слоя воды, который будет образован на горизонтальной поверхности при отсутствии инфильтрации, стока и испарения.

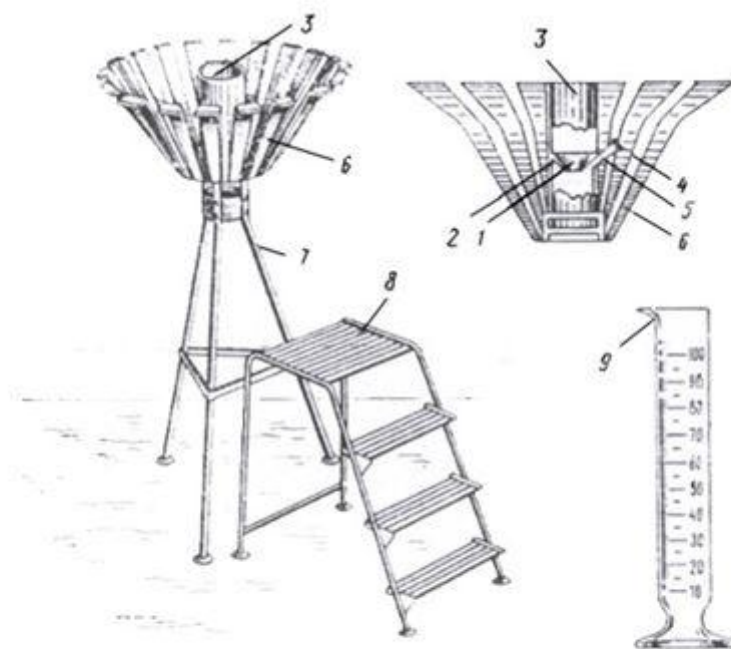
Атмосферные осадки в зависимости от их фазовых состояний подразделяются на следующие группы: жидкие – дождь и роса; твердые – снег, град, крупа, иней и лед и смешанные. Количество осадков измеряется с точностью до 0,1 мм высоты слоя воды.

Форма осадков определяется визуально. На некоторых станциях можно проверить количество и скорость выпадения (интенсивность) жидких осадков с помощью плювиографа.

Осадкомер Третьякова (рис. 3) применяют для измерения количества падающих на горизонтальную поверхность жидких и твердых осадков. Он состоит из двух специальных сменных ведер, с калиброванным отверстием поперечного сечения 200 см^2 , высотой 40 см и защитой от ветра. Осадкомер устанавливается на столбе так, что бы верхняя часть ведра находилась на высоте 2 м.

Количество осадков измеряется два раза в день, независимо от того, выпадали осадки или нет. Затем рассчитывается количество осадков за день. Измерение заключается в том, что наблюдатель берет второе пустое ведро на станции и заменяет его.

Закрыв его крышкой, наблюдатель приносит ведро осадкомера в здание и измеряет количество осадков с помощью мерного стаканчика. Цена деления измерительного стакана 2 см^3 , так что одно деление стакана соответствует $0,1 \text{ мм}$ осадков ($2 \text{ см}^3/200 \text{ см}^2 = 0,01 \text{ см}$), а стакан имеет сто делений [22].



1 — воронка; 2 — диафрагма; 3 — ведро; 4 — колпачок;
5 — носик; 6 — планочная защита; 7 — подставка; 8 — лестенка

Рис. 3. Осадкомер Третьякова [20, с. 15]

Осадкомер Третьякова О-1 состоит из сосуда для сбора осадков, ветровой защиты и мерного стаканчика. Обтекатель предназначен для снижения турбулентности образующегося ветра вокруг осадкомерных сосудов. Турбулентность мешает свободному попаданию осадков внутрь сосуда, что приводит к ошибкам измерения. Количество осадков в сосуде измеряется с помощью специального мерного стаканчика.

В комплект осадкомера входят два сменных ковша (сосуда), один колпачок на ведро, таган для установки ведра, планочной защиты и двух измерительных стаканов. Ведро для осадков состоит из металла, высотой 40 см , и приемным отверстием 200 см^2 . Верхний край ковша, усиленный с жестким кольцом, которое защищает площадь приемного отверстия [14, с. 13].

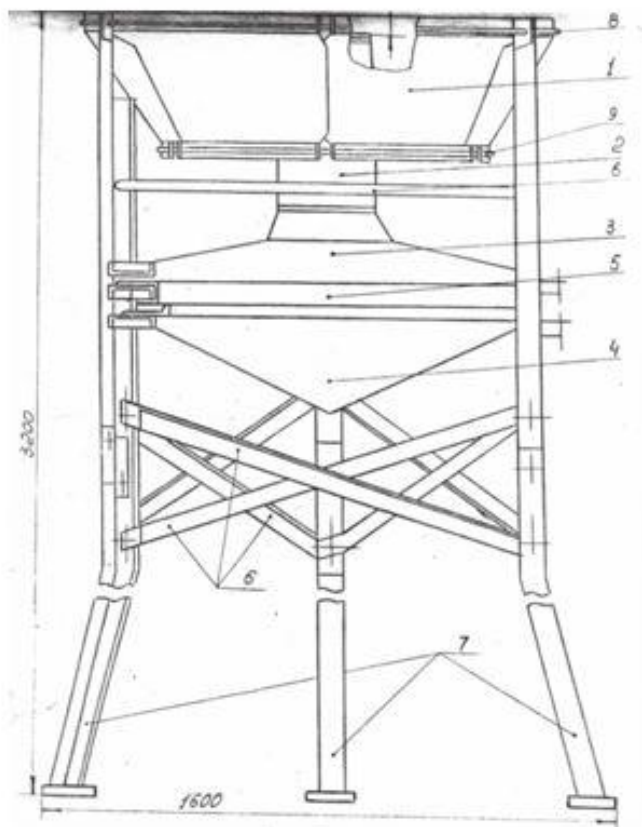
Внутри ведра присутствует диафрагма. Летом для уменьшения испарения осадков из ведра (погрешность измерения) в отверстие вставляется воронка с небольшим отверстием. Ведро имеет носик для слива собранных осадков, которое закрывается крышкой. Ведро ставится в таган, а он крепится к столбу или подставке. Ветровой щит изготовлен из 16 трапециевидных изогнутых реек, подвешенных на металлическом кольце с помощью четырех (трех) кронштейнов. Бретельки расположены на равном расстоянии друг от друга и скреплены между собой цепями. Это крепление позволяет им качаться на ветру. Верхняя часть рейки должна быть в одной горизонтальной плоскости с приемной поверхностью датчика.

Если осадки твердые или смешанные, то измерения производят только после того, как они полностью растают. Ускорять таяние нагревом ведра запрещается — это приводит к погрешности из-за испарения части осадков. Если к моменту передачи данных об осадках твердые осадки не растаяли, то их количество можно определить путем взвешивания на весах с точностью 1–2 г или с помощью весов снегомера. Поэтому каждое ведро должно быть заранее взвешено (и его масса нанесена краской на сосуде), и масса каждого ведра периодически проверяется. Полученное количество осадков включается в телеграмму. Однако после того, как осадки растаяли, их количество обязательно измеряется стаканом осадкомера [14, с. 11].

Осадкомер суммарный М-70 (рис. 4). Рассчитан для сбора и измерения количества осадков в течение длительного времени. Датчик состоит из приемной трубы цилиндра (площадь загрузочного отверстия 500 см^2), ламинарного ветрового щита, танка (емкость для хранения воды) и основания (подставкой).

Приемный цилиндр имеет калиброванное отверстие, через которое осадки свободно попадают в бак. Верхняя часть приемного цилиндра окружена свободно подвешенным к столбам конусной ветрозащиты (его верхняя кромка находится в одной горизонтальной плоскости с краем приемного цилиндра). Приемный цилиндр фиксируется в отверстие фланца бака. Водохранилище

состоит из двух взаимосвязанных частей: верхний и съемный нижний конус. Основание датчика (стенд) состоит из металлических стоек. Имеется окно, которое плотно закрывает клапан. Он используется для извлечения осадков при измерении [23].



1 - пластинчатая защита; 2 - приемный цилиндр; 3 - крышка; 4 - резервуар; 5 - осадкосборник; 6 - распорки; 7 - стойка; 8,9 – кольцо

Рис. 4. Осадкомер суммарный М-70 [20, с. 17]

Регистрация интенсивности осадков. Непрерывная регистрация осадков позволяет определить их количество и интенсивность за любой промежуток времени. Применяемый на сети pluviограф может регистрировать только жидкие осадки. Количество осадков регистрируется с точностью $\pm 0,1$ мм, а время — ± 1 мин. (что при последующей обработке дает возможность вычислять интенсивность осадков до $0,01$ мм/мин.). Плувиограф П-2 (рис. 5) смонтирован в металлическом кожухе цилиндрической формы.

Приемником служит сосуд с приемной площадью 500 см^2 .



Рис. 5. Плувиограф П-2 [20, с. 19]

Конусообразная нижняя часть повернута вниз, а верхняя часть имеет несколько отверстий для стока воды. Припаянная к нижней части сливная трубка, в которую вставляется воронка, идет из поплавковой камеры, укрепленной винтами. Внутренность камеры представляет собой металлический поплавок с вертикальным штоком, выходящим из крышки камеры и проходящим через L-образный кронштейн (крепится на крышку). На стержень с прокладками прикреплена игла, упирающаяся в загон. На боковой части камеры имеется трубка, которая с помощью латунной втулки вставляется в стеклянный сифон для слива осадков. На крышке поплавковой камеры укреплен принудительный слив. Он обеспечивает пуск слива воды строго на определенном уровне заполнения камеры, независимо от интенсивности осадков [24].

Люминесцентные датчики - в основе действия лежит принцип анализа люминесцентной частоты оптического луча с использованием имеющейся зависимости люминесцентной частоты от размера частиц и скорости их перемещения в оптическом луче. Такие датчики предназначены для обнаружения осадков. Они распознают дождь и снег, но очень слабые осадки не определяют. Порог обнаружения жидких осадков составляет 0,25 мм/ч. При

совмещении люминесцентного датчика с акустическим, обеспечивается идентификация града и ледяной крупы.

Такие датчики используются в автоматизированных метеорологических измерительных системах ASOS (США).

Работа оптических датчиков основана на принципе рассеивания света в атмосфере. Эти датчики не только измеряют метеорологическую оптическую дальность (MOR), но также обнаруживают и распознают некоторые виды гидрометеоров. Датчики такого типа выпускаются многими производителями.

В первый из них входит датчик прямого рассеивания, который измеряет размеры и скорость частиц, находящихся в зондируемом объеме атмосферы, и по результатам измерений формирует таблицу распределения частиц по размерам и скорости. Таблица анализируется с целью определения вида гидрометеора. Хотя датчик предназначен для обнаружения дождя, слабые осадки часто не обнаруживаются, а дождь и снег обнаруживаются и распознаются достаточно хорошо. При смешанных осадках, слабом снегопаде и метели датчик отмечает дождь вместо снега. При этом составленная таблица, характеризующая гидрометеоры, очень отличается от теоретической.

Другой датчик атмосферных явлений, изначально предназначенный для измерения MOR, дополнительно оснащен детектором осадков и датчиком температуры. Он обеспечивает более надежное и достоверное распознавание атмосферных явлений по сравнению с первым. Малый объем оптического рассеивания позволяет обнаружить отдельные частицы гидрометеоров, а детектор осадков с емкостной сеткой и датчик температуры обеспечивают распознавание вида осадков (жидкие или твердые) и даже позволяют определять интенсивность выпадающих осадков.

В качестве примера датчика атмосферных явлений, основанного на принципе измерения прямого рассеяния, ниже представлен идентификатор погоды FD12P, который обеспечивает автоматическое распознавание до десяти видов осадков и пяти видов атмосферных явлений, ухудшающих видимость.

Микроволновый радиолокатор (Канада) представляет собой

бистатический рентгеновский радиолокатор вертикального зондирования. Излучаемый радиолокатором сигнал отражается частицами и подвергается смещению в соответствии со скоростью падения. Скорость падения частиц зависит от их массы: скорость падения снежинок меньше, чем капель дождя или льдинок. Интенсивность сигнала зависит от типа частиц и их числа, что позволяет распознавать дождь, снег, ледяную крупу, однако морось не распознается.

Vaisala AMK VRG101 – автоматический комплекс регистрации жидких осадков, который обеспечивает более высокое качество измерений в сочетании с более высокой продолжительностью работы комплекса во всех погодных условиях. Производительность VRG101 намного эффективнее в самых неблагоприятных погодных условиях по сравнению с обычными датчиками осадков.

Принцип измерения основан на высокой точности, температурной компенсацией технологии тензодатчика. Форма комплекса является нечувствительной к эксцентричным нагрузкам, это означает, что несимметричное распределение снега в сборном ведре не вносит ошибки в измерения. Другим источником погрешностей является налипание мокрого снега на внутренней стенке калибровочной воронки. В конструкции VRG101 эта проблема решается путём использования специального элемента на верхней части контейнера для сбора осадков. Таким образом, вся вода и снег на ее поверхности входят в измеренную массу. Большая площадь сбора и расширенный объем контейнера и улучшенная геометрия ведёт к повышению производительности измерений даже в небольшой дождь и снегопад [25].

При проектировании особый акцент был сделан на простоту обслуживания и увеличения интервалов технического обслуживания. Навесная верхняя часть и съемная дверца кожуха обеспечивают удобный доступ для технического обслуживания или добавления антифризов, а также легкое удаление контейнера для сбора осадков. Блок электроники, в том числе динамометр является съемным.

Потеря данных сведена к минимуму, поскольку нет никакой необходимости транспортировать весь датчик в лабораторию для калибровки. При необходимости, проверка на месте может быть сделана с помощью калибровки весов. Широкий выбор дополнительных функций повышает производительность и увеличивает интервалы технического обслуживания.

Программное обеспечение калибровки использует передовые алгоритмы для фильтрации шумов, паразитных сигналов (вибрация ветра, механические воздействия и т.д.), а также для компенсации испарения. Полные исходные данные (вес контейнера) также доступны, например, для исследовательских целей.

Выходы включают конфигурируемые RS232 и RS-485 линии и импульсный выход.

Дисдрометр – датчик для анализа пространственного распределения гидрометеоров в контролируемой среде. В основном применяется в метеорологии, для того, чтобы определить размер, скорость количество и другие параметры осадков. Некоторые дисдрометры могут отличать капли дождя, снег и град, и др.

Дисдрометры ударного типа – деятельность базируется в измерении кинетической энергии дождевых капель, падающих на ударный датчик.

Размер ударных импульсов, образующихся от влияния капель на горизонтальную восприимчивую область, преобразуется в электрический импульс и обрабатывается микропроцессорным блоком.

Из недостатков ударных дисдрометров можно выделить чувствительный элемент инерции и трудность измерения маленьких капель, что обуславливает некоторые интервалы времени, когда система теряет чувствительность после удара капли. Как следствие возможны упущения отдельных капель.

Цифровые дисдрометры применяют в качестве восприимчивого элемента - струнные датчики. Струнный прибор представляет собой набор нетолстых проволочек, натянутых параллельно друг другу, при этом четные и нечетные строки имеют противоположные электрические потенциалы.

Подобное решение дает возможность фиксировать размер капель посредством подсчета количества короткозамкнутых строк и записью этого числа в регистр выхода электронного счетчика импульсов, с целью дальнейшей цифровой обработки.

Главным преимуществом этого устройства является легкость конструкции датчика, однако легкость в таком случае ограничивает возможность регистрации капель незначительного размера и не допускает деформации капель.

Оптические дисдрометры для анализа с использованием микроволнового излучения или лазеров, которые дают возможность измерить количество и размер капель, которые прошли между датчиками, и даже в случае снегопада регистрировать отдельные снежинки. Некоторые оптические приборы могут записывать и обрабатывать видео данные гидрометеоров, летающих в пределах диапазона датчиков [3, с. 57-59].

2.2 Классификация осадков

В зависимости от физических условий образования (по генетическому признаку) осадки подразделяют на три вида:

- **обложные осадки.** Выпадают из облаков упорядоченного восходящего движения (слоисто-дождевых и высокостроистых), связанных с фронтами.

Со скоростью 2,5 мм/ч, слабый дождь выпадает вне зависимости от поры года при плюсовой температуре в умеренных и высоких широтах из тёмных высоко-слоистых, слоисто-дождевых и кучево-дождевых облаков.

Если осадки данного типа продолжительны, то они довольно часто вредят природе: влажность в атмосфере сильно увеличивается, а растения из-за перенасыщения влагой начинают гнить.

Они обуславливаются умеренной, мало меняющейся интенсивностью, окружают большие площади и могут постоянно, либо с короткими интервалами длиться в течение нескольких часов и в том числе десятков часов.

В области, захваченной фронтальной облачной системой, осадки отмечаются в абсолютно всех либо в основной массе станций и суммы осадков на отдельных станциях не слишком сильно отличаются одна от другой. Максимальный процент в совокупном числе осадков в умеренных широтах составляют непосредственно обложные осадки (рис. 6).



Рис. 6. Виды осадков [3, с. 36]

- **ливневые осадки.** Выпадают из кучево-дождевых облаков, связанных с конвекцией, в тропиках могут выпасть из мощных кучевых облаков. Они отличаются внезапностью начала и окончания выпадения, внезапными колебаниями интенсивности и относительно коротким сроком. Обычно они занимают небольшую площадь. В летний сезон, и осеннее время ливень в некоторых случаях выпадает с градом. Летние ливни часто сопровождаются грозами. В зимний период, сопровождается сильным снегопадом, состоящим из больших хлопьев снега. В переходное время года могут возникнуть обильные осадки снега или ледяной крупы одновременно со снегом или дождем. Провальные дожди зачастую характеризуются высокой интенсивностью, однако могут быть и низкой интенсивности, например, состоять из небольшого

количества очень крупных капель, вплоть до отдельных кучево-дождевых облаков.

Их сравнительно небольшая продолжительность объясняется тем, что они связаны с отдельными облаками или узкими зонами облаков. В холодной воздушной массе, движущейся над теплой земной поверхностью, ливневый дождь в каждом конкретном пункте иногда продолжается всего несколько минут. При местной конвекции летом над сушей, когда неустойчивость атмосферы существует в течение всего дня и кучево-дождевые облака непрерывно образуются, или при прохождении фронтов ливни иногда продолжаются часами. По наблюдениям в США, средняя площадь, одновременно захватываемая одним и тем же ливневым дождем, около 20 квадратных километров [16, с. 24].

Внутримассовые обильные ливневые осадки наиболее подвержены местным влияниям и имеют большой суточный ход. Они могут остановиться в вечернее время (над землей) и возобновиться на следующий день, если неустойчивость и содержание влаги в воздушной массе остаются.

- морозящие осадки. Это внутримассовые осадки из слоистых, слоисто-кучевых облаков, типичных для теплых или местных стабильных воздушных масс. Умеренные дожди со скоростью от 2,5 до 8 мм/ч осадков продолжаются недолго, от нескольких часов до двух дней, их количество минимально, поэтому дождь не оказывает на природу негативное воздействие. Вертикальные масштабы этих облаков невелики, по этой причине в теплый сезон осадки могут выпадать из них только посредством взаимного слияния капель. Выпадающие жидкие осадки - состоят из очень мелких капель. Зимой, при низких температурах такие облака могут содержать кристаллы.

Как правило, морозящий дождь не дает существенного суточного количества влаги. Зимой он не значительно увеличивает снежный покров. Только лишь в специальных условиях, к примеру, в горах, дождь может быть более интенсивным и обильным [11, с. 40-44].

Дождь - образуется при конденсации водяного пара, который собирается

в облака, преобразующиеся в тучи, из которых на поверхность земли выпадают капли воды. Это явление – следствие и составная часть круговорота воды в природе. С поверхности водоемов, почвы и растений вода испаряется, попадает в атмосферу, где впоследствии и происходит образование дождевых туч, которые перемещаются воздушными потоками в разных направлениях и выпадают совсем не там, где образуются первичные облака. В процессе круговорота воды в природе происходит циклическое перемещение воды в земной атмосфере. В это цикл входит испарение, конденсация и осадки. Интенсивность испарения зависит от температурного фактора, влажности и скорости перемещения воздушных потоков – ветра. Атмосферный водяной пар по большей части поставляется из теплых областей – океанических тропиков и субтропиков. Толщина слоя выпавшей дождевой воды обычно измеряется в миллиметрах: один миллиметр слоя воды равен одному килограмму капель дождя, выпавшем на одном квадратном метре (показатель интенсивности осадков обычно колеблется от 1,25 мм/ч до 100 мм/ч). Учитывая объём осадков, который выпадает за определённый период времени, различают слабый, умеренный и проливной дождь. В среднем обновление водяного пара в атмосфере происходит раз в 10 дней. По мере продвижения насыщенного влагой воздуха в верхние слои атмосферы он охлаждается и расширяется за счет понижения давления. Далее происходит конденсация, образуются мельчайшие капельки, слагающие облака. Внутри облаков капли постоянно перемещаются, движутся вниз, увеличиваются в размерах и, в конце концов, могут выпасть на землю в виде дождя. Интересно, что чем крупнее капли осадков, тем сильнее дождь, но обычно он довольно быстро проходит. Скорость выпадения таких осадков может составлять от 9 до 30 м/с (обычно это характерно для летнего или весеннего дождя). А вот если капли дождя окажутся мелкими, то такие осадки могут идти несколько дней и даже недель – до земли вода летит «неторопливо», на скорости от 2 до 6,6 м/с, что характерно для осенних дождей. При этом капли, находящиеся в верхней части облака могут оставаться жидкими даже при температуре ниже 0° С, они пребывают в

переохлажденном состоянии. Такие капли при определенных обстоятельствах могут преобразовываться в снежинки и выпадает снег, но если достаточно тепло, то до земли эти снежинки долетают уже в виде дождевых капель. Дождь в основном состоит из капель диаметром 0,5-6 мм. Капли более значительных размеров при падении разбиваются на части. В ливневых дождях величина капель больше, чем в обложных, особенно в начале дождя.

Морось - жидкие осадки в виде весьма небольших капель (диаметром менее 0,5 мм), как бы парящих в воздухе. Сухая поверхность намокает медленно и равномерно. Осаждаясь на поверхность воды, не формирует на ней расходящихся кругов.

Выпадают морозящие осадки из облаков, находящихся на небольшой высоте, 1-2 километра (слоистые и слоисто-кучевые облака), а иногда из тумана. В этом случае капли настолько малы, что как такового дождя не наблюдается. Может показаться, что воздух просто настолько влажный, что одежда промокает. Происходит так потому, что капли мороси очень мелкие и лёгкие. Они падают на земную поверхность очень и очень медленно [17, с. 28-32].

Переохлаждённая морось - жидкие осадки в виде очень мелких капель (диаметром менее 0,5 мм), как бы парящих в воздухе, выпадающие при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0...-10°, иногда до -15°) - оседая на предметы, капли смерзаются и образуется гололёд. Переохлаждённая морось выпадает из слоистых облаков или тумана.

Снег - твердые осадки, состоящие из сложных ледяных кристаллов (снежинок). Снег образуется, когда микроскопические капли воды в облаках притягиваются к пылевым частицам и замерзают. Появляющиеся при этом кристаллы льда, не превышающие поначалу 0,1 мм в диаметре, падают вниз и растут в результате конденсации на них влаги из воздуха. При этом образуются шестиконечные кристаллические формы. Из-за структуры молекул воды между лучами кристалла возможны углы лишь в 60° и 120°. Основной кристалл воды имеет в плоскости форму правильного

шестиугольника. На вершинах такого шестиугольника затем осаждаются новые кристаллы, на них — новые, и так получаются разнообразные формы звёздочек-снежинок. Звезды получаются из шестиугольных пластинок, потому что сублимация водяного пара наиболее быстро происходит на углах пластинок, где и нарастают лучи. На этих лучах, в свою очередь, создаются разветвления.

Ливневый снег - снег ливневого характера. Отличается внезапными колебаниями горизонтальной видимости от 5-10 км до 2 км (а порой до 100-200 м) от нескольких минут до получаса (снежные «заряды»).

Дождь со снегом – осадки, выпадающие в виде смеси капель и снежинок, являются смешанными осадками. Если дождь со снегом выпадает при отрицательной температуре воздуха, частицы осадков намерзают на поверхностях, образуя гололёд.

Снежная крупа - это твердые осадки ливневого характера, выпадают при температуре воздуха около нуля и имеют вид непрозрачных белых крупинок диаметром 1-5 мм. Нередко выпадает перед ливневым снегом или одновременно с ним. Снежная крупа имеет снегоподобное строение: крупинки легко сжимаются пальцами.

Ледяная крупа - это осадки, выпадающие при температуре воздуха от -5 до $+10^{\circ}$ в виде прозрачных (или полупрозрачных) ледяных крупинок диаметром 1-3 миллиметров; в центре крупинок - непрозрачное ядро. Крупинки достаточно твёрдые, при падении на твёрдую поверхность отскакивают. В ряде случаев крупинки могут быть покрыты водяной плёнкой (либо выпадают вместе с капельками воды), и в случае если температура воздуха ниже нуля, то падая на предметы, крупинки смерзаются, и образовывается гололёд.

Снежные зерна - это небольшие крупинки с диаметром меньше 1 миллиметра, похожие на манную крупу. Выпадают из слоистых или слоисто-кучевых облаков в малом количестве, зимой вместо мороси.

Снежные иглы - выпадают в зимнее время при низких температурах из облаков нижнего либо среднего яруса. Это - осадки, состоящие из ледяных

кристаллов в варианте гексагональных призм и пластин без разветвлений. При существенных морозах подобные кристаллы могут возникать в воздухе вблизи земной поверхности. Они в особенности хорошо заметны в солнечный день, когда сверкают собственными гранями, отражая солнечные лучи. Из аналогичных ледяных игл состоят облака верхнего яруса.

Ледяной дождь - осадки, состоящие из безцветных ледяных шариков (замерзших в атмосфере капель дождя) диаметром 1-3 миллиметра. Их выпадение явно свидетельствует о присутствии температурной инверсии. Где-то в атмосфере имеется слой воздуха с положительной температурой, в котором выпадающие сверху кристаллы расплавились и превратились в капли, а под ним - слой с отрицательной температурой, где капли замерзли.

Иней. Представляет собой тонкий слой кристаллического водного льда различной мощности, нарастающего при отрицательной температуре почвы на поверхности земли и наземных предметах. Кристаллы инея при слабых морозах имеют форму гексагональных призм, при умеренных — пластинок, а при сильных — тупоконечных игл.

Иней образуется путём десублимации водяного пара из атмосферы на поверхности почвы, травы, снежного покрова, а также на открытых поверхностях предметов в результате их охлаждения до низких температур, более низких, чем температура воздуха.

Роса - это мелкие капли воды, обычно оседают на почве, растениях, при наступлении утренней или вечерней прохлады.

При охлаждении воздушной массы, водяной пар осаждаётся около земли и превращается в капли воды. Обычно это происходит ночью, при довольно сильном охлаждении нижних слоев воздуха, когда после заката солнца поверхность земли стремительно охлаждается. Благоприятными условиями для этого являются чистое небо и покрытие поверхности, легко излучающее тепло, например трава. Очень сильное выпадение росы происходит в тропиках, где воздух содержит много водяного пара, а ночью из-за интенсивного теплового излучения земли существенно охлаждается. При отрицательных температурах

образуется иней. Температура, до которой должен охладиться воздух, когда в нем водяной пар достиг насыщения паров воды, называется точкой росы.

Гололёд - слой, образующегося на поверхности земли, растениях, проводах, предметах, льда из-за замерзания частиц осадков, при соприкосновении с поверхностью, имеющей отрицательную температуру. Гололед образуется при температурах воздуха от 0 до -10° (иногда до -15°),

Гололедица - слой бугристого льда или обледеневшего снега, образующийся на поверхности земли вследствие замерзания талой воды, когда после оттепели происходит понижение температуры воздуха и почвы (переход к отрицательным значениям температуры). В отличие от гололёда, гололедица наблюдается только на земной поверхности, чаще всего на дорогах, тротуарах и тропинках. Сохранение образовавшейся гололедицы может продолжаться много дней подряд, пока она не будет покрыта сверху свежес выпавшим снежным покровом или не растает полностью в результате интенсивного повышения температуры воздуха и почвы

Туман - явление, при котором конденсация паров может начаться около поверхности земли и влага выделяющаяся в виде весьма мелких капелек держится в воздухе во взвешенном состоянии.

Град – осадки, выпадающие в летний сезон, в жаркую погоду из кучево-дождевых облаков вместе с ливневым дождем, в виде кусочков льда шарообразной или неправильной формы (градин) диаметром от нескольких миллиметров. В отдельных случаях масса градин превышает 300 г. Град состоит из белого матового ядра и далее из последовательных прозрачных и мутных слоев льда.

В течение своего образования, вид и размеры градин меняются, что обуславливается многократным движением то вверх, то вниз сильными токами конвекции. Градины наращивают свои размеры, в результате столкновения с переохлажденными каплями. В нисходящих токах градины спускаются в слои с положительными температурами, где обтаивают сверху, затем в восходящих потоках они снова поднимаются вверх и замерзают с поверхности и т.д.

Для создания градин необходима большая водность, поэтому град выпадает только в теплое время года при высоких температурах у земной поверхности. Часто град выпадает в умеренных широтах, а с наибольшей интенсивностью - в тропиках. В полярных широтах град не наблюдается. Отмечены случаи, когда град долго лежал на земле слоем в несколько десятков сантиметров. Град часто вредит посевам и уничтожает их (градобития). В отдельных случаях от него могут пострадать животные и даже люди [9, с. 90-97].

2.3 Условия образования и типизация синоптических процессов

Атмосферные осадки — вода в капельножидком и твердом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся непосредственно из воздуха на поверхность Земли и предметов в результате конденсации водяного пара, находящегося в воздухе. Атмосферные осадки - это также количество выпавшей воды в определенном месте за определенный промежуток времени (обычно измеряется толщиной слоя выпавшей воды в мм). Величина атмосферных осадков зависит от температуры воздуха, циркуляции атмосферы, рельефа, морских течений. Осадки выпадают в жидком (дождь, морось) и твердом (снег, крупа, град, ледяные иглы, снежные зерна) виде. Непосредственно из воздуха выделяются роса, иней, жидкий налет, твердый налет, изморозь. Осаждение переохлажденного дождя, мороси, тумана на земной поверхности и предметах дает гололед. К осадкам следует причислить и различные виды обледенения самолетов. Употребляется также термин гидрометеоры [7, с. 95].

Условия образования облачности и осадков в Краснодарском крае очень разнообразны как в различные сезоны года, так и в разных районах территории края.

В синоптическом масштабе на режим осадков изучаемой местности влияют, прежде всего, центры действия атмосферы, частота их прихода в

регион, активность фронтальных разделов, связанная с ними, скорость перемещения и т. п.

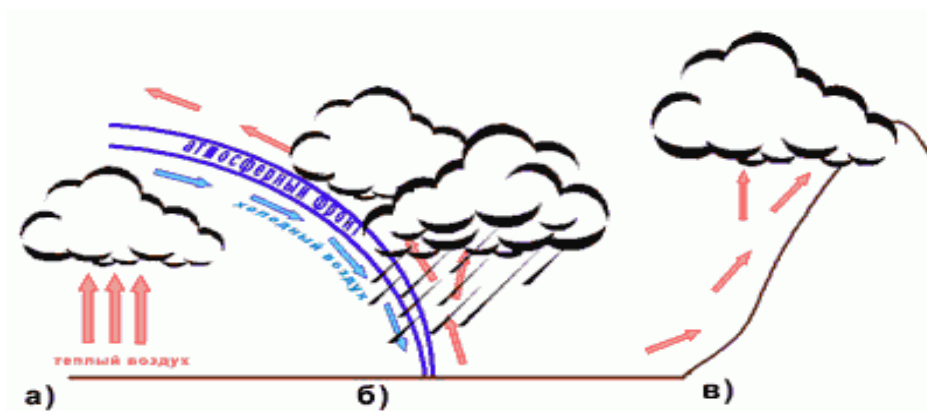


Рис. 7. Различные виды конвекции [3, с. 29]

В мезо- и микро масштабе на режим осадков влияет, прежде всего, характер подстилающей поверхности (рис. 7). Этот фактор выражается в том, что чем более шероховата подстилающая поверхность и чем она пересечённой, тем сильнее турбулентность, вызывающая интенсивные восходящие потоки и активизирующая выпадение осадков. Это явление получило название – орографическая конвекция.

Общей закономерностью влияния гор и даже сравнительно небольших возвышенностей на атмосферные осадки является увеличение их количества с высотой до определенного высотного уровня.

При натекании воздушной массы на горный хребет происходит увеличение её неустойчивости. В воздухе при достижении им уровня конденсации начинается процесс облакообразования и укрупнения облачных элементов, их коагуляция и далее – выпадение.

Соответственно на наветренных склонах хребта происходит резкое увеличение количества выпадающих осадков с высотой до определённого уровня, выше которого это количество перестаёт расти или даже уменьшается. На подветренном склоне количество осадков значительно меньше, из-за уменьшения влагосодержания воздуха, оставившим влагу на наветренном склоне. И удаления от состояния насыщения по мере спуска по склону хребта,

то есть эффекта дождевой тени. В целом же на подветренном склоне количество выпадающих осадков также растёт с высотой до определённого уровня [5, с. 28].

Разница в количестве выпадающих осадков на одной и той же высоте наветренного и подветренного склона тем больше, чем выше сам хребет и чем выше крутизна склонов. Степень влияния орографии и рельефа на атмосферные осадки определяется положением хребтов по отношению к влагонесущим воздушным потокам, абсолютными высотами хребтов, углами наклона их склонов, наличием горных котловин и их глубиной.

Также на количество осадков влияет микрорельеф и характер растительности на данной территории. Развитая овражно-балочная сеть, отроги хребтов, ущелья, гребни, ложбины, и наличие леса увеличивают шероховатость земной поверхности, что приводит к увеличению количества осадков. Причём, чем чаще чередование положительных и отрицательных форм рельефа, покрытых лесом и безлесных пространств, тем это влияние сильнее.

Бывает, что воздушные потоки многократно опускают и поднимают замёрзшие капли, в это время на них нарастают ледяные слои. Наконец капли становятся такими тяжёлыми, что выпадают на землю градом.

Главным условием образования атмосферных осадков является охлаждение тёплого воздуха, приводящее к конденсации содержащегося в нём пара.

Рассмотрим типовые синоптические процессы Краснодарского Причерноморья, способствующие формированию и выпадению осадков (по результатам исследования И. В. Кильдыш) и характерные циркуляционные процессы, имеющие значительную повторяемость.

Циклон с юго-запада. Как правило, циклоны этой траектории зарождаются над Средиземным морем, перемещаются на Чёрное море и уходят на северо-восток. Они кратковременно, на 1 – 2 дня ухудшают погоду, вызывают обильные осадки и сильные южные, юго-восточные ветры. Если над степями Северного Кавказа располагается блокирующий антициклон или его

отрог, то южный циклон становится малоподвижным и окклюдирует [6, с. 13].

Фронт окклюзии протягивается вдоль Черноморского побережья Кавказа и вызывает ненастную погоду с обильными осадками и юго-восточным ветром. Такая погода может продолжаться с перебоями, несколько недель, до месяца. Наиболее часто южный циклон наблюдается в холодную половину года, когда Чёрное море отдаёт тепло и влагу. Это барическое образование иногда называют Черноморской депрессией.

Циклон с запада и северо-запада. Циркуляционные системы этого типа проходят на территорию Кавказского Причерноморья с Атлантики, зачастую в виде «ныряющих» циклонов. Для них характерна активность фронтальных зон и большая скорость перемещения. Продолжительность их погодообразующего влияния невелика и варьирует от нескольких часов до 1 - 2 суток, в редких случаях – дольше.

Наиболее часто рассматриваемые циклоны повторяются в холодную часть года. Они сопровождаются резкими похолоданиями и снегопадами. В тёплый период эти циклоны вызывают похолодание и интенсивную грозовую деятельность. Возникают мощные кучево-дождевые облака, сопутствующие им ливни и речные паводки [17, с. 94-96].

Глава 3 Особенности образования осадков на территории Краснодарского края

3.1 Распределение осадков по территории и во времени

Условия региона формируются сезонными смещениями таких звеньев общей циркуляции атмосферы, как умеренная область западного переноса и субтропическая зона повышенного давления с разделяющим их полярным (умеренным) фронтом. Здесь на протяжении большей части года преобладают подвижные циклоны и антициклоны, а обширные малоподвижные области повышенного давления, наблюдаются скорее эпизодически.

Общую картину по распределению осадков в регионе можно разделить на три основные части, — северную равнинную, горную и южную приморскую [15, с. 25].

Закономерности распределения осадков по территории края регулируются циркуляционными процессами, а точнее, преобладающими осадкообразующими воздушными массами. По мере приближения к горам усиливается влияние на осадкообразование эффектов взаимодействия циркуляции (в том числе местной) и рельефа. Практически все осадкообразующие процессы связаны с западными влагонесущими массами, поэтому фоновое количество осадков в пределах края закономерно убывает к северо-востоку. Однако минимальное количество осадков отмечается на западе – в полосе Приазовья (около 390-470 мм в среднем за год). Близость водной поверхности и исключительно плоский рельеф ослабляет местные процессы развития конвекции, а, следовательно, и осадкообразование.

Количество выпавших осадков характеризуется высотой слоя воды(в мм), образовавшейся на горизонтальной поверхности, от выпавшего дождя, мороси, обильных рос и тумана, растаявшего снега, града и снежной крупы. При отсутствии стока, просачивания и испарения.

Изменение количества осадков по простиранию береговой зоны региона происходит сравнительно плавно: Тамань - 479 мм, Анапа - 456 мм,

Новороссийск - 788 мм, Геленджик - 779 мм, Джубга - 1176 мм, Ольгинка - 1131 мм, Туапсе - 1324 мм, Лазаревское - 1541 мм, Сочи - 1573 мм, Хоста - 1512 мм, Адлер - 1507 мм.

От Шахе до Адлера (а также в районе Геленджика и Джубги) сумма осадков несколько уменьшается ввиду снижения высоты отрогов хребтов, окружающих станции (табл. 1).

Таблица 1

Среднегодовое количество осадков на Черноморском побережье (мм)¹

Станция	Высота над уровнем моря (м)	Осадки (мм)
Тамань	13	479
Новороссийск	37	788
Геленджик	4	779
Ольгинка	56	1131
Туапсе	79	1324
Сочи	57	1573
Красная Поляна	538	1904
Ачишхо	2390	3202

Очевидно, что сухие субтропики региона переходят во влажные без резкого скачка. Годовое количество осадков в зоне Главного Кавказского хребта в 1,5-2 раза больше, чем на ближайших участках береговой зоны.

Месячные максимумы осадков также увеличиваются с продвижением на юго-восток, то есть с общим увеличением высот местности. Абсолютные месячные максимумы: Новороссийск 320 мм, Туапсе 395 мм, Сочи 581 мм.

Данные представляют собой среднемесячные, сезонные и годовые количества осадков, вычисляемые за период с 1891-1964г. Или по возможности, приведенные к этому периоду. 1891 год принят за начало наблюдений,

¹ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

включенных в обработку, по двум причинам. В это время была принята стандартная высота установки прибора, измеряющего осадки (приемное отверстие на высоте 2 м) и начата массовая установка дождемера с защитой нифера. Кроме того, до 1891 сеть станций была слишком редка. Длительность периода осреднения данных по количеству осадков должна быть не меньшей, а по возможности большей, чем по температуре воздуха, т.к. для осадков характерна большая изменчивость от года к году. Наличие аномальных периодов (очень засушливых и влажных лет) заметно влияет на величину многолетних средних.

Если считать, что наиболее засушливый период 1830-х – 40-х годов, зарегистрированных инструментальными наблюдениями на территории СССР, отражает цикличность векового хода осадков и может повториться, то для получения устойчивой многолетней средней величины, нужно было увеличить длину ряда по крайней мере до 150 лет. В настоящее время существующие ряды наблюдений за количеством осадков еще не достигли такой длины, поэтому приходится ограничиваться меньшим периодом, используя весь ряд имеющихся наблюдений 1891-1964 г [8, с. 25].

Единый календарный период осреднения данных по осадкам не имеет большего значения для территории СССР, т.к. вековой ход осадков в различных частях обширной территории нашей страны не является синхронным. На сравнимости средних величин осадков гораздо больше сказывается длина периода наблюдений, чем его календарное единство. Для оценки принятого периода и характеристики изменчивости осадков приводится сравнение средних величин за периоды различной длительности. Из них видно, что средние из 30 летнего ряда значительно устойчивее средних 10-летнего ряда, хотя средние месячные количества осадков, вычисленные по наблюдениям за 30 лет, так же не являются устойчивой величиной.

Помещенные в табл. 2 средние многолетние суммы осадков, приведенные к показаниям осадкомера, т.е. инструментальные нормы (наблюденных) осадков, являются основной характеристикой количества осадков. Их следует

применять для решения таких задач, где используются ежегодные величины в сравнении с многолетними. Они должны быть положены в основу ежегодных карт аномалий распределений осадков в процентах от нормы, оценки обеспеченности той или иной наблюдаемой величины и т.п.

Следует, однако, учитывать, что хотя наблюдаемые величины используются на практике в течение многих лет, они существенно меньше фактически выпадающих осадков из-за несовершенства приборов и их установки, предназначенных для учета вертикальных осадков, а так же отсутствия учета горизонтальных осадков, которые особенно существенны для облесенных склонов, открытых влагонесущим потоком.

Таблица 2

Среднее количество осадков с поправками к показаниям осадкомера²

Станция	Холодное полугодие (октябрь - март)	Теплое полугодие (апрель - сентябрь)	Год
Тамань	225	191	416
Анапа	256	196	452
Ейск	218	238	456
Темрюк	236	223	459
Приморско - Ахтарск	236	279	515
Кореновск	259	272	531
Тихорецк	242	294	536
Тимашевск	251	297	548
Армавир	226	326	552
Кропоткин	271	316	587
Краснодар	325	318	643
Лабинск	286	383	669
Майкоп	307	395	702
Геленджик	419	288	707
Белореченск	353	360	713
Апшеронск	350	464	814
Туапсе	725	539	1264
Адлер	789	588	1377
Сочи	887	591	1478
Красная поляна	1060	735	1795

² Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

На станциях предгорий и низкогорий к западу от меридиана Апшеронска осенне-зимний максимум практически не уступает в количестве осадков летнему, а на некоторых станциях (Крымск, Хадыженск, Горячий Ключ и др.) даже превышает его. То есть там проявляет себя осенне-зимняя морская конвекция, влияние которой не могут перекрыть относительно невысокие горные хребты (не выше 1500 м) к западу от указанного меридиана. К востоку же от него, то есть там, где высота и ширина горной системы резко увеличивается и перекрывается влияние осенне-зимней морской конвекции, зимний максимум быстро сходит на нет, и в юго-восточных предгорьях (Лабинский, Мостовской, Отрадненский районы) исчезает вовсе. Очень показательна разница между месячными нормами января на станциях Апшеронска и Хадыженска (отстоящего от первого около 15 км по прямой к западу). На станции первого из них норма января составляет 46 мм, а на станции второго 106 мм притом, что между ними нет возвышенностей высотой более 400 м над уровнем моря.

Минимумы осадков на станциях к западу от меридиана Апшеронска приходятся на апрель - май, а к востоку на январь.

На станциях Красная Поляна и Ачишхо минимум приходится на июль, август. Но учитывая общий высокий уровень осадков в этом районе минимум малозаметен на практике.

Средняя годовая амплитуда осадков (разница между максимальной и минимальной средней месячной суммой) наименьшая в Приазовье – 20-22 мм, далее идет постепенное увеличение амплитуды и к горам Западного Кавказа достигает до 200 мм и более.

Распределение осадков по территории зависит не только от общециркуляционных факторов, но и подстилающей поверхности. Большое влияние на распределение осадков оказывают высота места, форма рельефа, наличие лесных массивов, водоемов и речных долин.

Максимум осадков обычно приходится на наветренный склон или вершину возвышенности или горы. Так, на открытой вершине горы Ачишхо,

экранируемой к тому же высшее лежащими хребтами и открытой со стороны влагонесущих потоков, наблюдается наибольший на всей территории годовой максимум осадков – более 3000 мм в год.

Таблица 3

Число дней с осадками различной величины³

Станция	Градация осадков (мм)	Холодное полугодие (октябрь - март)	Теплое полугодие (апрель - сентябрь)	Год
Ейск	≥ 0,1	69	45	114
	≥ 0,5	14	14	28
Приморско - Ахтарск	≥ 0,1	73	46	119
	≥ 0,5	17	15	32
Тихорецк	≥ 0,1	73	52	125
	≥ 0,5	16	18	34
Темрюк	≥ 0,1	68	43	111
	≥ 0,5	16	13	29
Тамань	≥ 0,1	70	41	111
	≥ 0,5	14	12	26
Краснодар	≥ 0,1	75	57	132
	≥ 0,5	22	19	41
Майкоп	≥ 0,1	73	63	136
	≥ 0,5	21	24	45
Армавир	≥ 0,1	61	58	119
	≥ 0,5	14	20	34
Анапа	≥ 0,1	67	40	107
	≥ 0,5	18	12	30
Новороссийск	≥ 0,1	72	49	121
	≥ 0,5	25	18	43
Туапсе	≥ 0,1	80	56	136
	≥ 0,5	41	24	65
Красная поляна	≥ 0,1	94	82	176
	≥ 0,5	52	37	89
Сочи	≥ 0,1	86	62	148
	≥ 0,5	47	27	74

Из данных табл. 3 видно, что число дней с осадками в регионе также

³ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

возрастает с северо-запада на юго-восток. Например, в бассейне Азовского моря, в Ейске, в основном наблюдаются дни, когда осадков меньше 0,5 мм. Осадков более 0,5 мм за год наблюдается 8%, и это приводит к поднятию уровню рек и другим сопутствующим явлениям. Из общего количества осадков можно сказать, что в Ейске осадки выпадают в среднем каждые три дня, что является довольно частым показателем. На юго-восток от предгорий до высокогорий, с повышением горной системы, количество осадков постепенно увеличивается. Например, в Краснодаре уже видно, что осадков более 0,5 мм наблюдается в два раза больше чем в Ейске, что в переводе на процентное отношение ко всему году составляет почти 12% и осадки в среднем выпадают каждые 2 дня. Проанализировав высокогорные районы края (Красная Поляна), можно увидеть, что осадки выпадают очень часто и в больших количествах. Осадки более 0,5 мм составляют почти 25% от общего количества, а периодичность выпадения всех осадков составляет почти 1,5 дня.

3.2 Годовой и суточный ход осадков

Годовой ход осадков в рассматриваемом районе отличается значительным разнообразием. В практическом отношении знание формы годового хода осадков необходимо для гидротехнического планирования, расчета времени паводков, для сельского хозяйства и ряда других отраслей. Различия в форме годового хода осадков является одним из основных критериев для выделения климатических районов.

Влияние наветренного склона распространяется и на прилегающую равнину, так что увеличение осадков иногда начинается еще до подъема местности.

С подветренной стороны возвышенностей и гор наблюдается, наоборот, уменьшение количества осадков, так называемое «дождевая тень». Например, на наветренных склонах скалистого хребта выпадает 600-800 мм осадков в год. За хребтом количество осадков уменьшается до 300-400 мм, а при выходе

орографической тени опять увеличивается до 600-800 мм в год.

В районе черного моря и речных долин, на плоских морских побережьях осадки так же уменьшаются.

Таблица 4

Суточный максимум осадков (мм) различной обеспеченности. Год⁴

Станция	Средний максимум	Абсолютный максимум		
		мм	месяц	год
Тамань	34	113	VII	1936
Кропоткин	36	63	VI	1944
Ейск	39	135	VIII	1964
Анапа	39	76	VI	1931
Тихорецк	40	92	VIII	1959
Краснодар	41	99	V	1939
Темрюк	42	201	VIII	1953
Лабинск	45	73	VII	1944
Приморско-Ахтарск	47	123	IV	1939
Майкоп	47	88	VI	1919
Новороссийск	56	153	IX	1929
Красная поляна	78	132	XI	1923
Туапсе	86	227	VII	1949
Сочи	86	177	IX	1907

В табл. 4 приводятся средний суточный максимум и наблюдаемый. Средний суточный максимум осадков постепенно увеличивается в направлении с северо-востока рассматриваемой территории (где его величины порядка 20-30 мм). К юго-западу (к Кавказскому хребту и черноморскому побережью Кавказа), где наблюдаются величины среднего суточного максимума более 50 мм; на побережье эти величины более 80 мм (Сочи), а на горных станциях – 120 мм (Ачишхо). Величины суточного максимума осадков возрастают с высотой и на наветренных склонах. Кривые распределения суточного максимума осадков на наветренных склонах и на побережьях отличаются большой асимметрией и величины редкой повторяемости часто намного превышают величины среднего

⁴ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

многолетнего суточного максимума осадков.

Примером увеличенных суточных максимумов на наветренных склонах побережья может служить участок Туапсе-Сочи, который расположен перпендикулярно к влагонесущим преобладающим здесь юго-западным потокам. В Туапсе при среднем суточном максимуме осадков, равном 86мм, расчетный максимум, вероятный один раз в сто лет, равен 205 мм. А наблюдаемый максимум 227 мм. В Сочи при среднем максимуме, так же равном 86 мм, расчетный максимум, возможный 1 раз в 100 лет, составляет 186 мм, а наблюдаемый максимум за используемый период равен 182 мм. Во внутренних горных котловинах величины суточного максимума заметно уменьшаются.

Суточные максимумы осадков на рассматриваемой территории наблюдаются в основном в летний период. Но на черноморском побережье Кавказа и в горны районах они иногда приходится на зимний период. Распределение по территории суточного максимума не имеет какой-либо закономерности, как по площади, так и по времени. Можно отметить, что на побережьях Азовского и Черного морей величины наблюдаемого суточного максимума довольно значительные. Так, например, в Ейске в августе в 1964 г. За 2 часа выпало 135 мм осадков, в Приморско-Ахтарске в апреле 1939 123 мм, а в Темрюке августа 1953-201 мм, Новороссийске сентября 1929 ливень дал 153 мм осадков, в Туапсе 11 июля 1949 выпало 227 мм, на Ачишхо 26 июня 1956г-298мм. На остальной территории наблюдаемые суточные максимумы имеют пределы 50-100 мм иногда несколько более 100 мм.

В распределении величин суточного максимума осадков редкой повторяемости, 1 раз в 100 лет (обеспеченность 1%), так же, как и в распределении наблюдаемого максимума, невозможно выделить строго определенные зоны, т.к. Ливни чаще всего охватывают небольшие площади и имеют случайное распределение

На черноморском побережье Кавказа и на юго-западных склонах западной части кавказского хребта суточные максимума наибольшие. 1 раз в

100 лет вероятны величины более 150 мм, в Туапсе 205мм, на Ачишхо 284 мм, что обусловлено преобладанием в этом районе юго-западной циркуляции в атмосфере при выпадении осадков.

Средняя продолжительность осадков по сезонам по территории имеет такое же распределение, как и за год, отличаясь только количественно. Так, в холодный период продолжительность осадков в 1,5 - 2 раза больше, чем в теплый (в среднем 63% в зимний сезон и 36% в летний сезон).

Таблица 5

**Средняя продолжительность выпадения осадков в день с осадками
по месяцам в часах⁵**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Краснодар	8	7	7	6	4	3	2	3	3	7	7	8
Майкоп	10	9	10	8	5	4	4	4	5	5	8	11
Сочи	9	9	9	8	6	4	3	3	5	5	8	8
Ачишхо	12	10	10	9	6	5	4	4	6	9	10	12

В табл. 5 можно увидеть, что наибольшая продолжительность в день с осадками наблюдается в осенне-зимний период (8-10 часов), когда выпадают преимущественно длительные осадки обложного характера. Летом, продолжительность их гораздо меньше (2-3 часа).

В равнинных районах края зимой радиационные инверсии, определяющие устойчивость стратификации приземных слоёв воздуха, являются причиной образования ночного минимума осадков. Облачность слоистых форм, преобладающая в зимние месяцы, и связанное с ней выпадение морозящих и обложных осадков, чаще всего наблюдается в утренние, дополуночные часы. Летом суточный ход осадков более выражен. Максимум осадков наблюдается в послеполуденные часы (14-16). В переходные сезоны суточный ход осадков на равнине более сглажен и в основном по своей форме сходен с зимним. На Черноморском побережье максимум повторяемости

⁵ Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

осадков наступает зимой в 9 часов, причём в течение всего дня повторяемость осадков велика. Минимум осадков в этот сезон наблюдается в 3-5 часов.

Летом максимальное количество осадков выпадает в 6 часов, причём большая их повторяемость отмечается до полудня. С 12 часов она постепенно уменьшается, и минимум осадков наблюдается около 19 часов. Максимум осадков в дополуденные часы связан со сменой ночной ветви бризовой циркуляции дневным бризом с моря.

Орография Черноморского побережья, усиливая вертикальную конвекцию, благоприятствует конденсации и выпадению осадков, так как направление бриза перпендикулярно хребту. В послеполуденные часы, когда верхнее компенсационное бризовое течение с гор на море усиливается, вероятность осадков несколько уменьшается, хотя все же за весь период действия морского бриза остается высокой.

Заключение

В результате выполненного исследования сделаны следующие **выводы**:

1. По территории края отмечается общее увеличение сумм осадков с севера (Ейск – 456 мм) на юг (Сочи – 1554 мм), и с востока (Тихорецк – 495 мм) на запад (Славянск на Кубани – 589 мм). А так же от береговой зоны (Анапа – 552 мм) к главному Кавказскому хребту (Ачишхо – 3202 мм). Во многом на такое распространение осадков помимо рельефа влияют местные (региональные) условия.

2. Годовой ход осадков имеет различия по территории, в Краснодарском крае следует выделить два типа хода:

1) Континентальный годовой ход – максимальное количество осадков выпадает летом (в июле). Это объясняется тем, что кроме осадков связанных с фронтальной деятельностью, осадки так же выпадают из облаков местного происхождения. А зимой наоборот отмечается минимум осадков, который в основном определяются деятельностью фронтов. Данный годовой ход характерен для северных районов (Кущевская, Ленинградская) и для восточных районов края (Кропоткин).

2) Прибрежный тип - на побережье противоположно континентальному ходу, т.е. максимальный ход - в холодные месяца. Это связано с тем, что синоптическая ситуация иная, циклонов больше зимой, антициклонов наоборот летом.

3. Средняя годовая амплитуда осадков (разница между максимальной и минимальной средней месячной суммой) мала в северных районах края и достигает 20-30 мм, затем постепенно увеличивается к юго-востоку края. А в сложных горных условиях амплитуда особо велика и достигает 100 мм и более.

4. Синоптические условия, способствующие формированию сильных осадков в крае являются циклоны смещающиеся с северо-запада, запада, юго-запада, юга.

5. Среднесуточный максимум осадков распределяется по территории,

примерно так же, как и среднемесячные суммы осадков (с СЗ на ЮВ). Наибольший средний суточный максимум осадков наблюдаются в горных районах края (Сочи – 85 мм, Ачишхо – 116 мм), а наименьший в равнинной части края (Кропоткин – 36 мм).

Эти выводы могут быть полезны, как в синоптической практике, так и для хозяйственной деятельности и предотвращения последствий наводнений и паводков.

Список использованной литературы

1. Алтухов М.Д., Литвинская С.А. Охрана растительного мира на Северо-Западном Кавказе. - Краснодар: Краснодарское Книжное Издательство, 1989. – 315 с.
2. Барри Р.Г. Погода и климат в горах. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 255 с.
3. Гуральник И.И., Дубинский Г.П., Ларин С.В., Мамиконова С.В. Метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 440 с.
4. Ефремов С.В., Панов В.Д., Лурье П.М., Ильичев Ю.Г., Панова С.В., Лутков Д.А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт Комплексной характеристики и взаимосвязей: монография / Ю.В.Ефремов и др. - Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007. – 338 с.
5. Занина А.А. Климат СССР. Кавказ. - Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 289 с.
6. Иванченко Т.Е., Панов В.Д. Распределение атмосферных осадков на Большом Кавказе // Сб. работ Ростовской ГМО. – Ростов-на-Дону, 1980. – Вып. 18. – 274 с.
7. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 455 с.
8. Климатологический справочник СССР. Выпуск 13. Часть II. Атмосферные осадки. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 533 с.
9. Кузнецова Л.П. Перенос влаги в атмосфере над территорией СССР. - М.: Наука, 1978. – 325 с.
10. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. - СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 315 с.
11. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 876 с.
12. Наголевский Ю.Я., Чистяков В.И. Физическая география Краснодарского края. – Краснодар.: Северный Кавказ, 2003. – 256 с.

13. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3. Часть 1. / Под ред. О.Н. Потаповой. - Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 310 с.
14. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Выпуск 13. Части 1-6. / Под ред. Г.В. Ивковой. - Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 725 с.
15. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. / Под ред. Г.Г. Сванидзе, Я.А. Цуцкиридзе. - Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 288 с.
16. Орлова Е.М. Анализ и прогноз ливневых осадков. Труды ГМЦ. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – Вып. 82. – 257 с.
17. Панов В.Д., Саражин В.И. Распределение осадков на Западном Кавказе в бассейнах рек Лаба и Мзымта // Сб. работ Ростовской ГМО. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – Вып. 16. – 270 с.
18. Погорелов А.В. География Краснодарского края: антропогенные изменения на окружающую среду. - Краснодар, 1996. – 108 с.
19. Пихун А.Б. Краеведение. География Краснодарского края. Учебное пособие для студентов Туапсинского техникума. Раздел 2. – Туапсе: изд. ТГМТ, 2006. – 87 с.
20. Толмачева Н.И. Методы и средства гидрометеорологических измерений (для метеорологов). – Пермь, 2011. – 221 с.
21. Официальный сайт Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 25.05.2016).
22. Официальный сайт Гидрометцентра России [Электронный ресурс]. URL: <http://meteoinfo.ru/> (дата обращения 28.05.2017).
23. Официальный сайт Метеорологический Словарь [Электронный ресурс]. URL: <http://meteorologist.ru/> (дата обращения 01.06.2017).
24. Официальный сайт Студопедия.орг [Электронный ресурс]. URL: <http://studopedia.org/> (дата обращения 26.05.2017).
25. Официальный сайт Vaisala Company [Электронный ресурс]. URL: <http://vaisala.com/> (дата обращения 05.04.2017).