



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

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

На тему «Многолетний режим повторяемости ветров в городе Ереван»

Исполнитель Линева Алексей Алексеевич

Руководитель к.с/х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«24» января 2023 г.



Туапсе
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Природно-климатические условия района исследования.....	5
1.1 Географические особенности республики Армения и города Еревана ..	5
1.2 Описание климата города Еревана.....	11
2 Теоретические исследования образования ветра.....	18
2.1 Атмосферная циркуляция	18
2.2 Образование ветра у земной поверхности	23
3 Ветровой режим г. Еревана.....	28
3.1 Особенности атмосферной циркуляции, обуславливающей ветровой режим г. Еревана	28
3.2 Особенности ветрового режима г. Еревана.....	34
Заключение	49
Список использованной литературы.....	51

Введение

Республика Армения входит в число стран Закавказья, и является страной, не имеющей выхода к морю.

Армения занимает северо-западную часть Армянского нагорья, с двух сторон северной и восточной окруженного хребтами Малого Кавказа и протянувшегося между Каспийским и Черным морями.

Протяженность Республики Армения с северо-запада на юго-восток составляет 360 км, а в средней части 200 км.

Несмотря на относительно малые размеры, граница Республики Армения проходит с четырьмя государствами – Турцией, Ираном, Грузией и Азербайджаном.

Армения относится к древнейшим государствам, первые летописные упоминания страны Arminiya встречаются еще в документах 522-486 гг. до н.э, во времена правления персидского царя Дария I.

Столицей республики Армения является город Ереван, географически расположенный в северо-восточной части Араратской равнины, в нижнем течении реки Раздан.

Характерной особенностью рельефа Еревана является его расположение в котловине с большими перепадами высот над уровнем моря. Высота территории города колеблется от 850 м в юго-западной части города до 1500 м на северо-востоке.

С восточной, северо - западной и северной сторон город Ереван окружают горные хребты – г.Арагац, Гегамские горы и плоскогорье Канакерское.

Сложившийся рельеф города и его удаленность от крупных водных бассейнов являются определяющими факторами при формировании климатических особенностей территории.

Большой вклад в формирование климата и погоды территории вносит циркуляция атмосферы, усиливающая разнообразие погодно - климатических

условий.

Проведенный анализ литературных источников выявил, что в настоящее время режим скорости ветра над территорией Армении и столицы республики, изучен не в полной мере.

Следовательно, тема исследования является актуальной, т.к., в работе рассматривается ветровой режим города Еревана, имеющий погодную и климатообразующую значимость и влияющий на многие экономические отрасли республики.

Объектом исследования является ветер.

Предметом изучения являются метеорологические факторы, влияющие на ветровой режим города Еревана.

Цель данной работы – рассмотреть природно-климатические особенности территории и провести оценку ветрового режима г. Еревана.

Для реализации поставленной цели решаются следующие задачи:

- рассмотреть природно-климатические условия республики Армении и города Еревана;
- рассмотреть процесс циркуляции атмосферы и процесс образования ветра;
- рассмотреть особенности атмосферной циркуляции над территорией Республики Армения и Ереваном;
- провести оценку ветрового режима города Еревана.

1 Природно-климатические условия района исследования

1.1 Географические особенности республики Армения и города Еревана

К югу от Российской Федерации, в Закавказье, в северо-восточной части Армянского нагорья, бывшего древнего вулкана, между Каспийским и Чёрным морями располагается небольшая по своим размерам республика Армения.

Кроме России, граница республики проходит с республикой Азербайджан с восточной стороны, с Грузией на севере, с Ираном на юге и с Турцией на западе и юго-западе.

Уже на протяжении длительного периода на границе с Азербайджаном Армения периодически вступает в этнополитические конфликты, что связано с Нагорным Карабахом (рисунок 1.1).

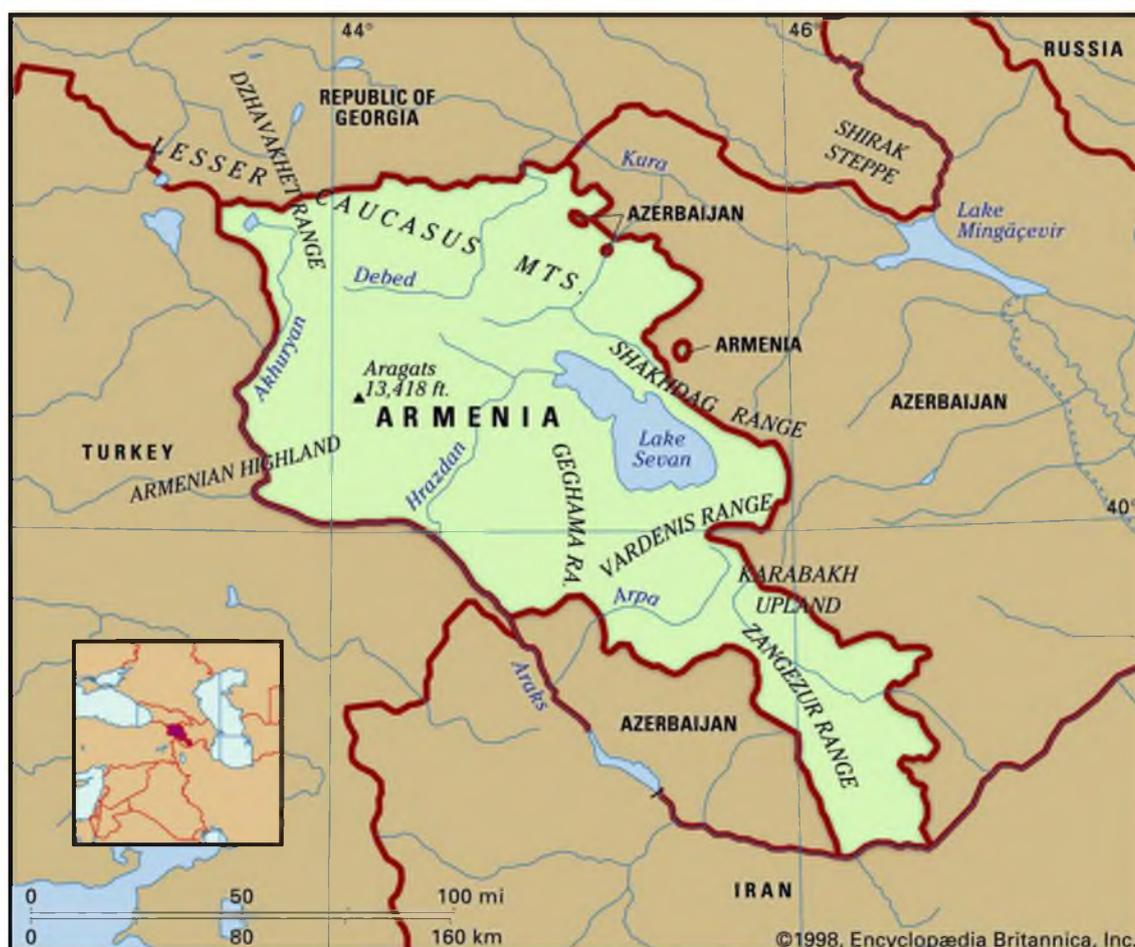


Рисунок 1.1 – Расположение Армении на карте

Армения является небольшим государством, ее площадь чуть менее

30 000 км², а протяжённость всех границ почти 1300 км.

Республика Армения относится к горным странам, т.к., практически большая часть страны располагается на горных плато и отрогах горных хребтов Зангезурского, Варденисского, Гегамского и Памбакского, которые пересекают речные долины и множество ущелий [1, с. 24].

В процентном отношении только 10% территории республики характеризуется относительно ровным рельефом, а 90% - горным.

Практически на всей территории республики перепады высот составляют от 850 м до 2500 м над уровнем моря, наивысшей точкой Армении является высота 4090 м (г. Арагац), только в самой северной части республики в ущелье реки Дебед и на юге в районе долины реки Араке высоты опускаются до 400 м.

Большая часть территории республики располагается в горной местности с высотами более 1000 м над уровнем моря.

Относительно ровный рельеф характерен для юго-западной части республики, расположенной на Араратской долине, являющейся следствием донной и боковой эрозии и сформированной аллювиальными отложениями.

Высоты Араратской долины не превышают 1000 м, что благоприятствует развитию территории и как следствие, расположения крупных населенных пунктов в данном районе.

Отроги Малого Кавказа – хребты Памбакский, Сохметский и Базумский, пересекаясь глубокими долинами, протянулись почти параллельно в направлении на северо-восток Армении и далее на северо-запад и юго-восток.

Центральный район республики занят полосой гор вулканического происхождения, при этом, даже в настоящее время эти горы представляют собой жерло потухших вулканов. Наивысшие точки Армении, расположенные в этом районе – горы Арагац, Варденис и Аждак, также являются продуктом древних вулканов.

Закавказское нагорье, представляющее часть Армянского нагорья, которое также относится к нагорьям вулканического происхождения,

Следует отметить, что вулканическое происхождение гор на территории

Армении, относится к особенностям рельефа этой страны. На территории отмечается немало старых вулканов, при этом, многие из них никогда не были действующими или извергали лаву в малом количестве.

Извержения наблюдались еще в неогеновом и четвертичном периодах, при этом извержение лавы не всегда происходило из конусов, лава могла извергаться из множества тектонических трещин. А при более сильных извержениях образовывалось множество мелких вулканических конусов, которые в настоящее время образуют своеобразные ландшафты.

Поэтому для центральных районов современной Армении характерным является горный рельеф с множеством небольших шлаковых конусов.

В настоящее время процесс образования гор продолжается, что обуславливает тектонические процессы и, следовательно, образование землетрясений [3, с. 19].

Горообразовательные процессы еще продолжают, поэтому нередко здесь происходят землетрясения. Самым разрушительным является Спитакское, случившееся в 1988г. Землетрясение произошло на севере страны и затронуло более 40% территории.

Армения является страной, у которой не своего выхода к морю, при этом, по ее территории протекает почти 10 000 больших и малых рек и речушек, и только 300 из них имеют длину более 10 км.

По территории республики, несмотря на густую речную сеть, реки распределяются неравномерно, при этом они небольшие, что не позволяет назвать Армению богатой на водные ресурсы.

В основном, все реки, протекающие по территории республики относятся к крупной реке Закавказья р. Аракс, берущей свое начало в верховьях Турции, протекающей по территории Грузии и впадающей в р.Куру в Азербайджане.

Все реки Армении являются горными, протекают по узким очень глубоким ущельям, поэтому обладают бурным характером, нередко порожистым.

Питание рек преимущественно снежное, дождевое и грунтовое.

Максимум годового стока рек связано с таянием снега и максимум осадков, поэтому приходится на весеннее время года. Время половодья длительное, что связано с неравномерным таянием снега в горах.

В летний и зимний периоды года реки питаются преимущественно грунтовыми водами, т.к. осадков выпадает очень мало.

Территория Армения отличается большим количеством небольших родников и мелких озер, самым известным и крупным из которых является высокогорное озеро Севан, расположенное на высоте почти 2000 м над уровнем моря на Армянском нагорье.

В озеро Севан впадает немало небольших рек Армении, питая его, и берет свое начало только одна река - р. Раздан [16, с. 44].

В южной части республики, на северо-восточной территории Араратской равнины находится столица Армении - город Ереван, являющийся крупнейшим политическим и экономическим центром не только своей страны, но и стран Закавказья (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Расположение столицы Ереван на карте

В настоящее время городская территория занимает площадь 232 км².

Крупные водные бассейны удалены от Еревана, город расположен в нижнем течении р. Раздан, которая является левым притоком крупной р. Аракс, в южной части Еревана через всю территорию города в широтном направлении протекает р. Гетар, имеющая приток Джрвеж,

Характерной особенностью рельефа Еревана является его расположение в котловине с большими перепадами высот над уровнем моря. Высота территории города колеблется от 850 м в юго-западной части города до 1500 м на северо-востоке.

С восточной, северо - западной и северной сторон город Ереван окружают горные хребты – гора Арагац, Гегамские горы и плоскогорье Канакерское.

Отличительной особенностью территории города является большое разнообразие форм рельефа, характеризующееся большой пересеченностью.

Вся городская территория является частью физико-географической области вулканического пояса Армянского нагорья провинции Джавахетско-Армянского нагорья.

Характерными чертами провинции Джавахетско - Армянского нагорья является хорошо развитые формы рельефа тектонико-вулканического происхождения.

Территорию города по орографическим условиям можно разделить на пять основных районов:

- нагорное плато, которое с востока, севера и запада окружает котловину центра города;

В нагорном плато ущельями рек Раздан и Гетар четко выделяется три различных по высоте части плато: Егвардское плато, которое опускается к центру города, образуя ступени с высотами от 900 м до 1270 м; Арабкиро-Канакерское плато, протянувшееся с северо-востока в направлении на юго-запад, понижаясь с высоты 1350 м до 1050 м; Норкское плато характеризующееся высоты от 1050 до 1360 м;

- пониженная часть города, представляет собой предгорную равнину, характеризующаяся средними высотами, не превышающими 1000 м. Равнинный рельеф сформировался благодаря выносу рек Гетара и Джрвежа;
- равнина со средними высотами не более 900 м, занимающая юго-западную часть Еревана;
- равнинно-холмистый рельеф с высотами, не превышающими 100м, занимающий юго-восточную часть города;
- овражисто - ложбинный рельеф, сформированный в результате множества ущелий, образованных реками Раздан, Гетар и Джрвеж.

В гидрогеологическом отношении территория Еревана вполне благоприятна для развития города.

Горные породы преимущественно имеют вулканическое происхождение, поэтому представляют собой вулканосадочные и осадочные породы, образовавшиеся за период от верхнемиоценового этапа до настоящего времени.

Окрестности города богаты на природные строительные материалы - имеются залежи разноцветных туфов, песка, шлака, базальта, мрамора и др.

Территория города рекой Раздан делится на две крупные части: правобережную – северо-западную и левобережную – юго-восточную.

Главная река Еревана р. Раздан имеет длину более 140км, и является левым притоком р. Араке.

Река Раздан имеет большое экономическое значение не только для города Еревана, но и республики в целом, т.к. на реке построен Севанский гидроэнергетический узел, включающий шесть ГЭС, вырабатывающий электроэнергию и отведены оросительные каналы, необходимые сельскохозяйственному производству.

Русло реки на территории города представляет собой скалистое ущелье, расположенное на глубине более 100 м, своими берегами утопающее в густой растительности.

Вторая по величине река Еревана – р.Гетар, является притоком р.Раздан и

протекает по дну довольно широкого и Аванского ущелья, которое отделяет Канакерское плато и Норкские возвышенности.

Длина реки не превышает 25 км, площадь водосбора около 160 км². В теплое время года река почти вся высыхает, т.к., у нее дождевое питание, а в сезон дождей является своего рода проводником селевых потоков.

Несмотря на малые размеры р. Гетар имеет приток – небольшую маловодную реку Джрвеж, протекающую в южной части города. Длина Джрвежа чуть более 20 км, а общая площадь водосбора всего 88 км² [16, с. 59].

На большей территории города ландшафт характеризуется как пустынно-полупустынный, обусловленным недостатком влажности, на поверхности имеются отдельные островки солончаков, солонцов и песчаных бугров.

Естественная растительность в городе не отличается большим разнообразием, которая очень сильно выгорает в летний период и вновь зеленеет осенью, когда спадет жара и начинают выпадать осадки.

В целом, город является достаточно зеленым, благодаря искусственному озеленению – город окружают леса, а в самом городе немало парков и скверов.

Благодаря этому, на сегодняшний день, площадь зеленых насаждений в черте города составляет 760 га.

1.2 Описание климата города Еревана

Сложившийся рельеф города и его удаленность от крупных водных бассейнов являются определяющими факторами при формировании климатических особенностей территории.

Довольно высокое расположение республики над уровнем моря усиливает влияние орографии при формировании климата Армении, который характеризуется недостатком влаги и является сухим.

Большое климатообразующее значение для всей территории Араратской долины, в том числе города Еревана, имеет сложившаяся на территории атмосферная циркуляция. Основными воздушными массами для данной

территории является воздух, приходящий из умеренных широт, в теплый период года преобладающими являются континентально-тропические, в холодный - арктические воздушные массы [5, с. 4].

Климат Еревана обусловлен расчлененностью рельефа, поэтому на территории города можно выделить немало микроклиматических районов, которые значительно отличаются между собой по температурному, ветровому и влажностному показателю.

Индекс континентальности по Хромову для города Еревана составляет 88, что характеризует климат как сухой континентальный

Характерной особенностью климата для Еревана и территории республики Армения является уменьшенная продолжительность солнечного сияния, обусловленная скрытостью горизонта [17, с. 18].

В городе малокомфортным по климатическим условиям являются центральный и южный районы, отличающиеся умеренной континентальностью климата и характеризующихся довольно жарким летом и относительно холодной зимой.

Умеренно континентальный климат с более комфортным летом и мягкой зимой характерен для северных и восточных районов города, рельеф которых выше на 200–300 м, чем в центральных районах. Для данных районов города характерны зимние инверсии, что обуславливает повышение температуры.

Неблагоприятными районами Еревана по климатическим условиям является наиболее низменная часть города, характеризующаяся в теплый период года сухой и жаркой погодой, и морозной, с температурами, нередко достигающими критериев ОЯ в холодный период.

Климат территорий, которые относятся к склонам Арабкирской и Норкской возвышенностей более комфортный, с теплым малозасушливым летом и умеренно-холодной зимой.

Географическое положение Еревана на 40 параллели с.ш., соответствует субтропическому климатическому поясу, что в свою очередь обуславливает на всей территории большое количество солнечных дней в году общей

продолжительностью 2710 ч/год.

В среднем, количество приходящей суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность в районе МС Ереван составляет 5835 МДж/м²

В годовом ходе поступление суммарной радиации изменяется в широком диапазоне. Минимальные значения радиации 150 МДж/м² наблюдаются в декабре, максимальные отмечаются в летние месяцы - июнь и июль и составляют более 800 МДж/м² (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Суммарная солнечная радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности МС Ереван, МДж/м²

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кол-во суммарной радиации	184	264	410	536	716	810	820	746	584	419	236	150	5835

В среднем, в течение года в Ереване количество солнечных дней составляет 325 дней, из них 117 дней – ясных.

Всего в г. Ереване в среднем за год количество дней без солнца, не превышает 37, причем, 30 дней приходится на период с ноября по февраль включительно.

За период с 1990 по 2020гг в июле не было отмечено ни одного дня без солнца (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Среднее многолетнее число дней без солнца, МС Ереван

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
среднее	10	7	4	2	0,3	0,08	0	0,04	0,1	0,6	3	10	37
максимальное	22	17	14	6	2	1	0	1	1	6	10	22	60

Стоит отметить, что климатические условия Еревана отличаются от климатических условий городов Закавказья и Средней Азии, находящихся на той же широте.

В сравнении с другими городами Закавказья Еревану характерен особый

термический режим, с более низкими температурами в зимний период (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Сравнительный анализ температурного режима городов Закавказья, °С

город	Высота над ур. моря	Средняя температура			Абс. максимум	Абс. минимум
		Самого теплого месяца	Самого холодного месяца	год		
Ереван	907	25,1	-4,0	11,6	41,6	-31
Тбилиси	404	24,4	0,9	12,7	40	-23
Баку	10	25,5	3,8	14,4	40	-13
Ташкент	479	26,9	0,9	13,3	44	-30
Душанбе	824	27,0	0,8	14,2	43	-29
Ашхабад	219	30,7	1,4	16,3	47	-24

В Ереване среднегодовая температура воздуха положительная и составляет 11,6°С (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Средняя многолетняя температура воздуха, МС Ереван, °С

температура	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
среднегодовая	-4,0	-1,3	5,4	11,8	17,0	21,1	25,1	24,9	20,1	13,6	6,2	-0,9	11,6

Теплый период года (с июня по сентябрь) характеризуется средними суточными температурами выше 20°С, самыми теплыми месяцами года являются июль и август, со средними температурами 24,9–25,1°С.

В холодный период года (с ноября по март включительно) наблюдаются отрицательные температуры воздуха близкие к 0°С, средняя температура января (самого холодного месяца) на всей территории города отрицательная - 4,0°С.

В аномально холодные годы температура может опускаться до более низких значений, абсолютный минимум наблюдался в 1983г и составил – 31,3°С, абсолютный максимум достигал 41,6 °С в 1987г.

Средняя многолетняя годовая амплитуда температуры воздуха составляет 31°С, амплитуда экстремумов превышает 70 °С, что подтверждает континентальность климатических условий города Еревана.

Несмотря на континентальный климат в районе исследования довольно длительный безморозный период, который длится от 231 дней (в крайних районах города) до 224 дней центральных.

Данный фактор обуславливает большой продолжительность период вегетации, и благоприятен для выращивания различных субтропических растений.

Неблагоприятным фактором для возделывания данных культур являются отрицательные температуры в холодный период года, когда нередко температуры воздуха опускаются ниже морозостойкости растений [4, с. 180].

Однако зимой часто температура опускается ниже предела морозостойкости растений, поэтому для их сохранения требуются дополнительные средства защиты их от холода.

Недостаточная увлажненность вегетационного периода также оказывает отрицательное влияние на выращивание различного рода культур, Гидротермический коэффициент по Селянинову для г. Еревана не превышает 0,45, что говорит о большой засушливости климата города.

В течение года средняя многолетняя относительная влажность воздуха на территории города Еревана изменяется в широком диапазоне – от 44% в летний период года до 70 - 78 % в зимний (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Средняя многолетняя относительная влажность воздуха, МС Ереван, %

влажность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднегодовая	78	70	64	55	56	50	45	44	49	60	72	78	60

Нередко, в теплый период года влажность воздуха может опускаться до 30% и ниже, причем, в среднем, число дней с очень такой влажностью может достигать 16 дней, в засушливые месяцы влажность опускается до 20 % , в среднем, количество дней не превышает 5.

Можно сделать вывод, что территория Еревана относится к засушливой зоне, нуждающейся в дополнительном орошении в летний период при

выращивании сельскохозяйственных культур.

Среднее многолетнее количество осадков в Ереване за год составляет 356 мм (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Среднее многолетнее количество атмосферных осадков, МС Ереван

МС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
АМСГ Ереван	25	25	32	45	55	27	14	10	13	28	31	34	329
ГМО Ереван	32	32	41	56	64	34	16	12	16	31	36	28	399
МС Ереван	27	27	34	48	55	29	17	10	14	27	32	31	341

Необходимо отметить, крайне неравномерное распределение осадков в течение года - максимальное выпадение осадков приходится на весну – апрель, май от 45 мм до 64 мм. Также, на весенние месяцы приходится максимальное число дней с осадками, в среднем около в мае отмечается 13 дней.

В годовом ходе, можно отметить второй максимум выпадения осадков - в ноябре, но с меньшим количеством выпавших осадков, не более 36 мм, число дней с осадками в ноябре не превышает 7.

Минимум осадков выпадает в летнее время, в августе среднее многолетнее количество осадков не превышает 12 мм, поэтому август является самым засушливым временем года.

В зимнее время года осадки выпадают преимущественно в твердом виде, уже к середине декабря появляется первый снежный покров, который стаивает только во второй половине марта [13, с. 44].

Стоит отметить, что зима на территории Еревана малоснежная и устойчивый снежный покров в 50% зим не устанавливается вовсе, что в такие зимы обуславливает промерзание почвы до полуметра глубины.

Часто на территории Еревана наблюдаются атмосферные явления – туманы, грозы, град, суховеи и сильный ветер (таблица 1.7).

Туманы на рассматриваемой территории чаще всего наблюдаются в

холодное время года (94 % всех случаев туманов), что связано с повышенной насыщенностью воздуха водяным паром и его последующим выхолаживанием.

Таблица 1.7 – Среднее многолетнее число дней с атмосферными явлениями МС
Ереван

МС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
туман	11,4	7,7	2,3	0,2	0,1	0,2	0	0	0,1	0,9	3,6	9,7	36,2
гроза	0	0,2	0,6	3,8	10,6	9,2	4,9	4,0	2,8	1,8	0,4	0	35,2
град	0	0,04	0,2	0,7	0,7	0,4	0,1	0,05	0,07	0,07	0,02	0	2,4

Максимальное число туманов наблюдается в декабре и январе (от 9 до 12 дней за месяц).

В летние месяцы туманы не образуются вовсе, в июле и августе число случаев равно 0, лишь в первый летний месяц июнь, в отдельные годы может наблюдаться всего 1-2 случая тумана.

Теплое время года является благоприятным временем для образования гроз, которые наблюдаются преимущественно перед прохождением фронтов. Чаще всего грозы образуются в мае и июне. В холодное время года грозы не образуются. Нередко грозы сопровождаются градом.

Среднее многолетнее число дней с градом составляет около 3 дней, но в отдельные годы града может не наблюдаться вовсе.

Для Еревана нередким явлением являются суховеи, которые наблюдаются ежегодно в летний период, с июня по август число дней с суховеем может достигать 8.

В отдельные годы суховеи могут наблюдаться в весеннее и осеннее время, но не чаще, чем один раз в месяц [2, с.145].

2 Теоретические исследования образования ветра

2.1 Атмосферная циркуляция

Атмосферная циркуляция понимается как глобальная система, включающая все основные крупномасштабные воздушные течения воздуха над поверхностью Земли.

Атмосферная циркуляция является важнейшим климатообразующим фактором глобального климата.

Благодаря циркуляции атмосферы на всем земном шаре между различными зонами происходит взаимообмен теплыми воздушными массами, насыщенными водяным паром, приходящими с низких широт к высоким, и более холодными и сухими из верхних широт к нижним [12, с. 109].

Благодаря этому, в различных частях Земли происходит сглаживание климатических характеристик, поэтому можно сказать, что циркуляция атмосферы обуславливает климат на Земле в целом.

Наибольшее влияние циркуляция оказывает на режим погодных условий, включая – температурно-влажностный режим и ветровой. Образование облачности и выпадение осадков в различных зонах земного шара также находится в большой зависимости от сложившейся там циркуляции.

Помимо этого, атмосферная циркуляция влияет на глобальную циркуляцию вод Мирового океана,

Для того чтобы лучше представить картину образования циркуляции атмосферы, можно посмотреть на синоптическую карту, на которой циркуляция представлена как множество вихрей, обладающих различными скоростями и двигающихся в разных направлениях.

Помимо этого, все вихри имеют разный масштаб, причем, мелкие вихри обладают малой энергией и обусловлены мезосиноптическими процессами.

Более крупные вихри представляют антициклоны и циклоны, которые являются значительно мощнее, не только по масштабам распространения, но и имеют колоссальные скорости. Образование циклонов и антициклонов связано с

глобальными процессами.

Все вихри, имеющиеся на земном шаре образуют довольно сложную систему общей циркуляции атмосферы (ОЦА).

Общая циркуляция атмосферы обусловлена неравномерным распределением на земном шаре материков и океанов, что в свою очередь приводит к неравномерному распределению атмосферного давления и как следствие обуславливает неравномерное распределение температуры.

В результате всех этих факторов, на земле возникает сила барического градиента, приводящая к движению воздуха.

Именно, сила барического градиента является основополагающей силой, которая вызывает движение воздуха горизонтально относительно земной поверхности [15, с. 11].

Направление движения воздуха регулирует суточное вращение Земли, вызывая отклоняющую силу, которая поворачивает воздушный поток в северном полушарии вправо от первоначального направления и влево в южном.

На скорость воздушного потока, значительно уменьшая его, в приземном слое оказывает большое влияние сила трения, вызванная влиянием земной поверхности.

Следовательно, можно сделать вывод, что на образование воздушных течений в атмосфере и их свойства и направление оказывают влияние барический градиент, вращение Земли и состояние земной поверхности.

Составляющими глобальной атмосферной циркуляции являются зональный и меридиональный переносы воздушных масс на земном шаре.

Также, в состав глобальной атмосферной циркуляции входят ветры, образующиеся на земном шаре, постоянного и переменного характера, крупномасштабные вихри, представляющие собой циклоны и антициклоны, и струйные течения, тропосферного и стратосферного вида [20, с. 99].

Все вышеперечисленные процессы являются климато- и погодообразующими факторами и формируют климатические условия на всем земном шаре.

Более мелкомасштабные движения воздушных масс - смерчи, шквалы и местные ветры, не оказывают влияния на глобальную циркуляцию, и, следовательно, глобальный климат, т.к., оказывают влияние на формирование исключительно мезоклиматических условий.

Помимо крупномасштабности распространения, воздушные течения глобальной циркуляции атмосферы характеризуются скоростями потоков горизонтальной составляющей, в два-три раза больше, чем вертикальной,

Скорости вертикальной составляющей могут быть больше, только в условиях образования смерчей и торнадо.

Вихревой характер атмосферных движений отличаются нестационарностью и быстрой сменой ее структурных элементов, что связано с вертикальной неоднородностью атмосферы,

В горизонтальном направлении при смене географической широты на земном шаре атмосферные движения изменяют направления и скорости воздушных течений, что в совокупности с изменением в вертикальном и горизонтальном направлениях обуславливает неравномерное распределение кинетической энергии, как по вертикали, так и по горизонтали.

Глобальная атмосферная циркуляция бывает двух основных видов, связанных с вертикальными свойствами атмосферы – тропосферная и стратосферная.

К тропосферной циркуляции относят все циклоны и антициклоны умеренных широт, и тропическую циркуляцию, включающую пассаты и муссоны.

Стратосферная циркуляция состоит целиком из западного переноса, стратосферную, включающую не только зональный перенос, но и струйные течения [6, с. 38].

Самым крупномасштабным воздушным течением на земном шаре является западный перенос, характерный для средних широт Северного и Южного полушарий.

В высоких (полярных) широтах преобладают воздушные массы

восточного направления, в нижних широтах (тропических) преобладает меридиональная циркуляция - пассатная и муссонная.

Во внетропических широтах располагается система циклонов и антициклонов, имеющая существенное значение для всего циркуляционного процесса [6, с. 39].

Образование циклонов и антициклонов в умеренных широтах происходит на границе двух масс воздуха разной температуры, и характеризуются большими горизонтальными градиентами давления, а, следовательно, и высокими скоростями ветра, что в свою очередь оказывает большое влияние на формирование погоды.

Необходимо отметить, существование определенных закономерностей сезонных изменений циркуляции атмосферы, которые обусловлены сезонностью в поступлении солнечной энергии в южном и северном полушарии.

В северном полушарии, в котором сосредоточена большая площадь континентов, более четко проявляется сезонная контрастность, связанная в первую очередь с особенностями распределения поля давления и, следовательно, поля воздушных течений.

Пассатная циркуляция сложена постоянными ветрами – пассатами, которые имеют в Северном полушарии северо-восточное направление и юго-восточное – в Южном.

Также отличительной особенностью пассатов является смена площади распространения в зависимости от времени года, обусловленная расположением экваториальной ложбины.

Необходимо отметить, что площадь, охватываемая пассатной циркуляцией, от зимы к лету уменьшается вдвое, также изменяется и скорость пассатного течения.

Муссонная циркуляция обусловлена наличием на земном шаре холодных полюсов и перегретого экватора, обуславливающих большой температурный контраст на земле.

Данная циркуляция является сезонной, т.к., связана с межсезонным изменением распределения атмосферного давления, и, следовательно, барического градиента,

Поэтому на земле сложилась летняя муссонная циркуляция и зимняя, имеющие противоположные направления.

Наиболее ярко муссонная циркуляция проявляется в бассейне Индийского океана, где, значительные межсезонные изменения температуры, обусловленные тем, что Индийский континент сильно прогревается летом и охлаждается зимой.

К тому же, зимой в Индийском океане, муссонная циркуляция накладывается на пассатную, усиливая ее, а летом направление у пассатов и муссонов противоположное.

Помимо вихревых движений различного масштаба, в атмосфере образуются волновые движения, носящих периодичный характер и влияющий на термодинамический режим планеты.

Особенно большее значение имеют волны, проявляющиеся в зональном потоке, гравитационные волны и волны, связанные с наличием циклонической и антициклонической циркуляций.

Самыми крупными из них являются волны Россби, с длиной волны 5000 км, остальные – менее масштабные.

Волновые движения в атмосфере, могут образовываться на различного рода поверхностей раздела воздушных масс [18, с. 120].

Анализируя распределение всех основных метеорологических параметров в определенный момент времени на синоптической карте, можно увидеть сложнейшую систему воздушных движений, различных направлений, в вертикальном и горизонтальном распределении. Но период неизменчивости данной ситуации незначителен, не более 3-6 суток, по истечении которых сложившаяся картина может очень сильно измениться.

Только анализируя многолетние карты поля давления и поля ветра, причем с учетом сезонов года, можно учесть основные направления движения

воздушных масс и увидеть определенные общие закономерности распределения воздушных масс на земном шаре.

При таком анализе, ежедневные возмущения сглаживаются и можно выявить особенности общей циркуляции атмосферы.

2.2 Образование ветра у земной поверхности

Ветром называют движение воздуха в горизонтальном направлении относительно земной поверхности. Движение воздуха всегда направлено из области высокого давления в сторону низкого.

К основным характеристикам ветра относят его силу, скорость и направление. Основными единицами измерения скорости ветра являются метры в секунду или баллы, при переводе метров в балы применяют следующую шкалу – один балл равен двум метрам в секунду.

Необходимо учитывать, что воздух – это непрерывное движение, при поднятии вверх он выполняет восходящие движения, при опускании – нисходящие.

Главной причиной возникновения ветра является неравномерность распределения атмосферного давления на земном шаре в горизонтальном направлении, обусловленное температурным различием у поверхности земли, и, следовательно, вызывающим движение воздушных потоков в направлении низкого давления [19, с. 117].

В случае, если бы планета Земля не имела шарообразную форму, и на ней были бы равномерно распределены все материки и океаны, и, следовательно, давление воздуха в каждой горизонтальной плоскости на земном шаре было бы одинаковым, возможно, ветра не было бы вовсе.

Сила ветра и его скорость находятся в прямой зависимости от силы барического градиента, следовательно, чем больше сила барического градиента, тем выше скорость ветра.

Сила барического градиента есть ни что иное, как разность атмосферного

давления между соседними участками земной поверхности.

Необходимо отметить, что при возникновении ветра, воздух у поверхности земли утрачивает равномерность движения, и приобретает порывистость,

На силу ветра, снижая его скорость, оказывают отрицательное влияние следующие факторы – трение воздушных потоков друг о друга, рельеф суши, вызывая трение воздушного потока о поверхность Земли, снижая скорость при встрече с орографическими препятствиями и др.

На направление ветрового потока оказывает большое влияние сила Кориолиса, которая связана с суточным вращением Земли и, следовательно, отклоняет поток от первоначального направления вправо в северном полушарии и влево в южном [25, с. 180].

Рассмотрим влияние силы барического градиента на возникновение и силу ветра.

При возникновении разности в значениях атмосферного давления, воздух устремляется из областей с высоким давлением к областям с низким, при этом, горизонтальный барический градиент зависит от разницы этих значений.

В зависимости от значения возникшей разницы в давлении будет и сила, ветра, поэтому силу барического градиента можно считать силой, передающей воздуху ускорение и влияющую на скорость ветра.

Можно еще дать определение, что горизонтальный барический градиент представляет собой равнодействующую сил давления, воздействующих на единицу объема воздуха в горизонтальном направлении.

Необходимо отметить, что только эта сила приводит воздух в движение и увеличивает его скорость, поэтому силу барического градиента можно отнести к побуждающей силе, вызывающей ветер. Остальные силы, возникающие в атмосфере при движении воздушных потоков, являются второстепенными, т.к., они оказывают влияние только на скорость ветра или его направление, но не участвуют в процессе образования ветра.

Вызывая движение ветра, сила барического градиента придает ему еще и

небольшое ускорение, которое при длительном проявлении ветра может незначительно влиять на скорость, в сторону увеличения.

Но, в естественной среде, этого практически не происходит, т.к., скорости ветра не превышают несколько метров в секунду и мало меняется в течение периода проявления ветра. Только в более редких случаях скорость ветрового потока может составлять несколько десятков метров в секунду.

Такая ситуация связана с действием уравнивающих сил, возникающих в атмосфере и оказывающих влияние на скорость ветра, снижая ее.

К такой силе относится сила трения, вызываемая вязкостью самой атмосферы и снижающей скольжение слоев воздуха при соприкосновении друг с другом [21, с.234].

Поэтому определение силе трения можно дать, как сила, оказывающая отрицательное влияние на первоначальную скорость ветрового потока, замедляя ее.

Распространение влияния силы трения сказывается на слой атмосферы до высоты 1000 – 2000 м в вертикальном распределении, т.к., далее влияние земной поверхности ослабевает, и возникающая при этом сила трения уже не проявляется.

Так как сила трения возникает благодаря шероховатости земной поверхности, то и ее влияние наиболее ощутимо у поверхности земли, с высотой она быстро убывает, становится слабее и сходит на нет, при этом, остальные силы продолжают действовать, поэтому после высоты 2000 м, силу трения при практических расчетах не учитывают.

Следовательно, в атмосфере можно выделить два различных слоя в вертикальном распределении – слой трения и слой свободной атмосферы, условную высоту в атмосфере, начиная с которой силой трения пренебрегают назвать уровнем трения.

Но, несмотря на относительно малые вертикальные масштабы влияния силы трения, в горизонтальном направлении она оказывает очень большое

влияние на скорость ветрового потока, например, на высоте 10 м скорость ветра вдвое меньше, чем скорость геострофического ветра, при том же барическом градиенте.

Большое значение на направление ветрового потока оказывает влияние третья сила - сила Кориолиса, образующаяся как отклоняющая сила вращения Земли.

Данная сила проявляется на земном шаре постоянно и воздействует на любое тела, которое совершает движение на земной поверхности, при этом, она действует перпендикулярно направлению воздушного потока.

Например, влияние силы Кориолиса проявляется при движении рек, отклоняя его русло, поэтому в северном полушарии правый берег всегда более размывается, чем левый, в южном полушарии, наоборот, размывается больше левый берег.

Необходимо отметить, что воздух во время движения изменяет свое первоначальное направление благодаря получаемому поворотному ускорению, которое проявляется сразу же, как только возникает движение воздуха.

При этом воздух испытывает сопротивление, не учитывая влияния вращающейся Земли для того, чтобы сохранить свое изначальное направление, т.к., воздух ориентируется на неподвижную систему координат земной поверхности, т.е., на мировое пространство.

Но, на мировое пространство, или систему координат тоже оказывает влияние сила Кориолиса, и, поэтому, следует, что не сам ветровой поток отклоняется от первоначального направления относительно Земли, а сама Земля с ее параллелями и меридианами поворачивается под движущимся воздухом в противоположную сторону.

Представим поворотное ускорение на Земле уравнением:

$$A = 2\omega \sin \varphi V \quad (2.1)$$

где, ω – угловая скорость вращения Земли,

φ – географическая широта

V – скорость движения (ветра) [14, с. 119].

Уравнение позволяет делать следующие выводы, что влияние силы Кориолиса всегда пропорционально скорости ветрового потока V , следовательно, если скорость потока равно 0, то и сила Кориолиса равна 0.

Таким образом, можно сказать, что сила Кориолиса вовсе не оказывает влияния на неподвижное тело.

Наибольшее влияние сила Кориолиса имеет у полюсов, где она достигает максимальных значений, опускаясь к низким широтам, ее влияние снижается и в районе экватора сходит на нет.

Направлена отклоняющая сила под прямым углом к скорости, вправо в северном полушарии и влево в южном.

3 Ветровой режим г. Еревана

3.1 Особенности атмосферной циркуляции, обуславливающей ветровой режим г. Еревана

Циркуляционные процессы, включающие любые возмущения атмосферы синоптической составляющей в рамках глобальной циркуляции атмосферы, участвуют в формировании климата не только отдельных территорий, но и всей планеты.

Основные характеристики погодных условий на территории республики Армения на протяжении всего года обуславливает континентальный воздух умеренных широт.

Всего за исследуемый период с 1990 по 2020 гг. в Ереване среднегодовая повторяемость континентального воздуха умеренных широт является наибольшей и составляет 55 % от числа всех случаев (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Повторяемость и число дней с воздушными массами различного происхождения над территорией Армения за период с 1990 по 2020 гг., %

Время года	континентальный умеренных широт (КУВ)		континентально-тропический воздух (КТВ)		морской тропический воздух (МТВ)		арктический воздух (АВ)	
	Число дней	Повторяемость %	Число дней	Повторяемость %	Число дней	Повторяемость %	Число дней	Повторяемость %
зима	280	62	-	-	80	18	90	20
весна	285	61	40	9	96	21	40	9
лето	165	36	255	55	40	9	-	-
осень	270	59	95	21	70	15	20	5
год	1000	55	390	21	285	16	150	8

Всего, в течение исследуемого периода число дней, когда преобладал континентальный воздух умеренных широт, составляет 1000.

Во все климатические периоды годы, повторяемость воздушных масс умеренных широт составляет около 60%, исключением является только лето, когда влияние воздуха умеренных широт снижается и не превышает 36%.

В зимний период года преобладающей воздушной массой является также

воздушная масса умеренных широт (КУВ), довольно устойчивая и холодная, т.к., зарождается в антициклонах над умеренными широтами ЕТР и Казахстаном.

При этом, необходимо отметить, что зимой за период с 1990 по 2020 гг число дней, когда преобладал континентальный воздух умеренных широт составляет 280 дней, или 62%.

Резкая смена погодных условий в зимний период на всей территории республики обусловлены поступающими воздушными массами арктического происхождения.

Всего за исследуемый период в Ереване наблюдалось 90 дней с вторжениями арктического воздуха, что составляет порядка 20% от числа всех случаев за этот период.

Воздушные массы арктического происхождения поступают на территорию Армении с северо-запада - в этом случае, они морские, если воздух поступает с северо-востока, то он имеет черты континентального.

В большинстве случаев морские арктические массы на территорию республики приходят вслед за арктическими фронтами, которые быстро перемещаются, вследствие развития за ними антициклонов.

Приходящие континентальные арктические воздушные массы, приносят с собой на территорию республики ультрапохолодания [9, с.21].

Холодные арктические вторжения не заканчиваются с наступлением календарной весны, что приводит в начале весны к резким ухудшениям погодных условий – понижению температуры воздуха и сильным осадкам, которые иногда выпадают в твердом виде.

В весенний период повторяемость воздушных масс арктического происхождения за исследуемый период составляет 9 % (40 дней).

Приход холодных масс в эти районы способствует активному росту числа случаев возникновения южных циклонов, что обуславливает вынос на территорию республики морских тропических масс воздуха. Всего повторяемость таких масс составляет 21% или 95 дней.

Только в конце календарной весны на территорию Армении начинают поступать континентальный тропический воздух, зарождающийся над территориями Турции и Ирана, Их повторяемость за исследуемый период составляет 9 % (40 дней).

Начало календарного лета связано с приходом континентальных воздушных масс умеренных широт, поступающих из районов Западной Европы, где наблюдается летняя активация антициклонической деятельности.

За исследуемый период отмечалось 165 дней (36 %) с вторжениями КУВ.

К особенностям летней циркуляции атмосферы над территорией республики относится поступление перегретого материкового воздуха тропической составляющей, сформированного на Аравийском полуострове.

Чаще всего континентальный тропический воздух становится преобладающим к середине лета, обуславливая самые высокие температуры воздуха в июле и августе, особенно высокие температуры отмечаются в районах Араратской долины и долине Зангезура.

Всего число случаев континентального воздуха тропических широт в это время года составляет 255 дней или 55%.

В отличие от континентального, морской тропический воздух летом на территорию республики проникает значительно реже, и только, в случаях, когда наблюдается юго-западная циркуляция, обуславливающая поступление воздушных масс из Средиземноморья.

Всего, за период исследования в летний период отмечено всего 40 дней, когда преобладал морской тропический воздух, т.е., в 9 % случаев.

С наступлением календарной осени, в сентябре, поступление теплых воздушных масс из континентальных тропических районов продолжается, и составляет 95 дней.

Увеличивается число дней до 70 с морскими тропическими воздушными массами, приходящими из Средиземноморья и насыщенные влагой, что связано с активной циклонической деятельностью на юго-западе.

К середине осени увеличивается повторяемость более холодных

континентальных воздушных масс из умеренных широт. Число дней с КУВ достигает 270, или 59%.

В последней декаде ноября могут наблюдаться вторжения холодных арктических масс (5 %, 20 дней).

Распределение воздушных течений тесно связано с атмосферным давлением, циклонической и антициклонической деятельностью (таблица 3.2)

Таблица 3.2 – Повторяемость различного барических образований над территорией Армении за период с 1990 по 2020 гг, %

Время года	циклоны	антициклоны
	Повторяемость %	Повторяемость %
зима	53	47
весна	59	41
лето	50	50
осень	49	51
год	53	47

Проведенный анализ многолетней повторяемости циклонов и антициклонов над территорией Армении, показал, что в среднем, в данном районе в течение года циклоническая активность незначительно выше (53%), чем антициклоническая (47 %).

Циклоны чаще наблюдаются в теплое время года, что обусловлено наличием в это время в южных широтах термической депрессии.

Наиболее часто на территорию республики приходят циклоны с западной и юго-западной стороны – около 7%, южных – 6%, с северной и северо-западной стороны циклоны наблюдаются только в 4 % случаев.

Чаще всего циклоническая деятельность на территории Армении связана с районами Средиземного моря, значительно реже – Черного.

Наибольшей активности над территорией Армении циклоны достигают в весенний период, приходя из районов Средиземного моря, они приносят с собой влажную и теплую погоду.

Активизация циклонической деятельности обуславливает в весенний период в Армении частую смену погодных условий, с ливневыми дождями, грозой и градом.

Чаще всего над территорией Армении неустойчивые погодные условия наблюдаются, когда наблюдается малоградиентное поле пониженного давления, его повторяемость является наибольшей по сравнению с другими формами циклонической циркуляции и составляют около 20% случаев.

На долю термической депрессии, формирующуюся над жаркими Ираком и Ираном, и которая наблюдается над Ереваном в летние месяцы приходится только 7%.

Именно благодаря поступлению тропического воздуха на территории республики влетом устанавливается очень сухая и жаркая погода.

Начало осеннего периода, в сравнении с весенним, более спокойное, первая половина осени по погодным условиям является продолжением лета.

Начиная с середины октября, погода начинает портиться и солнечную и сухую погоду сменяют интенсивные осадки, понижение температуры воздуха вплоть до заморозков в районе Еревана.

Только осень является временем года, когда повторяемость антициклонов превышает повторяемость циклонов над территорией Армении.

Из антициклонических форм чаще всего на территории Армении наблюдаются антициклоны и гребни азорского происхождения 10% и малоградиентное размытое поле повышенного давления 11 %,

Наибольший вклад в формировании погоды над Арменией вносит казахстанский антициклон, который, как и циклоны из ЕТР имеет повторяемость 7%, на долю остальных антициклонов – южного, скандинавского и сибирского приходится по 4%.

Наибольшее влияние на формирование летней погоды имеет южная термическая депрессия, которая в это время года имеет наибольшую повторяемость - до 35%. Также, в это время года нередко выходят западные азорские антициклоны, которые чаще всего наблюдаются в июле - около 60%,

Наибольшее влияние на формирование зимней погоды имеет гребень казахстанского антициклона, который достигает максимума повторяемости в январе около 8%. Также для зимы характерным является увеличение

повторяемости скандинавского и сибирского антициклонов до 12%.

Сложившиеся в районе Еревана синоптическая ситуация определяет режим давления (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Среднее многолетнее давление воздуха МС Ереван, за период с 1990 по 2020гг, гПа

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
916,3	914,5	912,2	910,4	910,6	908,4	906,3	907,6	911,3	915,2	916,3	917,0	912,2

В районе Еревана среднее многолетнее годовое давление составляет 912,2 гПа.

В зимнее время года, благодаря влиянию антициклонической деятельности, особенно отрога азиатского антициклона и азорского максимума, на территории Еревана давление выше среднегодового и достигает 916 гПа, максимум давления отмечается в декабре и составляет 917 гПа.

В летнее время года, территория города оказывается под влиянием циклонической деятельности, особенно большое влияние на погодные условия этого времени года оказывает депрессия, с центром расположения в южных районах Армении.

Действие депрессии определяет метеорологические условия всей территории Араратской долины. Сложившаяся синоптическая ситуация определяет режим давления, которое значительно понижается и составляет в среднем 907 гПа, минимум отмечается в июле и составляет 906,3гПа.

Температурные изменения обуславливают суточный ход атмосферного давления.

Вследствие влияния континентальных воздушных масс на территории Еревана в летний период проявляется континентальность климата, обуславливающая значительные суточные амплитуды температуры воздуха и как следствие изменение давления составляет 3-4 гПа.

В зимний период наблюдается более сглаженный суточный ход атмосферного давления, суточные изменения давления не превышают 1,5 - 2

гПа, но, при прохождении циклонов, давление может резко опуститься, иногда колебания давления могут достигать 20 гПа.

Летом, под влиянием барических систем изменение давления не превышает 5–10 гПа.

Проведенный в работе анализ циркуляционных процессов показал, что климат Армении формируется под влиянием целого комплекса атмосферных процессов различного происхождения.

3.2 Особенности ветрового режима г. Еревана

Ветровой режим Еревана обуславливает месторасположение города в сложных орографических условиях, окруженного крутыми склонами гор и характеризующихся значительными колебаниями высот над уровнем моря на сравнительно малой территории.

Помимо горного рельефа на формирование ветров в Ереване, их направление и скорость, оказывает влияние ряд атмосферных процессов различного происхождения.

Режим ветров летнего периода складывается под влиянием циклонической деятельности, (термобарического поля), которое устанавливается над территорией города в период с апреля по октябрь.

Режим ветров зимнего периода складывается под влиянием антициклонов, главенствующих над территорией Армянского нагорья и города Еревана в период с октября по апрель.

Помимо перечисленных процессов, на территории Еревана, вследствие местных орографических особенностей, обуславливающий мезо и микропроцессы, сформировался местный круговорот воздуха, также имеющий влияние на образование местных ветров.

Местные мезо и микропроцессы имеющие место на данной территории связаны с сильным влиянием рельефа, который нарушает и деформирует направление воздушных потоков, проникающих на территорию, вынуждая их

двигаться с учетом направленности ущелий и долин.

Максимальное влияние на образование местной циркуляции наблюдается в теплое время года, когда наиболее четко выражены температурные различия между склонами и долинами гор.

К проявлениям местной циркуляции относятся горно-долинные ветры, которые на территории Еревана сильно развиты и в ночное время представлены ветрами склонов северо-восточного направления, а в дневное время долинными ветрами юго-западного направления.

Основным особенностями ветрового режима г.Еревана является его изменение уже на небольших расстояниях.

В возвышенных районах города (Зейтун, Норк) и вдоль ущелья р. Раздан значительна повторяемость северных ветров, а в предгорных и южных районах – южных и юго-восточных.

Основными ветрами для города Еревана являются ветра северо-восточного направления, на повторяемость которых также оказывают влияние орографические условия.

В среднем, в течение года на их долю приходится от 19 до 35% в зависимости от района города.

Наименьшая их повторяемость 19 % отмечается в южном и юго-западном районах Еревана, наибольшая – в северных районах города - 35%.

В восточных районах годовая повторяемость северо-восточных ветров также высока и составляет 30%.

Ветры юго-западной составляющей наблюдаются в течение года в широких пределах от 5 до 21%, меньше всего их отмечается в восточных районах – всего 5%, максимальная повторяемость приходится на южные и юго-западные районы.

Реже других ветров на протяжении всего года на территорию города поступают ветры северо-западной составляющей, их средняя годовая повторяемость не превышает 5% случаев (таблица 3.4).

В годовом ходе повторяемость направлений ветра изменяется слабо,

основными ветрами во все сезоны года являются северо-восточные ветры, наибольшая повторяемость которых наблюдается в осеннее время от 30 до 40%.

Таблица 3.4 – Повторяемость ветра по направлениям, за период с 1990 по 2020гг, %

период года	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
АМСГ Ереван южные районы									
зима	4	11	15	16	15	25	9	5	64
весна	6	17	10	18	16	16	10	7	41
лето	11	27	6	11	16	16	8	5	31
осень	5	19	15	13	16	20	8	4	44
год	6	19	12	14	16	19	9	5	48
ГМО Ереван северные районы									
зима	11	33	9	9	7	23	5	3	45
весна	14	32	6	9	8	20	8	3	19
лето	23	34	5	5	4	20	6	2	15
осень	14	40	7	6	5	20	6	2	25
год	16	35	7	7	6	21	6	2	26
МС Ереван восточные районы									
зима	23	23	11	10	10	6	10	7	43
весна	16	26	15	10	12	7	10	4	25
лето	18	34	14	9	15	4	4	2	13
осень	17	36	13	8	14	4	5	3	28
год	19	30	13	9	15	5	7	4	37
АМСГ Ереван западные районы									
зима	11	27	8	10	15	13	11	6	80
весна	10	25	10	13	16	10	10	6	37
лето	15	31	8	11	16	10	7	4	26
осень	12	31	9	10	16	10	7	5	56
год	12	28	9	11	16	10	9	5	50

Влияние северо-восточных ветров распространяется на всю территорию города, за исключением южных районов (рисунок 3.1).

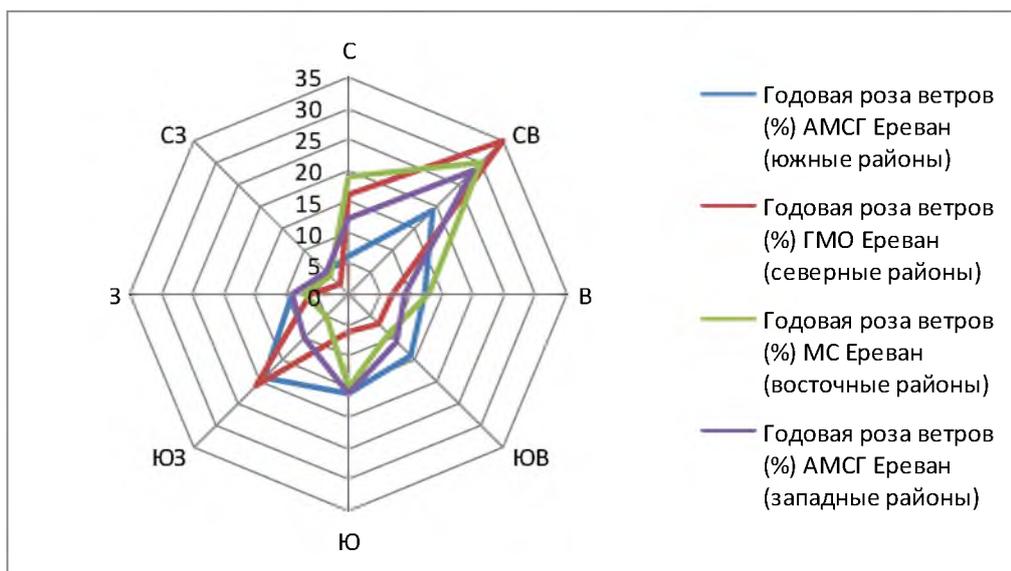


Рисунок 3.1 – Годовая роза ветров на территории Еревана по районам города, %

Юго-западные ветры являются вторыми для Еревана по влиянию на погодные условия, их повторяемость за исключением восточных районов города увеличивается в зимний период года и составляет около 20%. В восточных районах на протяжении всего года не превышает 7% (рисунок 3.2).

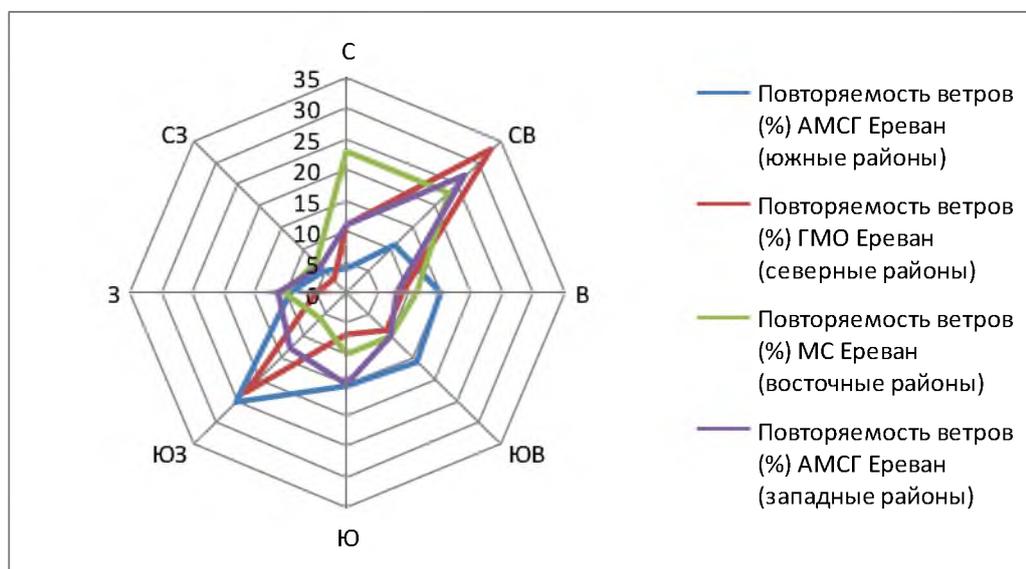


Рисунок 3.2 – Роза ветров на территории Еревана в январе, %

Реже других на территории города проникают ветры северо-западного направления, повторяемость которых в среднем около 5 - 6 %. в зимнее время повторяемость этих ветров в северных районах снижается до 3 % (рисунок 3.3).

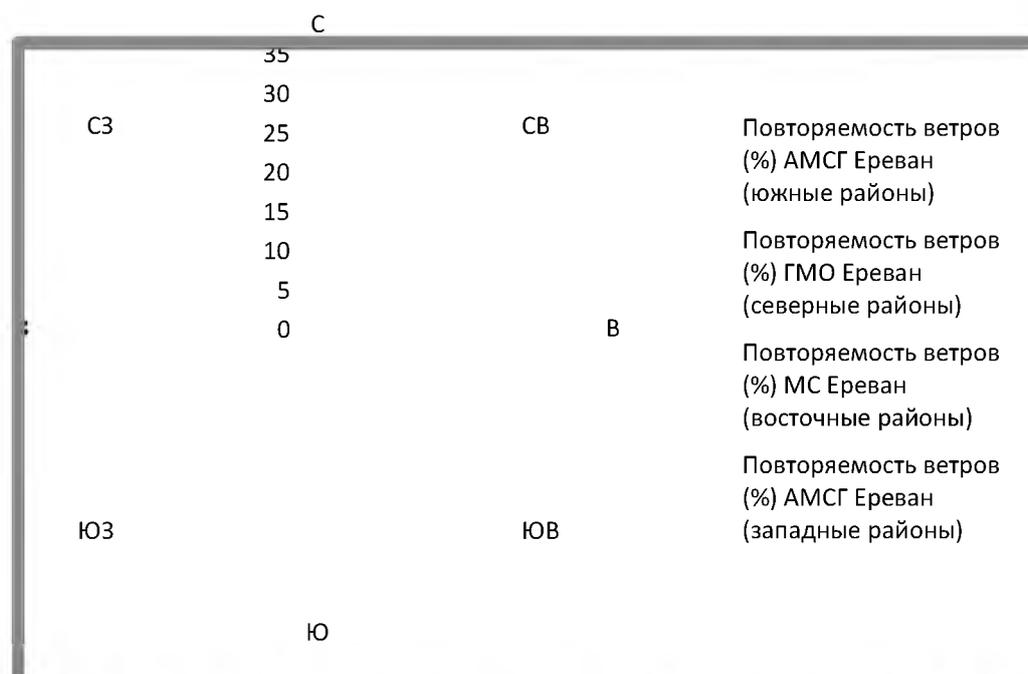


Рисунок 3.3 – Роза ветров на территории Еревана в июле, %

Благодаря сложившемуся рельефу и обусловленным им местными мезо и микропроцессами на территории города в течение всего года отмечается довольно выраженный суточный ход направления ветра, особенно четко он проявляется в теплый период.

В течение всего года в вечернее и ночное время чаще всего повторяется ветер восточного направления, в теплый период года в это время нередко наблюдаются северные ветры.

В утренние часы ветер меняет свое направление на южное и юго-западное, данные ветры дуют на протяжении всего дня.

В дневные часы преобладают юго-западные и южные потоки.

Средняя многолетняя скорость ветра в районе Еревана составляет 1,5-2,1 м/с.

Наибольшими скоростями обладают ветры северного и северо-восточного направлений.

Наименьшие скорости ветра отмечаются в южных районах города, в зимний период года скорость ветра здесь находится в пределах 0,6 м/с (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Средняя скорость ветра за период с 1990 по 2020гг, м/с

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
АМСГ Ереван южные районы													
Средняя скорость	0,6	1,0	1,0	1,7	1,7	2,2	2,7	2,2	1,4	0,8	0,7	0,5	1,4
ГМО Ереван северные районы													
Средняя скорость	1,0	1,3	2,0	2,2	2,2	2,9	3,6	3,4	2,5	1,9	1,5	1,0	2,1

Годовой ход скорости ветра четко выражен. Средние минимальные скорости ветра отмечаются в холодное время года, когда снижается циклоническая деятельность.

С наступлением весны скорость ветра увеличивается до 2 м/с, в теплые летние месяцы скорость ветра достигает максимальных значений 3,6 м/с (июль-август) (рисунок 3.4).

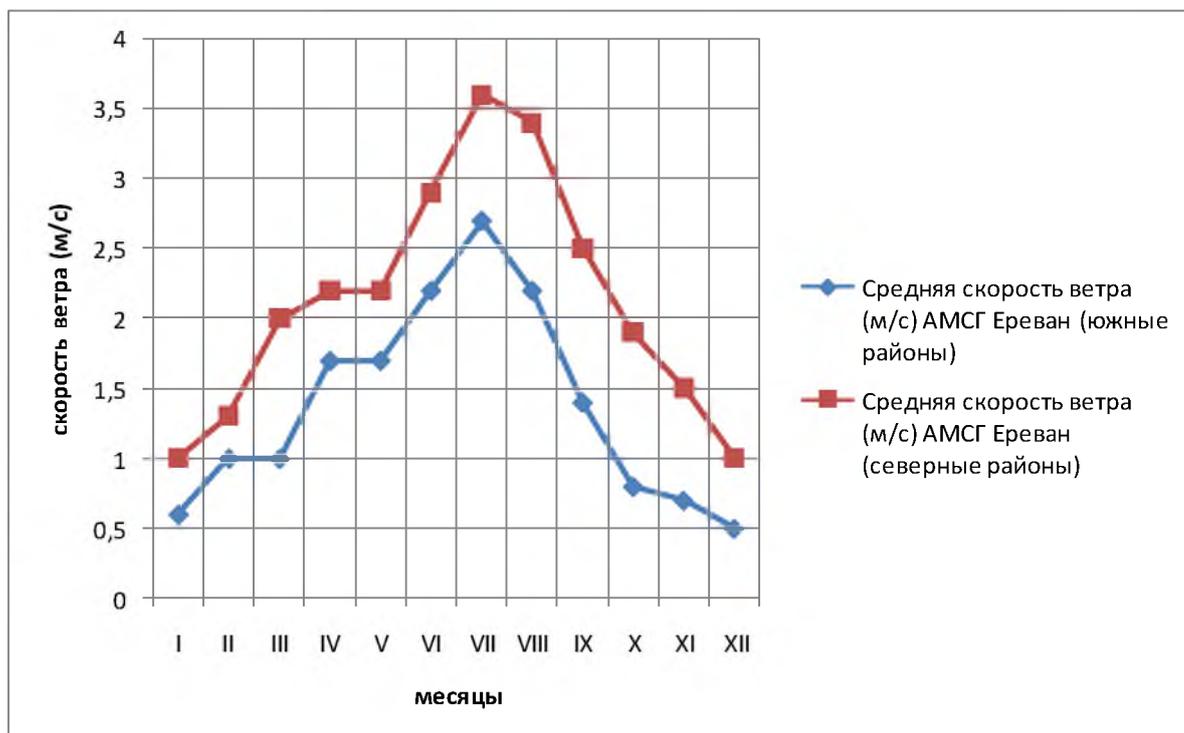


Рисунок 3.4 – Средняя скорость ветра за период с 1990 по 2020гг, м/с

Суточный ход скорости ветра наиболее резко проявляется в теплое время года с минимальными значениями в утренние часы (в период с 07 час до 08 час)

и максимумом в вечернее время (около 21 час) (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) в различные часы суток

время	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
АМСГ Ереван													
21-00	0,4	0,3	0,9	1,3	1,7	3,4	6,0	6,0	2,3	0,8	0,2	0,3	2,0
00-00	0,2	0,2	0,7	1,1	1,0	2,0	3,4	3,1	1,4	0,5	0,3	0,2	1,2
03-00	0,3	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,9	0,6	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4
06-00	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3
09-00	0,2	0,3	0,9	1,2	1,1	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,3	0,1	0,7
12-00	0,6	0,9	2,0	2,4	2,2	1,8	1,4	1,1	1,0	1,1	1,1	0,7	1,4
15-00	0,6	0,8	2,3	2,7	2,9	2,6	2,0	1,6	1,1	1,2	0,8	0,7	1,6
18-00	0,2	0,3	1,7	2,0	2,4	2,9	2,4	2,9	1,0	0,4	0,4	0,3	1,6
ГМО Ереван													
21-00	1,0	1,1	2,0	2,5	2,7	4,5	7,3	7,4	7,4	2,8	1,7	1,1	3,2
00-00	1,1	1,0	2,0	2,5	2,4	3,8	5,3	5,1	3,5	2,4	1,6	1,0	2,6
03-00	1,0	1,1	1,8	1,9	2,1	2,5	3,0	3,0	2,2	2,0	1,4	1,1	1,9
06-00	0,9	0,9	1,6	1,7	1,6	1,7	1,9	1,9	1,7	1,9	1,3	1,0	1,6
09-00	0,7	0,7	1,3	1,6	1,6	1,5	1,2	1,2	1,1	0,9	0,6	0,6	1,1
12-00	1,3	1,6	2,4	2,6	2,2	2,0	1,8	1,8	1,7	1,8	1,5	1,2	1,8
15-00	1,2	1,5	2,5	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	1,6	1,6	1,3	1,1	1,9
18-00	0,6	0,7	2,0	2,3	2,3	2,9	4,7	4,3	1,5	1,0	0,8	0,8	2,0

Суточный ход ветра в зимнее время слабо выражен, но наблюдается два минимума - в 09 час и 18 час, когда отмечается скорость ветра менее 1 м/с.

Нередко на территории города наблюдается штилевая погода, особенно

часто проявляющаяся в зимнее время года, когда устанавливаются антициклоны.

В среднем, повторяемость штилей зимой может достигать 50–60 %, причем, в суточном ходе максимум штилей наблюдается в ночные часы.

Штили являются особенностью погодных условий в зимнее время года, т.к., нередко их продолжительность может составлять несколько суток.

Суммарная продолжительность ветра и повторяемость скорости ветра для градации от 0 до 1 м/с приведена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Средняя суммарная продолжительность ветра за период с 1990 по 2020гг, (час)

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VII I	IX	X	XI	XII	Год
Продолжительность, час	348	265	154	93	99	91	74	98	138	163	202	298	2023
Повторяемость скорости 0-1 м/с, %	17,2	13,1	7,6	4,6	4,9	4,5	3,7	4,5	6,8	8,1	10,0	14,7	100

Средняя продолжительность ветров в течение года за исследуемый период на территории города составила 2023 час, причем, несмотря на небольшие скорости ветра в зимнее время, ветры, которые наблюдаются в городе в это время являются самыми продолжительными.

В период с ноября по февраль включительно в городе отмечается средняя суммарная продолжительность ветра более 200 час, с максимальными значениями в январе (348 час).

Повторяемость скоростей ветра до 1 м/с в январе составила 17%.

Максимальная скорость ветра на территории города отмечалась в январе 1996 г. в южной части города и составила 34 м/с.

В таблице 3.8 представлены данные максимальных скоростей ветра за период с 1990 по 2020гг, м/с.

Необходимо отметить, что на территории Еревана сильные ветры скоростью более 15 м/с наблюдаются не часто (рисунок 3.5).

В среднем, за год число дней с сильными ветрами не превышает 30, максимальное их количество составило 72 дня.

Таблица 3.8 – Максимальная скорость ветра за период с 1990 по 2020гг, м/с

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
АМСГ Ереван южные районы													
Абсолютный максимум скорости	34	28	24	20	20	24	20	20	20	20	20	20	34
ГМО Ереван северные районы													
Абсолютный максимум скорости	14	17	20	20	17	20	24	24	20	18	14	16	24

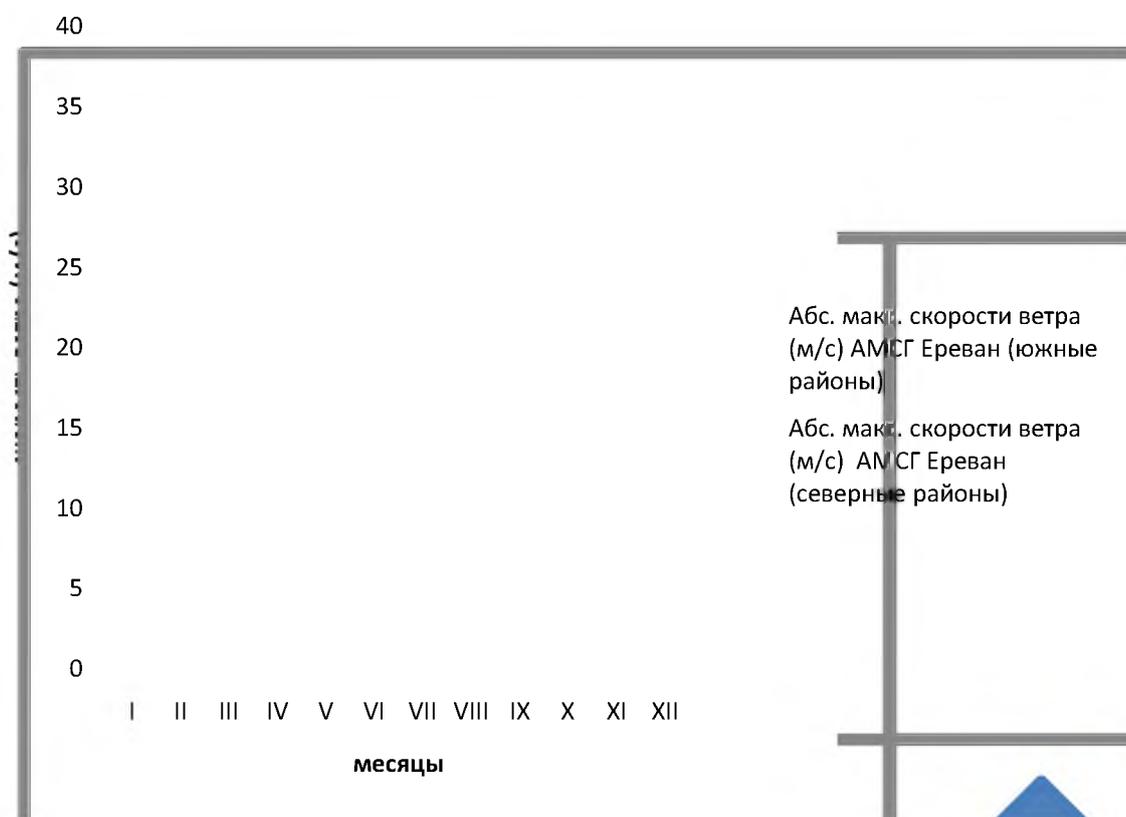


Рисунок 3.5 – Распределение абсолютных максимальных скоростей ветра

Чаще всего сильные ветры отмечаются с марта по сентябрь включительно, в зимнее время такие ветры носят эпизодический характер.

Образование сильных ветров обуславливает усиление горно-долинной циркуляции в теплое время года. В среднем, в течение года число дней с сильным ветром изменяется от 0,4 до 7 (таблица 3.9, рисунок 3.6).

Таблица 3.9 – Среднее многолетнее число дней с сильным ветром за период с 1990 по 2020гг, дни

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
АМСГ Ереван													
Среднее число дней	0,8	0,9	2,0	2,4	2,7	4,6	7,1	5,5	2,5	0,8	0,5	0,4	30,0
ГМО Ереван													
Среднее число дней	0,1	0,2	1,2	0,7	1,1	4,4	7,7	4,7	2,4	0,2	0,2	0,1	23,1

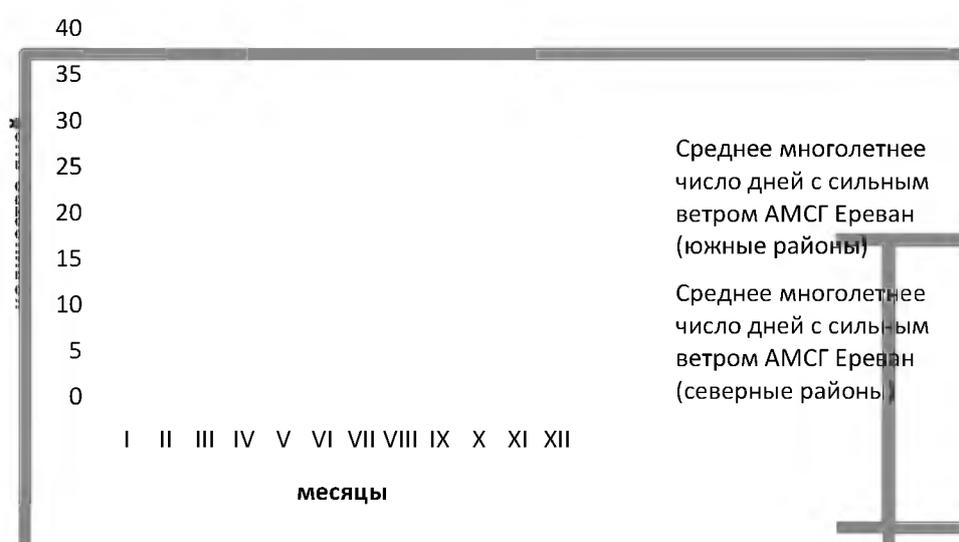


Рисунок 3.6 – Среднее многолетнее число дней с сильным ветром

За период с 1990 по 2020гг средняя суммарная продолжительность сильных ветров в районе АМСГ Ереван составляет около 17 час (июль), наибольшая продолжительность наблюдалась в июле 1996 г. и составила 73 час (таблица 3.10, рисунок 3.7).

Таблица 3.10 – Средняя суммарная продолжительность сильного ветра (> 15м/с) за период с 1990 по 2020гг, АМСГ Ереван, час

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
средняя	2,5	3,0	5,3	3,5	3,8	6,9	17,0	11,8	3,1	0,6	0,8	1,1	60,0
наибольшая	15,0	16,0	41,2	14,0	14,2	18,8	73,0	44,5	12,8	4,2	4,5	8,0	185

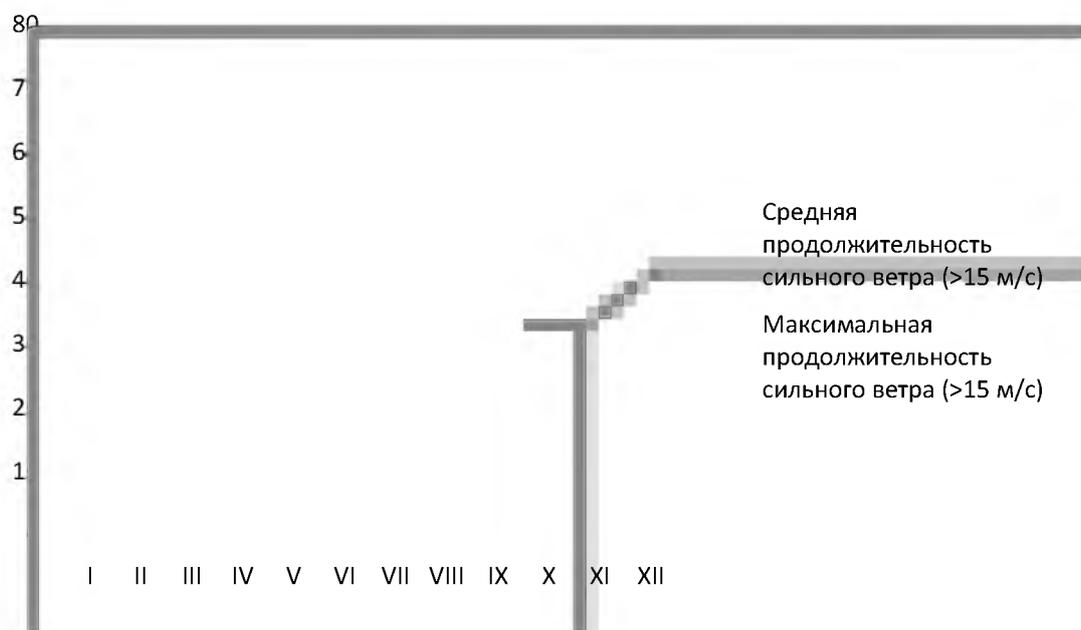


Рисунок 3.7 – Суммарная продолжительность сильного ветра

Для сильных ветров, со скоростью более 15 м/с, наблюдающихся в районе Еревана характерны северо-восточное и северное направление, повторяемость которых возрастает в теплый период года (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Повторяемость сильных ветров за период с 1990 по 2020гг, АМСГ Ереван, %

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	0	0	0	27	27	19	18	9
II	0	7	0	60	20	0	7	6
III	8	0	0	21	17	16	25	13
IV	9	0	9	27	0	18	28	9
V	9	23	7	15	8	0	31	8
VI	18	54	0	0	5	5	0	18
VII	19	75	0	0	0	2	2	2
VIII	24	68	0	0	0	0	3	5
IX	21	79	0	0	0	0	0	0
X	0	50	0	0	0	0	50	0
XI	0	0	0	50	25	0	25	0
XII	14	15	0	57	0	0	14	0
Год	14	42	4	10	5	7	11	7

В среднем, повторяемость сильных ветров северо-восточного направления в течение всего года составляет более 40%, северных ветров – 14%, юго-восточного и западного - по 10% (рисунок 3.8)

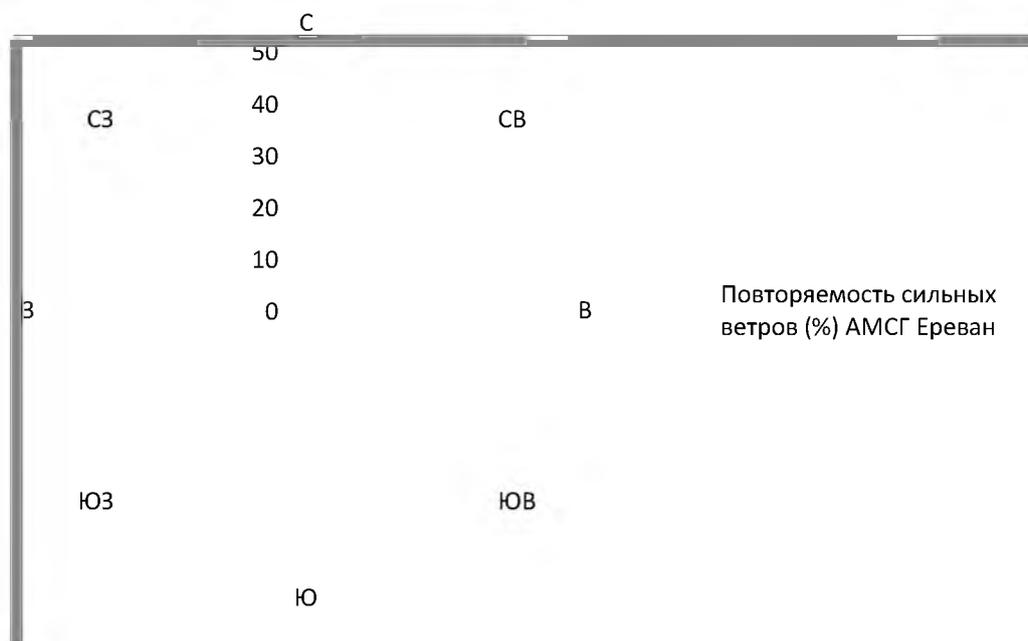


Рисунок 3.8 – Роза сильных ветров АМСГ Ереван

Отличительной особенностью сильных ветров на территории Еревана является их продолжительность.

Высокая продолжительность сильных ветров обусловлена большим контрастом температур озера Севан и Араратской долины, который усиливается под влиянием термического циклона, расположенного на юге и азорского антициклона со стороны Черного моря.

Почти на протяжении всего года наибольшую скорость имеет ветер северо-восточной составляющей, являющийся преобладающим для Еревана.

Ветра юго-западного направления обуславливают высокие скорости в январе, когда максимальная скорость достигала 34 м/с и весенние месяцы (20-24 м/с).

Также наибольшими скоростями обладают сильные ветры северного направления, с малой годовой повторяемостью - всего 14%. Исключение составляют северные ветры, образующиеся в летний период, когда их скорость

может возрасти до 24 м/с (июнь).

Анализ таблицы показал, что высокие скорости на территории Еревана возможны при ветре любого направления (таблица 3.12, рисунок 3.9).

Таблица 3.12 – Наибольшая скорость сильных ветров по направлениям за период с 1990 по 2020гг, АМСГ Ереван, м/с

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	7	10	6	18	18	34	24	20
II	12	28	5	18	17	12	17	17
III	20	10	9	17	18	24	18	18
IV	17	14	16	17	12	20	18	17
V	17	20	17	17	16	14	18	17
VI	24	20	12	14	17	20	14	20
VII	20	20	9	12	10	17	17	16
VIII	20	20	12	10	7	10	20	18
IX	18	20	9	7	14	9	12	12
X	12	17	10	12	9	16	2-	12
XI	10	7	9	20	17	14	17	12
XII	17	17	10	18	10	7	20	12
Год	24	28	17	20	18	34	24	20

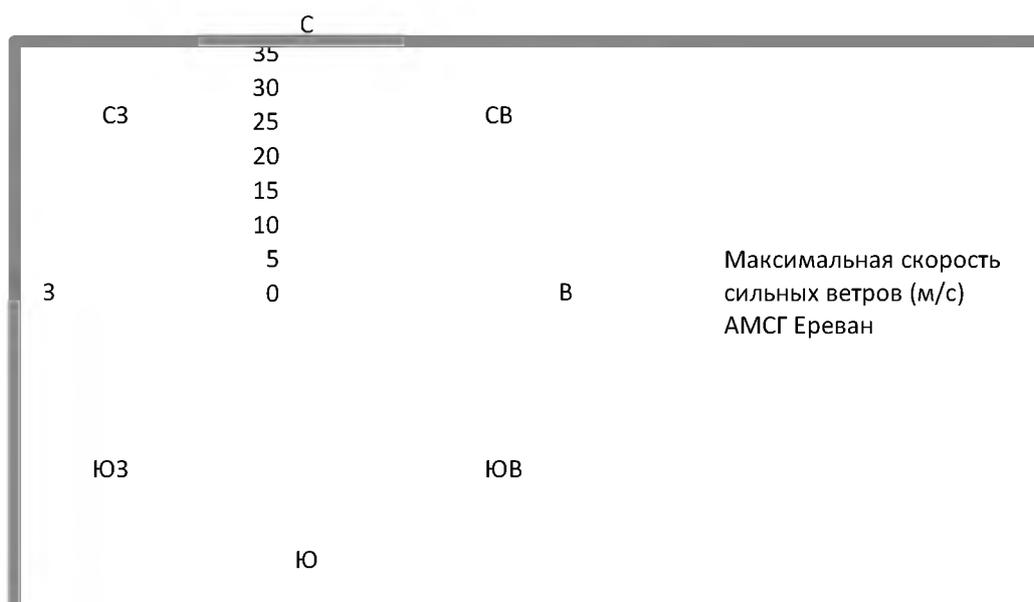


Рисунок 3.9 – Роза ветров средней наибольшей скорости сильных ветров АМСГ Ереван, м/с

Вероятность наибольшей скорости ветра приведена в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Наибольшая скорость ветра различной вероятности АМСГ Ереван, м/с

Период времени	Значения скорости ветра, возможные один раз за период времени				
	год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
скорость	20	25	26	27	29

Сильный ветер со скоростью 20 м/с возможен каждый год, со скоростью 25 м/с каждые 5 лет. Один раз в 20 лет в Ереване есть вероятность возникновения ветров со скоростью 29 м/с.

В работе проведен анализ влияния скорости ветра на температуру воздуха.

Наиболее низкая температура в годовом ходе отмечается при установлении штилевой погоды, в зимний период года температура при штиле может опускаться до $-8,5^{\circ}\text{C}$, при восточных ветрах до $-5, 0^{\circ}\text{C}$ (таблица 3.14, рисунок 3.10).

Таблица 3.14 – Средняя температура воздуха при различных направлениях ветра, $^{\circ}\text{C}$

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	-1,2	-2,6	-4,7	-0,8	-0,5	-1,0	-1,6	0,1	-4,3
II	-0,7	0,1	-1,0	1,2	1,1	1,5	1,8	2,6	-1,8
III	6,1	5,0	4,0	5,6	8,8	7,7	7,8	8,0	-3,4
IV	12,3	11,5	11,5	12,6	13,6	14,7	15,1	14,3	10,8
V	18,3	16,3	16,1	18,0	18,8	20,6	20,4	19,3	16,5
VI	22,6	21,9	19,4	20,6	23,4	24,6	24,2	23,3	20,3
VII	26,1	25,4	23,1	23,4	27,1	28,7	28,6	25,9	20,3
VIII	25,1	24,7	22,7	23,3	27,1	28,7	28,0	27,1	24,2
IX	21,1	20,0	17,9	18,7	24,0	25,4	23,7	22,7	18,4
X	13,8	13,1	11,3	12,9	17,6	17,6	17,4	15,8	11,6
XI	7,2	6,3	5,5	7,6	10,0	10,9	9,2	8,7	5,6
XII	-0,5	-0,6	-1,8	0,5	2,8	2,8	0,0	1,9	-8,5
Год	12,5	11,8	10,3	12,0	15,2	15,2	14,6	14,1	9,7

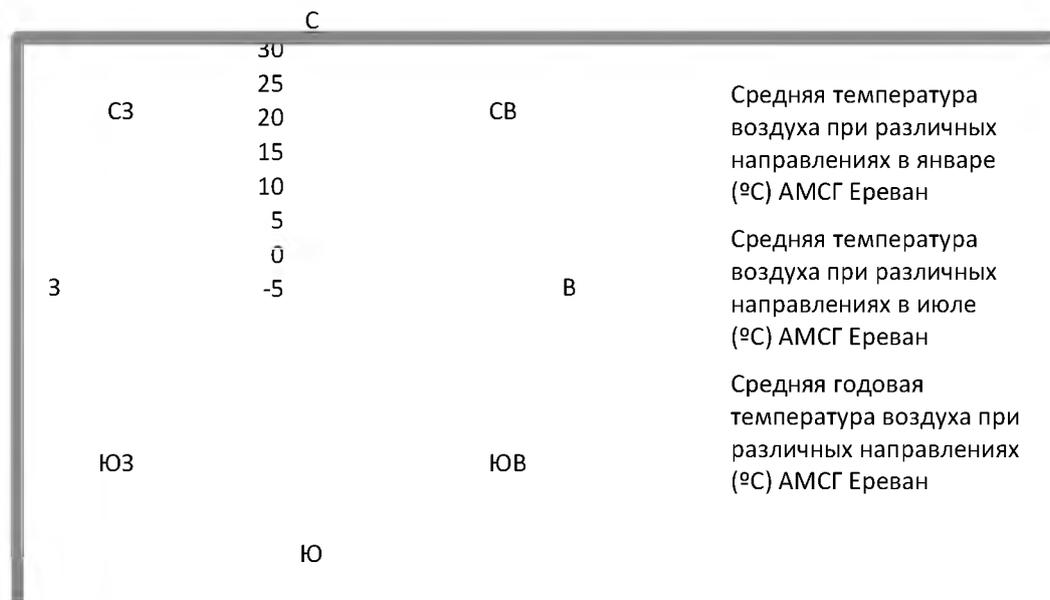


Рисунок 3.10 – Средняя температура воздуха при различных направлениях ветра, °С

Самая высокая температура зимой отмечается при ветрах южной составляющей.

При преобладающих северо-восточных ветрах температура воздуха изменяется в зимнее время отмечается пределах от - 2,6 до 0,1°С.

В летний период года самые высокие значения температуры воздуха отмечаются при юго-западных и западных ветрах, самые низкие значения – при восточных ветрах.

В теплое время года при установлении сухой погоды, на территории города могут наблюдаться пыльные бури, особенно этому явлению подвержены южные районы Еревана.

Среднее многолетнее число дней с пыльной бурей в г. Ереване составляет около 10 дней.

Необходимо отметить, что на возвышенных озелененных участках города пыльные бури практически никогда не наблюдаются, поэтому в городе для снижения последствий пыльных бурь проводится комплекс работ по озеленению и благоустройства Еревана.

Заключение

Армения расположена в Закавказье, к югу от России между Чёрным и Каспийским морями, в северо-восточной части древнего вулканического Армянского нагорья, окружена отрогами Малого Кавказского хребта.

Город Ереван, являющийся столицей Армении, с трех сторон окружен горами, и характеризуется сложным горным рельефом с большим перепадом высот: самая низкая точка 860 м, самая высокая – 1510 м.

Расчлененность и своеобразие рельефа создают большое разнообразие климатических условий, образуя местные микроклиматические подрайоны, отличающиеся друг от друга тепловым режимом, количеством осадков и влажностью.

Проведенный в работе анализ ветрового режима выявил следующее:

1. Ветровой режим Еревана обуславливает месторасположение города в сложных орографических условиях, окруженного крутыми склонами гор и характеризующихся значительными колебаниями высот над уровнем моря на сравнительно малой территории.
2. Режим ветров летнего периода складывается под влиянием циклонической деятельности, (термобарического поля), которое устанавливается над территорией города в период с апреля по октябрь.
3. Режим ветров зимнего периода складывается под влиянием антициклонов, главенствующих над территорией Армянского нагорья и города Еревана в период с октября по апрель.
4. Местные мезо и микропроцессы имеющие место на данной территории связаны с сильным влиянием рельефа, который нарушает и деформирует направление воздушных потоков, проникающих на территорию, вынуждая их двигаться с учетом направленности ущелий и долин.
5. Максимальное влияние на образование местной циркуляции наблюдается в теплое время года, когда наиболее четко выражены температурные различия между склонами и долинами гор.

6. К проявлениям местной циркуляции относятся горно-долинные ветры, которые на территории Еревана сильно развиты и в ночное время представлены ветрами склонов северо-восточного направления, а в дневное время долинными ветрами юго-западного направления.
7. Основными особенностями ветрового режима г.Еревана является его изменение уже на небольших расстояниях.
8. В возвышенных районах города (Зейтун, Норк) и вдоль ущелья р. Раздан значительна повторяемость северных ветров, а в предгорных и южных районах – южных и юго-восточных.
9. Основными ветрами во все сезоны года являются северо-восточные ветры, наибольшая повторяемость которых наблюдается в осеннее время от 30 до 40%, на долю юго-западных приходится около 20%.
10. Реже других ветров наблюдаются ветры северо-западной составляющей, их средняя годовая повторяемость не превышает 5% случаев.
11. Средняя многолетняя скорость ветра в районе Еревана составляет 1,5-2,1 м/с. Наибольшими скоростями обладают ветры северного и северо-восточного направлений.
12. Максимальные значения скорости ветра (3,6 м/с) отмечаются в теплое время года, минимальные в холодное время.
13. Суточный ход скорости ветра наиболее резко проявляется в теплое время года с минимальными значениями в утренние часы (в период с 07 час до 08 час) и максимумом в вечернее время (около 21 час)
14. Штили являются особенностью погодных условий в зимнее время года, т.к., нередко их продолжительность может составлять несколько суток.
15. Чаще всего сильные ветры отмечаются с марта по сентябрь включительно, в зимнее время такие ветры носят эпизодический характер
16. Для сильных ветров, со скоростью более 15 м/с, наблюдающихся в районе Еревана характерны северо-восточное и северное направление, повторяемость которых возрастает в теплый период года.

Список использованной литературы

1. Алексанян, Г.П. Геоэкологические особенности и последствия природопользования территории Республики Армения (географический аспект). – Ереван, 2013. – 132 с.
2. Александрян, Г.А. Атмосферные осадки в Армянской ССР. – Ереван: изд. АН АрмССР, 1971. – 190 с.
3. Ансберг, Н.А. О тектоническом строении западной части Северного Кавказа // Вестн. Ленинградского ун-та. – 1985. – № 1. – С. 17-21.
4. Агрометеорологические ресурсы Армянской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 388 с.
5. Багдасарян, А.Б. Климат Армянской ССР. – Ереван: изд. АН Арм ССР, 1958. – 10 с
6. Барашкова, Н.К., Кужевская, И.В., Поляков, Д.В. Классификация форм атмосферной циркуляции: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2015. – 124 с.
7. Борисенко, М.М., Заварина, М.В. Особенности ветрового режима в нижнем слое атмосферы над городом // Труды ГГО. – 1991. – Вып. 283. – С. 12-21.
8. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
9. Дроздов, О.А., Васильев, В.А., Кобышева, Н.В. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
10. Занина, А.А. Кавказ. Вып. 2. Климат СССР. – Л.: ГИМИЗ, 1961. – 290 с.
11. Зубян, Г.Д. Об атмосфере над Арменией. – Ереван, 1969. – 79 с.
12. Кислов, А.В. Климатология: учеб. / А.В. Кислов, Г.В. Суркова. – 4-е изд., испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 324 с.
13. Кристостурян, Р.Т. Климатическое описание Армянской ССР. – М.: «Эксмо», 1999. – 81 с.
14. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.:

- Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
15. Муравьев, А.В. Режим атмосферной циркуляции и долгосрочный метеорологический прогноз. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 36 с.
 16. Мнацакян, Б.П. Водный баланс Армении. – Ереван, 2005. – 137 с.
 17. Нерсисян, А.Г. Климат города Еревана. – Л.: Гидрометеиздат, 1950. – 66 с.
 18. Переведенцев, Ю.П. Теория общей циркуляции атмосферы: учеб. пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев и др.; науч. ред. Э.П. Наумов. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 224 с.
 19. Пиловец, Г.И. Метеорология и климатология: учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 399 с.
 20. Русин, И.Н., Арапов, П.П. Основы метеорологии и климатологии. – СПб.: Гидрометиздат, 2008. – 198 с.
 21. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 416 с.
 22. Сидорова, Л.П. Метеорология и климатология. Часть 1. Метеорология. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 198 с.
 23. Сидоров, В.В. Климатология и метеорология. – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет, 2006. – 146 с.
 24. Темникова, Н.С. Климат Северного Кавказа и прилежащих степей. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.
 25. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов М.А. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 582 с.