



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

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности  
предприятий природопользования

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

На тему «Условия образования фенів в горной зоне Республики Адыгея»

Исполнитель Бабич Игорь Владимирович

Руководитель д.г.н. , профессор Яйли Ервант Аресович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«27» 01 2020 г.

Туапсе  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Физико-географические и климатические условия Республики Адыгея.....	6
1.1 Орографические характеристики исследуемой территории .....	6
1.2 Климатические условия исследуемой территории.....	7
2 Классификация, общие сведения о фенах и условиях их образования.....	14
2.1 Понятие о фенах, их сущность и связь с явлениями погоды .....	14
2.2 Повторяемость и продолжительность фенов, ее связь с метеорологическими условиями .....	22
3 Аэросиноптические условия образования фенов в районе Майкоп.....	33
3.1 Типы синоптических процессов, обуславливающих фены.....	33
3.2 Аэросиноптические условия прогнозирования фенов в районе Майкопа.....	39
Заключение .....	46
Список использованной литературы.....	49

## Введение

В России большая часть сельскохозяйственных полей сосредоточена в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Континентальность климата этих районов является причиной частых засух и суховеев. Поэтому обеспечение устойчивых высоких, неуклонно увеличивающихся урожаев требует освобождения сельского хозяйства от вредного воздействия засух и суховеев.

Природа засушливых явлений, их повторяемость в различных районах, эффективность агротехнических мер борьбы с ними изучаются многими научными учреждениями. Установлено, что растения, получающие одинаковое количество осадков при одинаковых высоких температурах, вызванных засухами, могут или испытывать или не испытывать состояние угнетения. Это зависит от уровня применяемой агротехники.

Засухи и суховеи - явление сложное, представляющее собой сочетание недостатка осадков и повышенной испаряемости, погодные аномалии, неблагоприятные для развития растений, наносящие ущерб сельскому хозяйству и естественным экосистемам. Засуха выражается в длительном преобладании сухой погоды, истощении запасов почвенной влаги и негативных отклонениях в вегетации растений.

Суховой – это более или менее сильный ветер с высокой температурой (обычно более 20-25 градусов) и низкой влажностью воздуха (ниже 30%), вызывающий быстрое увядание растений.

Потребность растений во влаге определяется метеорологическими условиями, биологическими особенностями растений и уровнем агротехники.

Установлено, что во влажные годы, когда растения полностью обеспечены влагой, величина 0,6 суммы среднесуточных значений дефицита влажности воздуха (в миллиметрах) выражает обычно оптимальную потребность во влаге посевов яровой пшеницы в период посев – колошение. Для периода колошение – восковая спелость оптимальная потребность яровой пшеницы во влаге выражается 0,4 суммы среднесуточных дефицитов

влажности воздуха.

Различные растения по-разному реагируют на степень засушливости. Например, растения сухих степей могут нормально развиваться в таких условиях, которые для влаголюбивых растений лесной зоны будут так же губительны, как при сильной засухе. По-разному на степень засушливости реагируют одни и те же растения, но в различные фазы их развития. Степень засушливости может также регулироваться уровнем агротехники, оказывающей влияние на рост растений в условиях засухи.

Во многих горных регионах земного шара, в том числе Республике Адыгея, засухи и суховеи зачастую связаны с фенами. Феном называются нисходящие (катабатические) ветры, дующие с гор и сопровождающиеся ростом температуры и понижением влажности воздуха. Это ветры направленной циркуляции, развивающиеся вследствие механического возмущения поля ветра.

Высокая температура и низкая относительная влажность во время фена приводит к резкому снеготаянию, а летом к большим паводкам на горных реках, к засухам и суховеям. На крайнем юге Средней Азии в это время плодовые деревья лишались листьев и плодов. Иногда фен сопровождается местными пожарами. Негативная роль фёнов зарегистрирована и в Республике Адыгея. Станция Майкоп находится на северном склоне Кавказского хребта и располагается в почти меридионально ориентированной и открытой на север долине реки Белой. Относительное превышение достигает от 500 до 700 м.

Дни с фенами отбирались по следующим критериям: юго-западное направление ветра со скоростями 12-15 м/с и более, повышение температуры воздуха за 3 часа на 4-5° и больше, падение относительной влажности до 30% и менее.

Представление о характере воздушных местных течений, к которым относятся фёны, можно получить только в результате глубокого анализа метеорологических и физико-географических условий и характера их взаимодействия, приводящих к образованию фёнов. Знание этих условий

позволяет выявить климатические зоны, благоприятные для развития фенов при отсутствии непосредственных наблюдений в данной точке. Эти же факторы позволяют составить краткосрочный прогноз фенов, если известны общие условия и топография окружающего района.

Актуальность темы обусловлена необходимостью освоения новых территорий, имеющих разнообразие географического положения и климата.

Объект исследования – физико-географические и климатические условия республики Адыгея.

Предмет исследования – фены горной зоны и их связь с засухами.

Цель исследования – обстоятельно рассмотреть причины возникновения засух и фёнов, особенно в пределах горной зоны республики Адыгея. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

- составить физико-географическое описание района исследования;
- описать общие климатические условия исследуемой территории;
- выявить связь данных шаропилотных наблюдений и радиозондовые наблюдения по станции Майкоп;
- выявить связь скорости ветра при фенах с атмосферными фронтами;
- повторяемость и продолжительность фенов, ее связь с метеорологическими условиями;
- аэросиноптические условия образования фенов в районе Майкоп.

# 1 Физико-географические и климатические условия Республики Адыгея

## 1.1 Орографические характеристики исследуемой территории

Республика Адыгея расположена в центральной части Северо-Западного Кавказа, в бассейнах рек Кубани, Лабы и Белой, между  $45^{\circ}13'$  и  $43^{\circ}46'$  с. ш. и  $38^{\circ}41'$  и  $40^{\circ}46'$  в. д.

С севера и северо-востока территория республики ограничена р. Кубанью и ее притоком Лабой, с юга - Главным Кавказским хребтом; на юго-востоке и юго-западе – изломанной линией, в той или иной степени отражающей исторические особенности расселения адыгских племен в бассейнах рек Чехрак, Фарс, Гиага, Белая, Пшиш, Псекупс, Афипс и др. На севере Республика Адыгея граничит с административной территорией г. Краснодар, Динским и Усть-Лабинским районами; на северо-востоке – с Курганинским, на востоке – с Лабинским и Мостовским районами; на юге – с Сочинским районом; на западе и юго-западе – с Апшеронским, Белореченским, Горяче-Ключевским и Северским районами Краснодарского края [10, с. 98].

Протяженность территории республики с севера на юг – 208 км, с запада на восток – 165 км; занимаемая площадь – 7790 кв. км; в ней проживает более 450 тыс. чел. В состав республики входят 7 административных районов: Гиагинский, Кошехабльский, Шовгеновский, Красногвардейский, Майкопский, Тахтамукайский, Теучежский.

Территория Республики Адыгея расположена в основном на слабоволнистой равнине, по своим высотным отметкам близкой к уровню моря на севере и поднимающейся на юго-востоке к Лаббе до 300 м. Равнинная часть простирается до линии Майкоп – Лабинск. Постепенно она переходит в область предгорий с высотами до 900 м над уровнем моря, а затем в зону горного, резко расчлененного рельефа с вершинами гор высотой около 3000 м.

Горный рельеф в значительной мере способствует видоизменению циркуляции воздушных масс.

Горная часть Адыгеи относительно невелика, – ее площадь составляет 2,2

тыс. кв. км; протяженность с севера на юг 70 км. Территорию горной части республики составляют среднегорные хребты – Лесистый, Пастбищный, Скалистый; высокогорная зона – это куэстовые гряды Большого Тхача, отроги Передового и Главного Кавказского хребта. Самые высокие точки республики – это вершины Чугуш (3238 м), Тыбга (3064 м) и Фишт (2867 м). Большая часть горного массива покрыта вечными снегами и льдом. Восточнее Оштена находится плато Лагонаки, западнее – гора Гузерипль, с которой берет начало одноименная река. За Оштенем возвышается двугорбый массив Фишта. Принимая во внимание, что решающее значение для развития рекреации имеют природные условия предгорной и, в основном, горной части региона, есть необходимость несколько подробнее рассмотреть особенности рельефа именно этих двух высотных зон Республики Адыгея [2, с. 104].

Полоса предгорий тянется от г. Майкопа, расположенного на высоте 230 м над уровнем моря, и доходит примерно до пос. Каменноостского. Для этой зоны характерны невысокие (не выше 300–500 м) пологие, покрытые дубовыми лесами хребты, расчлененные широкими речными долинами. По линии Абадзехская–Майкоп–Ярославская проходит широкая, протянувшаяся параллельно Главному хребту, полоса асимметричных гряд, южный склон которых крутой, а северный – пологий.

## 1.2 Климатические условия исследуемой территории

Климат исследуемого района формируется под воздействием циркуляционных процессов южной зоны умеренных широт. Воздушные массы, оказывающие влияние на климат, могут быть самыми различными как по своим физическим свойствам, так и по происхождению.

Территория доступна для свободного вторжения холодных масс из Арктики. С Атлантики сюда приходят воздушные морские массы, нередко выносы и вторжения из Казахстана. Имеют место и выносы тропического воздуха со Средиземноморья и Ирана [26, с. 98].

В течение всего года над изучаемым районом преобладает широтная циркуляция, которая нередко в зимний период нарушается выходами южных циклонов со Средиземного и Черного морей и смещением циклонов с северо-запада. В значительной мере в холодный период циркуляция определяется взаимодействием Черноморской депрессии и гребня Сибирского антициклона.

Для весны характерно ослабление азиатского барического максимума.

В летний период циркуляция воздушных масс ослаблена. Наблюдается размытость барических полей. Погода в основном формируется за счет трансформации воздушных масс. Особенно ярко этот процесс выражен во второй половине лета.

Отличительные черты летней циркуляции сохраняются и в первой половине осени.

Характерной особенностью района Майкопа являются фены - неперiodические ветры, спускающиеся с гор. Обычно фен сопровождается повышением температуры воздуха и понижением относительной влажности, с нарушением суточного хода. В рассматриваемом районе происходит стационарирование и нередко обострение атмосферных фронтов перед орографическими препятствиями [26, с. 109].

Район Майкопа характеризуется умеренно жарким летом и сравнительно теплой зимой.

В целом по Республике Адыгее, климат умеренно теплый с достаточным количеством осадков и, вследствие ее небольших размеров, в основном однороден.

Весна в Адыгее начинается в конце февраля – начале марта и сопровождается большим количеством осадков и значительными колебаниями температуры в течение всего периода. Лето в республике теплое, устойчивое, с незначительными суточными колебаниями температуры. Осень солнечная, сухая, теплая. Зима неустойчивая, со значительными скачками температуры и осадками в виде дождя и снега.

Среднегодовая температура области колеблется между 10,4 и 10,8 градуса

тепла. Начало осенних заморозков относится ко второй половине октября, прекращение заморозков весной – в первой половине апреля. Снежный покров редко бывает длительным и появляется преимущественно во второй половине декабря, а иногда и в январе.

В течение года в Адыгее наблюдаются следующие главные направления ветров: восточные и северо-восточные, преобладающие зимой, ранней весной и поздней осенью, и западные и юго-западные, характерные для ранней осени, поздней весны и лета. Годовое количество осадков в республике колеблется между 540 и 857 мм, количество ясных дней от 200 до 250 в году. Осадки выпадают круглый год, наибольшее количество их выпадает поздней осенью, зимой и весной.

Климат в республике Адыгее достаточно тёплый и влажный и поэтому благоприятен для сельского хозяйства.

Особенности температурного режима в летний период. Расположение территории Адыгее в относительно низких широтах обуславливает интенсивный приток солнечной радиации, в связи с этим характерной особенностью климата является обилие солнечного света и тепла.

Запасы солнечной энергии, выражаемые величиной радиационного баланса, изменяются от 45 ккал/см<sup>2</sup> на севере до 55 ккал/см<sup>2</sup> на юге, причем 10-11 месяцев в году радиационный баланс остается положительным, а в южных районах он весь год положителен. В месяцы с отрицательным радиационным балансом его величина небольшая, в среднем – 0,2-0,3 ккал/см<sup>3</sup> в месяц.

Продолжительность солнечного сияния в равнинной и невысокой предгорной части составляет около 2200-2400 час в год.

При хорошей обеспеченности теплом увлажнение территории крайне неравномерное и на большей части недостаточное. Распределение осадков по территории весьма не равномерное, особенно в горных районах, где на величину осадков влияет высота и экспозиция склонов. Количество осадков за год увеличивается с севера на юг и в среднем составляет на большей части

равнинных районов 500-600мм. В предгорьях и прилегающих к ним равнинных районах оно увеличивается до 700-800мм, а в горах – до 800-2010мм.

Климатические особенности территории лучше всего прослеживаются по сезонам года.

С переходом среднесуточной температуры воздуха через  $15^{\circ}$ , который обычно происходит на большей части территории в первой половине мая, начинается жаркое и сухое лето. В южных районах Адыгеи, в предгорной зоне Майкопского района, по мере повышения местности время наступления лета постепенно сдвигается на более поздние сроки. Его начало на высотах 600-700м приходится на первое июня, а, начиная с высот 1700-1800м – на первую половину июля. Выше – устойчивого перехода температуры воздуха через  $15^{\circ}$  не наблюдается.

Средняя месячная температура воздуха в июле, самом тёплом месяце года в Адыгее, на равнинной территории составляет  $23-24^{\circ}$ , в предгорьях  $20-22^{\circ}$ .

В середине июня на равнинной части территории, а в предгорьях в конце июня - начале июля температура воздуха переходит через  $20^{\circ}$  и сохраняется выше этого предела 70-90 дней, в предгорьях 30-40 дней и менее. Максимальные температуры в этот период могут достигать  $35-38^{\circ}$ , а в отдельные особо жаркие годы на равнинах до  $39-40^{\circ}$ . При этом поверхность почвы нагревается до  $63^{\circ}$ .

Характерной особенностью лета является частая повторяемость суховейных явлений. Общее число дней с суховеями составляет на равнинной территории 60-80. Наиболее часто суховеи наблюдаются в июле. В горах суховейные явления отсутствуют. При этом в горных районах вследствие барической неоднородности широко распространены фёны – тёплые сухие нисходящие ветры, спускающиеся с гор. В Майкопском районе фёны имеют юго-западное направление. Скорость ветра при фёне достигает 29 м/с, а продолжительность бывает более суток. Температура воздуха в фёне значительно повышается, а относительная влажность понижается до

предельно малых значений. Необходимым условием возникновения штормовых фёнов является наличие значительных горизонтальных градиентов давления (6-15 гПа/1°мер.), направленных с юга на север. Такие градиенты усиливаются, когда над Малой Азией находится область повышенного давления (отрог Казахского антициклона), одновременно над Северным Кавказом развивается циклоническая деятельность. Особенно продолжительные и сильные фёны наблюдаются при выходе циклонов с Чёрного моря на Нижнюю Волгу.

Чем ближе к горам центр циклона и больше перепад давления между центром циклона и отрогом, тем продолжительнее и сильнее фён.

В таблице 1.1 приведены данные о среднесуточной температуре воздуха в летний период по месяцам.

Таблица 1.1 – Средняя месячная температура в летний период (С<sup>0</sup>)

Пункт наблюдений	Высота, м	месяцы		
		июнь	июль	август
Майкоп	212	19,3	22,1	21,8
Гузерибль	668	15,8	18,2	17,6
Лаго-Наки	1880	9,8	12,6	12,9

Разнообразие и сложность рельефа, значительные колебания высот в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы, создают большое разнообразие в температурном режиме территории. В целом для температуры воздуха характерно её увеличение с запада на восток и уменьшение с увеличением абсолютных высот.

Прогноз температуры воздуха в приземном слое атмосферы. Локальные изменения температуры воздуха могут быть связаны с адвекцией воздушных масс, с притоком (оттоком) тепла при турбулентном теплообмене, с фазовыми превращениями воды, с вертикальными смещениями частиц воздуха и изменениями давления на данном уровне.

В приземном слое для прогноза температуры наиболее важное значение

имеют адвективный фактор, турбулентный, лучистый теплообмен и фазовые превращения воды. Их количественный подсчёт весьма затруднён. Поэтому при прогнозе температуры в приземном слое рассчитывают адвективные и трансформационные изменения температуры с учётом её суточного хода.

Формула общего вида для прогноза температуры имеет вид:

$$T_t = (T)_t + (\Delta T)_t. \quad (1.1)$$

Прогноз температуры осуществляется по следующей схеме:

1. По исходным и прогностическим приземным картам определяется воздушная масса, которая будет располагаться в данном районе в срок прогноза. Особое внимание обращается на возможность резкой смены воздушных масс в связи с прохождением атмосферного фронта. Характеристики температуры воздушной массы, приход которой ожидается в данный район, являются начальной основой для прогноза.

Однако, на исходной карте эти характеристики относятся лишь к начальному моменту времени. Кроме того, на них может влиять облачность, ветер, состояние подстилающей поверхности.

На эти факторы обращается внимание при сопоставлении начальных температур по исходной карте в районе, для которого составляется прогноз, и в районе, откуда ожидается поступление воздушной массы в срок действия прогноза. Очевидно, что такое сопоставление позволяет оценить величину ожидаемого адвективного изменения температуры. Также, можно определить адвективное изменение температуры, построив прогностические траектории движение частиц.

Из первого начала термодинамики известно, что изменения температуры воздуха в некоторой точке атмосферы могут быть вычислены по формуле:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = - \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\gamma_c - \gamma}{g\rho} \tau + \frac{\varepsilon}{c_p}, \quad (1.2)$$

где,  $T$  – температура воздуха;

$u$  и  $v$  – составляющие фактического ветра.

Адвективное изменение температуры воздуха обусловлено его горизонтальным перемещением. Нередко оно превышает  $10^{\circ}\text{C}$  за несколько часов, например при прохождении фронтальных разделов.

Локальные изменения температуры, обусловленные упорядоченными вертикальными движениями воздуха, близки к адвективным и так же могут достигать  $10\text{-}12^{\circ}\text{C}$  за 12 часов.

Изменения температуры, обусловленные притоком тепла, зависят от турбулентного переноса тепла, лучистой энергии и фазовыми преобразованиями пара и воды в атмосфере.

На изменения температуры воздуха в атмосфере большое влияние оказывает подстилающая поверхность. Поэтому в качестве дополнения к уравнению притока тепла привлекается, как краевое условие на нижней границе атмосферы уравнение для теплового баланса для поверхности Земли.

## 2 Классификация, общие сведения о фенах и условиях их образования

### 2.1 Понятие о фенах, их сущность и связь с явлениями погоды

Феном называется теплый, сухой порывистый ветер, дующий временами с гор в долины. Температура воздуха при фене резко повышается, а относительная влажность падает, иногда до очень малых значений. В начале фена могут наблюдаться резкие и быстрые колебания температуры и влажности вследствие встречи теплого воздуха фена с холодным воздухом, заполняющим долины. Порывистость фена указывает на сильную турбулентность фёнового потока. Продолжительность фена может быть от нескольких часов до нескольких суток, иногда с перерывами (паузами).

Фены с давних времен известны в Альпах. Они очень часты на Западном Кавказе как на северных, так и на южных склонах хребта. Фены наблюдаются и под обрывистой стеной Яйлы на Южном берегу Крыма, в горах Средней Азии и Алтая, в Якутии, западной Гренландии, на восточных склонах Скалистых гор и во многих других горных системах.

Фенами называются кататические (нисходящие) ветры, дующие с гор и сопровождающиеся ростом температуры и понижением влажности воздуха.

1. Фен классический, связанный с переваливанием воздуха через горный хребет под влиянием общего переноса в атмосфере.

Переваливание воздуха через горы может происходить под влиянием подошедшего к одному из склонов хребта циклона, к которому начнет стекать воздух. Фен этого типа характеризуется пасмурной, а иногда и дождливой погодой на наветренной стороне хребта, на подветренной стороне тихая ясная и сухая погода. Наиболее высокая температура и низкая влажность отмечается у подножия подветренного склона. Скорость ветра может достигать штормовых значений.

2. Антициклонический фен, связанный с опусканием и растеканием воздуха в антициклоне по склонам хребта. Фены этого типа наблюдаются по обе стороны хребта, скорости малые.

3. Фен из свободной атмосферы, связанный с инверсией сжатия в антициклоне или с нисходящими явлениями в циклоне, ветра почти нет.

Дальнейшее изучение фенов, постижение новых фактов и различных механизмов их формирования, естественно предъявляет новые требования к классификациям. С этой точки зрения заслуживает внимания критика современной классификаций фенов. Эта критика сводится к тому, что из трех типов фенов современной классификации только фен классического типа относятся к настоящим фенам, т.к. он вызван деформацией воздушных потоков, которая обусловлена рельефом.

Что касается остальных двух типов, то они ни генетически, ни морфологически ничего общего с фенами не имеют. Повышение температуры и иссушение воздуха в горах в этих случаях вызвано не взаимодействием воздушных потоков с рельефом, а медленно протекающими процессами изэнтропической трансформации воздушных масс при сжатии. Кроме того, вертикальная и горизонтальная скорости ветра в этих типах фенов на один-два порядка ниже скорости классических фенов [17, с. 34].

Классификация Бута заключается в том, что в процессе формирования фена наибольшая роль принадлежит не конденсационным процессам на наветренной стороне, а опусканию воздуха с подветренной стороны.

Основой классификации Бута является разделение всех фенов на два типа:

- 1) фены, обусловленные возмущением атмосферных потоков рельефом;
- 2) фены, обусловленные локальными циркуляциями горных районов.

Фены первого типа возникают вследствие вынужденного (против силы Архимеда) опускания воздуха и поэтому требуют затраты энергии, которая может быть почерпнута из кинетической энергии воздушных потоков достаточно большого масштаба. При возмущении ведущего потока рельефом, нисходящие движения могут развиваться не только на подветренной стороне хребта, но и на наветренной, что служит основанием для выделения в упомянутом типе фенов двух подтипов: фенов подветренной стороны и фенов

наветренной стороны. В зависимости от масштаба потока и размеров горной систем выделяется три вида фенов:

- 1) фены крупномасштабных возмущений потоков планетарной фронтальной зоны мощными горными системами;
- 2) фены, наблюдающиеся при развитии в предгорьях серии малых циклонов, перемещающихся вдоль хребта;
- 3) фены, наблюдающиеся при возмущении рельефом поля тока отдельных циклонических возмущений.

Подтипу фенов наветренной стороны соответствует единственный вид фенов, наблюдающийся при развитии вихрей с горизонтальной осью в нижних слоях на наветренной стороне предгорий.

Ко второму типу Бут относит фены, являющиеся следствием локальных циркуляций в горах, развивающихся в безградиентном поле давления, т.е. ночные горные ветры.

Принципы, положенные в основу классификации, соблюдены в ней не всегда достаточно последовательно, а это приводит к некоторым противоречиям внутри самой классификации.

М.А. Петросянц не включает в свою классификацию антициклонические фены и фены из свободной атмосферы. В основу этой классификации положен динамический принцип.

1. Фены переваливания образуются при переваливании холодного воздуха через отдельные хребты. Наиболее благоприятным условием их возникновения является перпендикулярность хребтов воздушному потоку.

2. Фены всасывания возникают при прохождении вблизи горного хребта глубокого или интенсивного развивающегося циклона; характеризуются сильным стоком воздуха со склонов гор. Этот поток направляется к центру циклона и компенсирует убыль воздуха вследствие восходящих движений.

3. Фены отражения образуются на наветренном склоне, у которого длительное время накапливается холодный воздух, перед тем как он начнет переваливать через хребет. Постепенно на наветренном склоне хребта в нижних

слоях развивается сток холодного воздуха. Формируется вихрь с горизонтальной осью, в нижней ветви которого отмечается штормовой ветер, тепло и сухость [19, с. 98].

О повторяемости фенов можно судить по средним климатологическим данным. Например, в Кутаиси в среднем за год насчитывается 114 дней, в Тбилиси 45, в Орджоникидзе 36, на Телецком озере до 150, в Инсбруке (Австрия) 75.

Фен может возникнуть в любой горной системе, если воздушное течение общей циркуляции пересекает хребет достаточной высоты. С подветренной стороны воздух оттекает от хребта, а в создавшееся разреженное пространство устремляется воздух вышележащих слоев (рисунок 2.1).

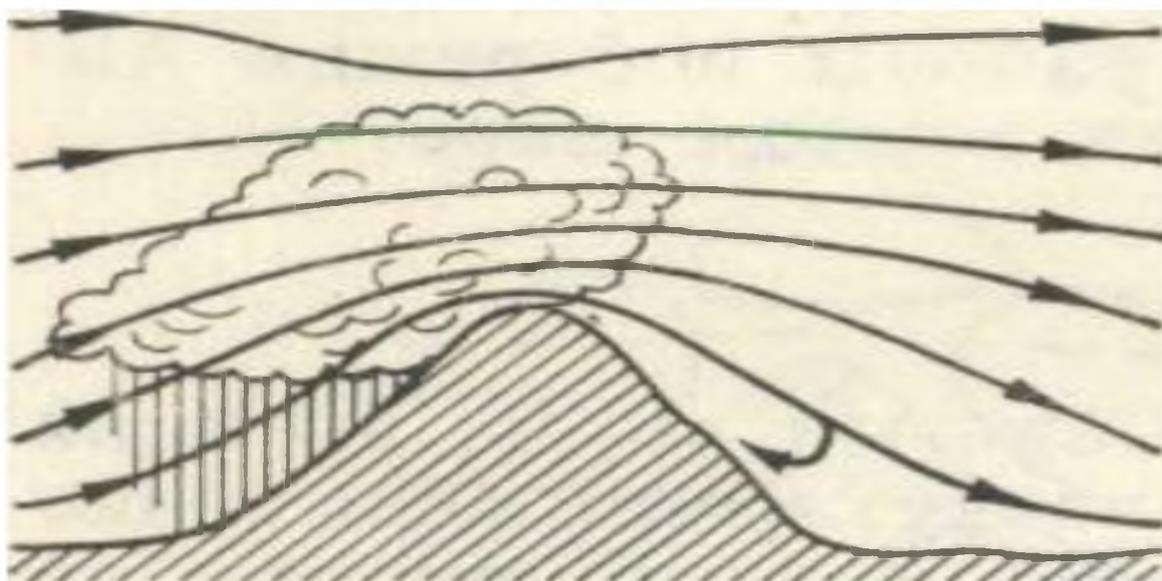


Рисунок 2.1 – Схема фена [4, с. 74]

Высокая температура воздуха при фене обусловлена его адиабатическим нагреванием при нисходящем движении. Вертикальный градиент температуры в атмосфере почти всегда меньше сухоадиабатического, т. е. меньше  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ . Воздух опускающийся по горным склонам в долину, нагревается сухоадиабатически, т. е. на  $1^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м спуска. Поэтому он поступает в долину, имея более высокую температуру, чем температура воздуха, ранее занимавшего долину. Температура фёнового воздуха будет тем выше, чем больше высота, с которой он опускается. Относительная влажность в нем будет

понижаться по мере роста температуры.

Допустим, например, что гребень хребта возвышается над уровнем долины на 3000 м, температура воздуха в долине до начала фена  $+10^{\circ}\text{C}$ , а средний градиент температуры  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ . На уровне гребня хребта температура будет, таким образом,  $+10 - (0,6 \cdot 30) = -8^{\circ}\text{C}$ .

Опустившись в долину и нагревшись при этом на  $30^{\circ}\text{C}$  (по одному градусу на каждые 100 м), воздух фена будет иметь внизу температуру  $-8 + 30 = +22^{\circ}\text{C}$ , т.е. температура в долине повысится в сравнении с первоначальной на  $12^{\circ}\text{C}$ . Вместе с тем, если относительная влажность вверху была 100 %, то при той же массовой доле водяного пара, но при повышении температуры фёнового воздуха с  $-8$  до  $+22^{\circ}\text{C}$  она понизится до 17%.

3. При сильном развитии фена на подветренной стороне хребта нередко на наветренной стороне наблюдается восходящее движение воздуха по горному склону. Если хребет высок, то этот восходящий воздух, достигнув уровня конденсации, будет охлаждаться уже не сухоадиабатически, а влажноадиабатически. При этом на наветренной стороне произойдет образование облаков и, стало быть, выделение теплоты конденсации.

Допустим, что на подветренном склоне воздух на столько же опустится вниз, на сколько он поднялся вверх на наветренном склоне. Облака в воздухе фена будут при этом испаряться.

Однако если часть продуктов конденсации выпала из воздуха в виде осадков при восхождении по наветренному склону, то воздух опустится в долину с более высокой температурой, чем была в начале процесса. Получим процесс, приближающийся к псевдоадиабатическому.

Если воздух сначала поднимается по наветренным склонам и в нем происходит облакообразование, то из долины на подветренной стороне можно наблюдать над гребнем хребта стену облаков. При опускании фёнового воздуха по подветренному склону содержащиеся в нем капли облака испаряются, на наветренном склоне они, напротив, все время образуются заново. В результате облачная масса в фёновом потоке – фёновая стена – кажется неподвижно

прикрепленной к гребню хребта.

4. Бывает и так, что фен, особенно вначале, сводится к постепенному оседанию и динамическому нагреванию воздуха в антициклоне, занимающем горный район. По мере снижения инверсии высокие температуры захватывают все более низкие места, однако до самых низких долин потепление может и не дойти, они останутся занятыми холодным воздухом. При таком антициклоническом фене скорости ветра невелики, а фёновое повышение температуры может происходить на обоих склонах хребта одновременно, как это много раз наблюдалось и на Кавказе, и в Альпах.

5. Особенно сильное повышение температуры при фене бывает тогда, когда воздух, в котором развивается фен, с самого начала очень теплый, например, когда через хребет перетекает тропический воздух за теплым фронтом. Высокая температура воздуха дополнительно повышается адиабатически при нисходящем движении. Так, в первых числах мая 1935 г. в северных предгорьях Кавказа южный фен приносил воздух с Армянского нагорья. При этом температура повышалась в Нальчике до 32 °С, в Моздоке до 40 °С, а относительная влажность опускалась до 13%. Эффект повышения температуры особенно велик, если до фена воздух в долине был сильно выхоложен излучением. В Монтане (Скалистые горы) однажды в декабре температура повысилась с -40 до 4 °С в течение 7 часов.

Продолжительный и интенсивный фен может привести к бурному таянию снега в горах, к повышению уровня и разливам горных рек и т. д. Летом фен вследствие своей высокой температуры и сухости может губительно действовать на растительность. В Закавказье (район Кутаиси) случается, что при летних фенах листва деревьев высыхает и опадает.

Но фен может наблюдаться и в арктическом воздухе, когда последний, например, перетекает через Альпы или Кавказ и опускается по южным склонам. Даже в Гренландии стекание воздуха с 3-километровой высоты ледяного плато на фьорды создает очень сильные повышения температуры. В Исландии при фенах наблюдались повышения температуры почти на 30 °С за несколько часов.

При переваливании хребта в воздушном течении могут возникать стоячие волны, так называемые фёновые волны с амплитудой примерно нескольких километров, иногда приводящие к образованию чечевицеобразных облаков. Эти волны распространяются вверх до высоты в несколько раз большей, чем насыщения требуется  $4,46 \text{ г/м}^3$ , нагреется до  $20^\circ$ , когда для насыщения требуется уже  $17,3 \text{ г/ж}^3$  относительная влажность понизится с  $100\%$  до  $27\%$ .

Во время фена давление с той стороны горы, где наблюдаются фены, меньше, чем с противоположной (рисунок 2.2).

Фены наблюдаются во всех горных районах. Число дней с феном местами очень велико. В Кутаиси, например, оно составляет 114 дней в году.

Фены могут вызвать резкое повышение температуры в горах и обусловить бурное таяние снега и разлив горных рек.



Рисунок 2.2 – Схема, разъясняющая явление фена [4, с. 79]

В более низких местах, где расположены поля, малая относительная влажность и высокая температура при фене может привести к гибели растений.

Обладая многими замечательными свойствами, фен с давних времен был объектом пристального внимания метеорологов. Первые попытки объяснения происхождения фенов относятся к середине девятнадцатого столетия. Многие авторы считали, что причиной образования фенов служит адвекция теплого и сухого воздуха. Альпийские фены объяснялись притоком воздуха из Сахары, фены Западного Закавказья приписывались ветрам из пустынь Средней Азии.

Однако представление об адвективном происхождении фенов сталкивалось с рядом противоречий. Среди этих противоречий есть весьма существенные. Адвективная теория фенов не может, например, объяснить резкие различия в погоде на наветренной и подветренной сторонах хребтов; ей противоречит также возможность развития фенов на южных склонах Альп при северных ветрах. Наконец, как указал Дове, потоки воздуха из Африканских пустынь не могут попасть в Альпы, так как под влиянием отклоняющей силы вращения земли они должны быть отнесены к Каспийскому и Аральскому морям [12, с. 118].

Следующим шагом в объяснении причин происхождения фенов было создание теории Ганном. Эта теория, опубликованная еще в 1864 году, с некоторыми уточнениями остается основой современных представлений о природе фенов.

Представим, что воздушный поток с некоторыми начальными свойствами встречает на своем пути горный хребет и поднимется по его наветренному склону. При этом поднятии он будет охлаждаться на  $1^{\circ}$  на каждые 100 м поднятия, а содержащийся в нем водяной пар приближаться к состоянию насыщения. На некотором уровне, который принято называть уровнем конденсации, водяной пар достигает состояния насыщенного, дальнейшее поднятие воздуха будет сопровождаться конденсацией водяного пара и понижением температуры, но уже не по сухой, а по конденсационной адиабате.

Таким образом, в слое воздуха от уровня конденсации до вершины хребта и даже несколько выше образуется облако, из которого может выпадать дождь, понижая общее влагосодержание воздуха на наветренной стороне. После преодоления препятствия воздух опускается по подветренному склону, частично увлекая за собой капли воды из облака, сформированного с наветренной стороны.

Опускание воздуха сопровождается его адиабатическим нагреванием, капельки воды испаряются, и над хребтом образуется лишь облачная гряда, которую называют феновым валом или феновой стеной. Дальнейшее

нагревание воздуха происходит уже сухоадиабатически и он приходит к подножию горы более теплым и сухим, чем пришел к ее наветренному склону.

Процесс образования фена с числовым примером происходит следующим образом: воздух у подножия склона с наветренной стороны на уровне 300 м характеризовался давлением  $p = 970$  мб, температурой  $t = 25^\circ$  и влажностью = 60% (=12,0 г/кг). Уровень конденсации 1140 м. На гребне хребта  $p = 706$  мб,  $t = -8,1$  =7,0 г/кг. Когда воздух опустится к подножию хребта, его температура станет равной  $34,6^\circ$ , удельная влажность не изменится, т.е. = 7,0 г/кг, а относительная влажность упадет до 20%.

Ганн рассмотрел только термодинамическую сторону вопроса и не исследовал динамический аспект этой проблемы, т.е. причины и условия, при которых осуществляется столь важное для образования фенов переваливание воздуха через препятствие.

В дальнейшем теория Ганна неоднократно подвергалась критике. Ряд авторов указывал на то, что хотя по теории Ганна фен не может сопровождаться осадками, бывают случаи их выпадения.

Такие данные приводились Дюфуром и Берндтом для Альп; Е.И. Тихомировым, П.А. Буцким, К.П. Курской-Пахневич, для Западного Закавказья; Касснером для Болгарии; Прохазкой для Каринтии (Австрия).

Кузнецов Н.Н. объяснил возможность выпадения осадков при фене переваливанием фронтов через горный хребет. Если при переваливании хребтов теплым фронтом имеет место прогиб фронтальной поверхности, то внизу в долине отмечаются нисходящие движения (фен), а наверху - восходящие движения и осадки.

## 2.2 Повторяемость и продолжительность фенов, ее связь с метеорологическими условиями

За исследуемый период (2007-2016) в районе Майкопа наблюдалось более 100 случаев фена. Наибольшее число случаев фена наблюдалось в ноябре и

декабре - 17, наименьшее число в июне - 1. В мае, июле и августе не отмечалось ни одного случая. Наибольшее число дней с фенем наблюдалось в декабре, наименьшее - 2, в июне.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что фены возникают в холодную половину года, когда все атмосферные процессы обострены. Летом же, когда циркуляция ослаблена, фены в районе Майкопа не возникают или наблюдаются фенopodobные ситуации, слабо выраженные на общем фоне летней циркуляции. За исследуемый период только один раз наблюдался фен летом.

В таблице 2.1 представлена повторяемость фена по месяцам за каждый год и указано число случаев фена и число дней с фенем, которое наблюдалось на аэрометеостанции Майкоп за 10 лет.

Таблица 2.1 – Повторяемость фена по месяцам

год	число случаев в/ дней	месяцы												сумма за год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2007	ч/с		2	1			1					5	2	11
	ч/д		6	6			6					6	5	21
2008	ч/с	1	1	2						1	1	3	9	
	ч/д	2	3	3						1	2	6	17	
2009	ч/с	1	2	2	2					1	2	1	11	
	ч/д	2	4	3	4						2	3	19	
2010	ч/с			1	1						3	2	7	
	ч/д			2	4						4	2	12	
2011	ч/с		1	2	2						2	2	9	
	ч/д		3	4	3						3	6	19	
2012	ч/с	2		1	2							3	8	
	ч/д	2		3	4							3	12	
2013	ч/с	2	3	1	1					1	1	1	10	
	ч/д	3	5	4	2					2	2	1	19	
2014	ч/с	1		3						1	1	1	7	
	ч/д	2		3						2	1	2	10	
2015	ч/с	2	3		3					1	1	1	11	
	ч/д	3	6		7					2	2	2	22	
2016	ч/с	3	2		1					2	2	1	14	
	ч/д	3	4		3					3	2	1	22	
сумма	ч/с	12	14	13	12		1			4	7	17	97	
сумма	ч/д	17	31	24	27		6			7	9	24	173	

Наибольшее количество фенов наблюдалось в 2016 году – 14 случаев, наименьшее - 2010 и 2014 годах - 7 случаев.

В таблице 2.2 представлена повторяемость продолжительности фенон за каждый год и сумма за 10 лет, а также максимальная продолжительность в часах. Продолжительность фена сделана по градациям.

Таблица 2.2 – Повторяемость продолжительности фенон за каждый год

год	продолжительность фенон						максим. продолж., часах.
	< 6 ч	6-12 ч	13-24 ч	1-2 сут	2-3 сут	> 3 сут	
1995	1	5	2	1	2		73 ч
1996		4	2	2	1		34 ч
2007	1	4	4	2			34 ч
2008		1	4	1	1		36 ч
2009		2	3	2	1	1	98 ч
2010	1	1	6				24 ч
2011		4	3	2		1	96 ч
2012	2	3	2				21 ч
2013	1	3	5	2			23 ч
2014		7	5	2			22 ч
сумма	6	34	36	14	5	2	max 98 ч

Наибольшее число случаев с феном наблюдалось продолжительностью 13-24 часа - 36 случаев, наименьшее более 72 часов - 2 случая. Продолжительность 6-12 часов тоже наблюдалась часто - 34 случая.

Самая максимальная продолжительность наблюдалась в 2009 году - 98 часов, минимальная в 2012 году - 21 час. Менее 6 часов наблюдалось 6 случаев.

Наиболее вероятна продолжительность фенон 13-24 часа. Это объясняется атмосферными процессами. Так, например, фен, который возникает в теплом секторе, продолжается примерно около 24 часов, потому что на прохождение теплого сектора необходимо примерно столько же времени.

А максимальная продолжительность фенон зависит от скорости прохождения и смены синоптической ситуации. Так, например, чем дальше Северный Кавказ находится под влиянием той или иной синоптической обстановки, тем дольше продолжается фен.

Установлена четкая зависимость фенон с летними засухами – высокий температурный режим, низкая относительная влажность воздуха и, как следствие этих двух причин, высокая испаряемость.

Нарушение нормального хода развития растений во время летних засух в различные фазы периода репродукции растений приводит к снижению урожая. В период образования вторичных узловых корней резкое нарушение водного питания отрицательно сказывается на развитии корневой системы; на растениях, по существу, остаются только зародышевые корни, что приводит к недостаточности водного и минерального питания. Засухи в зависимости от времени их наступления, продолжительности и интенсивности оказывают различное влияние на растения, следовательно, и снижение урожая.

Многие исследователи за основу оценки интенсивности засухи берут снижение урожайности ведущей сельскохозяйственной культуры в районах, подвергшихся действию засухи.

Однако показателем сильной засухи может служить не только снижение урожая. Сведения об урожае не всегда могут быть получены по территории, освещенной наблюдениями метеорологических станций, поэтому интенсивность засухи часто оценивают по количеству осадков за определенный период и по условным показателям баланса влаги – по гидротермическим коэффициентам. Например, А.И. Руденко принял такие показатели: очень сильная засуха – при осадках до 18 мм за период от всходов до колошения яровой пшеницы [22, с. 148].

Такое количество осадков наблюдалось в годы со снижением урожая более 50%. Сильная засуха – при осадках до 30-35 мм за аналогичный период и снижении урожая на 20-50%; наконец средняя засуха – при осадках несколько больше 35 мм и снижении урожая до 20%.

Особенно вредна продолжительная весенняя засуха, развившаяся на фоне недостаточного увлажнения почвы осадками в осенне-зимний период при небольших запасах почвенной влаги. В таких условиях растения развиваются очень плохо, и даже наступление дождливой погоды не сможет ликвидировать полностью последствий засухи: урожай получится пониженным.

В период образования зачаточных колосков и зачаточных цветков недостаток водного питания приводит к уменьшению числа колосков и числа

зерен.

В период цветения и дифференциации пыльцы нарушение водного питания вызывает череззерницу, пустоколосицу, осыпание завязи. Кроме того, летние засухи отрицательно сказываются и на урожае будущего года, являясь причиной слабого прироста побегов и малой закладки плодовых почек.

Осенние засухи наступают после уборки зерновых и в период окончания вегетации пропашных и некоторых других культур. Поэтому отрицательное действие осенней засухи испытывают главным образом озимые культуры посева текущего года.

Сухость верхних слоев почвы обуславливает длительное нахождение семян непроросшими, всходы обычно появляются с опозданием. Растения уходят в зиму недостаточно развитыми, неокрепшими. Зимостойкость таких растений понижена. Следствием осенних засух является малое накопление влаги в почве за осенне-зимний период. Особенно вредоносны засухи, наблюдающиеся подряд два или даже три года. Например, за 2012-2013 гг лето в республике Адыгеи наступило в сроки близкие к обычным (1-2 мая). Лето характеризовалось жаркой, сухой погодой в начале периода и умеренно-теплой, дождливой в конце [1, с. 219].

Из 15-ти летних декад, 7 декад температура воздуха имела положительные отклонения на 1-5° и 7- на 1-2° ниже средней многолетней. Одна декада была в пределах нормы. Наиболее высокие температуры (35-37°) отмечались в первой декаде июля, третьей августа и первой сентября. Число дней с максимальной температурой воздуха 30° составило 29-47 дней.

Сумма эффективных температур выше 10° за летний период составила 1565-1820, что на 60-180° выше средней многолетней величины.

Лето текущего года отличалось атмосферной и почвенной засухой. Очень жарким и сухим оказался май. Среднемесячная температура воздуха во второй и третьей декадах превышала норму на 4 - 5° т.е. перешла через 20°. Существенных осадков не было. Таким жарким и сухим май в республике бывает 1 раз в 20 лет, а такие низкие запасы влаги под озимыми от 2 до 4 раз в

10 лет.

Засуха оказала пагубное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур и нанесла значительный ущерб народному хозяйству.

Средняя относительная влажность воздуха составила 56-85%, что на 10-15% меньше нормы в мае-июле и на столько же выше во второй половине лета, из-за часто выпадавших дождей.

Число дней с относительной влажностью воздуха 30% и ниже составило за лето 20-50 дней.

Осадки за летний период распределялись неравномерно. В целом за лето в большинстве районов республики выпало 220-390мм, что составило 90-120% нормы. Начало лето было сухим. Засушливый период по республике составил 55-65 дней.

Лето 2016 года в республике Адыгея наступило 10-12 мая - на неделю позже обычных сроков. Конец лета отмечен 10 октября, что на 10-12 дней позже многолетних сроков.

Продолжительность летнего периода составила 150 дней. Начало лета было теплым с небольшими перепадами температур, в конце июля установилась жаркая и сухая погода.

Из 15-ти летних декад, 5 декад были с отрицательными отклонениями (1, 2°), 9 декад были с положительными отклонениями (3° - 5°) и одна декада с температурой близкой к средне многолетней. Очень жарким был август. В течение месяца дневная (максимальная) температура ниже 30° не опускалась. Абсолютный максимум составил 39° (сильная жара). Максимальная температура на поверхности почвы повышалась до 60-66°. На глубине 20см почва прогревалась до 26-29°, что на 2-4° выше нормы. Число дней с максимальной температурой воздуха выше 30° и выше составило 51-59 дней.

Сумма активных температур, накопившаяся от даты перехода температуры воздуха через +10° весной до конца лета, составила 3495 - 3920, больше нормы на 185 - 330.

Осадки в летний период распределялись неравномерно, как во времени, так и по территории республики. В целом за летний период в большинстве районов республики выпало 265 – 436 мм это 80-135% нормы. Начало лета было довольно дождливым, а начиная с третьей декады июля установилась сухая, жаркая погода. Засушливый период по республике составил 45-50 дней. После продолжительной засухи только в первой декаде сентября прошли дожди.

Средняя относительная влажность воздуха с мая по сентябрь колебалась в пределах 60-80%, что близко к норме, в отдельные периоды на 10-15% выше неё. Число дней с относительной влажностью воздуха 30% и ниже за летний период составило от 5 до 29 дней [21, с. 93].

В таблице 2.3 показано направление ветра до начала фена не более чем за 4 часа. Наибольшее число случаев наблюдалось при южном направлении ветра - 24, наименьшее - при северо-западном, запад-северо-западном, северо-восточном, северо-северо-восточном по 1 случаю, при юго-западном - 16, юго-юго-восточном - 18. Не наблюдалось ни одного случая только при северо-северо-западном, восточном, восток-северо-восточном.

Таблица 2.3 – Ветровой режим при фенах с направлением ветра за 4 часа до проявления фена

год	СЗ	ЗСЗ	З	ЗЮЗ	ЮЗ	Ю ЮЗ	Ю	Ю ЮВ	ЮВ	В	С	СС В
2007	1		1	1	2	1	3	1	1			
2008			1		2	1	3		2			
2009			1		4		1	1			1	1
2010				1	2		1	3				
2011				1	2	1	1	2	1			
2012				2	1	1	2	3		1		
2013		1	1		1	1	4	1	1			
2014			3		1	2	1					
2015			1		1	1	3	3	2	1		
2016			1			1	5	4	1			
сумма	1	1	9	5	16	9	24	18	8	2	1	1

Уже за 4 часа до начала фена ветры дуют в основном в южной четверти, т.к. воздух начинает переваливать через горы с юго-запада.

В момент фена из всех 16 румбов, фены бывают только трех

направлений: запад-юго-западный, юго-западный, и юго-юго-западный.

Наибольшая повторяемость в момент фена наблюдалась юго-западного направления - 57 случаев, реже юго-юго-западного - 24 случая и наименьшая запад-юго-западного - 16 случаев. Ветры остальных румбов в момент фена не наблюдались.

Это говорит о том, что фены бывают юго-западного направления, т.к. при прохождении циклона в теплом секторе перед холодным фронтом по циркуляции дуют юго-западные ветры.

Юго-западные ветры в районе исследования отличаются внезапностью усиления и большой порывистостью. Наибольшей скорости достигают ветры юго-юго-западного направления.

Усилению ветра у поверхности Земли до 15 м/с и более предшествует появление мезоструи в слое 1500-2010 м в 82% для юго-западного ветра (за 9-12 часов).

Уже за сутки до фена начинается усиление юго-западного ветра на высотах, на высоте 900 м он достигает 11-12 м/с, а на 1500 - 22-23 м/с, за 6 часов до начала фёна (таблица 2.4). В момент фена у земли наблюдается 15-16 м/с и более. Таким образом, ветер как бы постепенно опускается с высоты до поверхности земли.

Таблица 2.4 – Ветровой режим при фенах. Направление ветра в момент фена

год	СС	СЗ	ЗСЗ	ЗЮЗ	ЮЗ	ЮЮЗ	ЮЮВ	ЮВ	ВЮВ	ВСВ	СВ	ССВ
2007				1	7	3						
2008				1	5	3						
2009					8	3						
2010					5	2						
2011				1	6	2						
2012				1	4	3						
2013				2	6	2						
2014				1	4	2						
2015				3	5	3						
2016				6	7	2						
сумма				16	57	24						

При фенах в районе Майкопа наблюдается ясная малооблачная погода, устанавливается максимальная прозрачность воздуха так, что видимость

отмечается 50 км и более и на юге видны снежные вершины гор. Облака отмечаются в основном в южной стороне - высококучевые чечевицеобразные.

Если перед началом фена наблюдается низкая облачность, то при фене она размывается и на юго-западе видна тонкая безоблачная полоска, называется она феновое «окно». Туманы, наблюдавшиеся до фена, также быстро рассеиваются при наступлении фена.

По окончании фена при прохождении холодного фронта и смене ветра с юго-западного на северо-западный, часто наблюдается кучево-дождевая облачность и ливневой дождь.

Если до наступления фена наблюдается снежный покров толщиной 5-10 см, он буквально за несколько часов при фене испаряется. Это очень вредно для сельского хозяйства.

Ход температуры воздуха у земли и на высотах при фёнах. Температура воздуха при фенах всегда повышается. По данным исследования сведений в таблице 5 выявлен перепад температур воздуха (разность температур воздуха до фена и в момент максимального развития) при фенах по градациям за каждый год.

По данным таблицы 2.5 наибольшая повторяемость перепада температур получилась 5-10° - 48 случаев, наименьшая при перепаде более 15° - 9 случаев, 11-15° наблюдалось в 19 случаях, а менее 5° в 21 случае.

Таблица 2.5 – Ход температуры воздуха при фенах

год	температура, °С				максимальный перепад температуры, °С
	до 5°	5-10°	11-15°	>15°	
2007	4	3	2	2	18,8°
2008	1	5	3	-	14,1°
2009	2	7	1	1	17,0°
2010	2	3	1	1	20,5°
2011	-	5	3	1	15,2°
2012	4	3	1	-	13,0°
2013	3	5	1	1	19,9°
2014	4	2	1	-	12,5°
2015	1	5	3	2	18,3°
2016	-	10	3	1	16,6°
сумма	21	48	19	9	

Максимальный перепад температур наблюдался в 2010 году - 20.5°, минимальный в 2014 году - 12.5°.

Была проанализирована температура на высотах. Температура на высотах характеризуется тем, что сначала повышается температура на высоте 5 км, затем 3 км и 1.5, а уже потом у земли. Температура на 1.5 км может повышаться на 5-10°, на 3 км на 3-8°, на 5 км на 2-6°.

Ход относительной влажности у земли и на высотах при фенах. Установлено, что при фенах относительная влажность падает.

В таблице 2.6 представлены данные уменьшения относительной влажности при фенах по градациям за 10 лет, вычислено максимальное падение относительной влажности за каждый год.

Таблица 2.6 – Ход относительной влажности у земли при фенах

год	влажность, %					максим.падение влажности, %	миним.падение влажности, %
	0-60%	59-50 %	49- 40%	< 40%	> 70%		
2007	-	2	1	8	-	54	12
2008	-	3	4	2	-	57	20
2009	-	3	4	4	-	56	20
2010	1	2	2	2	-	66	15
2011	3	-	2	4	-	64	20
2012	1	1	1	6	-	60	19
2013	1	1	1	6	1	76	12
2014	1	-	2	6	-	61	31
2015	1	1	3	4	1	72	20
2016	3	-	6	5	-	65	19
сумма	11	13	26	47	2		

Наибольшее число случаев фенов наблюдалось при падении относительной влажности на 40% - 47 случаев, наименьшее при падении относительной влажности на 70% более - 2 случая.

Падение относительной влажности на 70-60% - 11 случаев, 59-50% - 13 случаев, 49-40% - 26 случаев.

Наибольшее максимальное падение влажности наблюдалось на 76% в 2013 году, наименьшее - на 54% в 2007 году.

Самая минимальная относительная влажность 12% наблюдалась при фене в 2007 и 2012-2015 годах.

Наибольшая минимальная влажность наблюдалась в 2014 году – 31%.

На высотах относительная влажность так же падает при фене, причем на 1.5 км в среднем на 20-30%, на уровне 3 км в основном остается неизменной.

Анализ карт барической топографии показал, что на наиболее низких уровнях влажность в большинстве случаев падает. С высотой процесс уменьшения относительной влажности становится менее интенсивным, а затем с 3 км падение прекращается. Это объясняется тем, что на высоте 3 км воздушная масса переносится с юго-запада с неизменным характером влажности, еще не опускаясь на северных склонах Кавказского хребта.

### 3 Аэросиноптические условия образования фенів в районе Майкоп

#### 3.1 Типы синоптических процессов, обуславливающих фены

Станция Майкоп находится на северном склоне Кавказского хребта и располагается в почти меридионально ориентированной и открытой на север долине реки Белой. Относительное превышение достигает от 500 до 700 м.

Дни с фенами отбирались по следующим критериям: юго-западное направление ветра со скоростями 12-15 м/с и более, повышение температуры воздуха за 3 часа на 4-5°C и больше, падение относительной влажности до 30% и менее.

Известно, что поле ветра определяется полем давления. Усиление ветра при фенах чаще всего наблюдается при возникновении и углублении циклонов, увеличении барических градиентов, может также происходить при углублении ложбины.

Усилению ветра при фенах благоприятствует турбулентное состояние атмосферы, обеспечивающее интенсивный обмен количеством движения по вертикали.

В усилении ветра у земли при фенах в Майкопе немаловажная роль принадлежит струйным течениям. При прохождении оси струйного течения над Майкопом или к югу от него усиление ветра наиболее часто связано с адвекцией тепла.

Фены возникают под влиянием хребта, когда происходит накапливание воздуха и рост давления на наветренной стороне хребта и отток воздуха на подветренной стороне хребта.

Интенсивность и пространственный масштаб фена находится в прямой зависимости от масштабов потока и орографического препятствия.

Наблюдающийся динамический прогрев масс воздуха столь велик, что находит отражение в поле изогипс ОТ 500/100 в форме гребня тепла.

Часто усиление ветра при фенах связано с выходом южных циклонов, с перемещением через центральные районы ЕТР глубоких циклонов или их

углубляющихся ложбин, а также при наличии депрессии над Черным морем. Таблица 9 дает представление о повторяемости фена, в зависимости от типа синоптической ситуации, при которой наблюдался фен: западные циклоны, северо-западные циклоны, южные циклоны, а также антициклоны и их гребни.

Наибольшую повторяемость имеют западные циклоны - 44% от общего количества, северо-западные и южные циклоны по 18%, а антициклоны или их гребни - 20%.

Выявлено, что основную роль в усилении ветра при фенах играет глубина и направление перемещения циклона.

В этой работе проанализированы все синоптические ситуации, при которых наблюдался фен (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Повторяемость фена, в зависимости от типа синоптической ситуации

тип син. сит. годы	западные циклоны	северо-западные циклоны	южные циклоны	антициклоны и их гребни
2007	5	4	1	1
2008	5	-	1	3
2009	4	2	3	2
2010	3	-	3	1
2011	2	3	2	2
2012	4	3	1	1
2013	5	1	1	3
2014	4	-	1	2
сумма за 5 лет	32	13	13	15
%	44	18	18	20

Типы синоптических ситуаций:

Тип 1. Западные циклоны. Циклон перемещается с запада, циклоническая деятельность хорошо развита над центром ЕТР, при хорошо выраженной ложбине, ось которой направлена на юго-восток, над Средиземным морем антициклон.

Синоптическая обстановка характеризуется активной циклонической деятельностью над Западной Европой и ЕТР. Смещение циклона происходит с запада на восток. Синоптические процессы при этом протекают следующим образом: в тылу глубокого циклона над ЕТР осуществляется интенсивный заток

холодных воздушных масс воздуха из Арктического бассейна через Скандинавию, на центральные районы ЕТР интенсивная адвекция тепла с юго-запада.

Благодаря двухсторонней адвекции происходит дальнейшая активизация ВФЗ, которая характеризуется большими барическими и термическими градиентами, а у поверхности земли ей соответствуют, как правило, две системы фронтов, одна из которой проходит над центральными районами Западной Европы, а вторая значительно южнее.

Усиление юго-западного ветра при фене в данной синоптической ситуации наблюдается перед теплым фронтом, на фронте и в теплом секторе циклона вплоть до прохождения холодного фронта. За сутки до начала фена в Майкопе на высоте 1500-2010 м ветер принимает юго-западное направление и усиливается.

Высотная фронтальная зона ориентирована в широтном направлении вдоль 55-60° северной широты с максимальными скоростями ветра 60-70 м/с.

Фены при этом процессе наблюдаются в 44% случаев.

Тип 2. Северо-западные циклоны. Вторым типом синоптических ситуаций характеризуется перемещением глубоких ложбин северо-западных циклонов, ориентированных на Черное и Каспийское моря. Они обычно возникают над Северным морем и затем, углубляясь, быстро перемещаются в юго-восточном направлении в соответствии с ведущим потоком.

Активная высотная фронтальная зона характеризуется большими барическими и термическими градиентами выше критических и скоростями ветра 70-90 км/час. ВФЗ ориентирована с Балтийского моря на Черное и Каспийское. Падение давления в юго-западной части циклона 3-5 и более ГПа за 3 часа. При такой синоптической ситуации наблюдается отрог Азорского максимума над Западной Европой, его гребень распространяется на юго-восток Черного моря и весь Кавказ вплоть до Каспийского моря.

Взаимодействие вышеуказанных двух барических систем обуславливает значительные барические градиенты до 3-5 гПа на 1° меридиана и усиление

юго-западного ветра до штормовых значений (15-22 м/с).

Вследствие орографического эффекта происходит сгущение линий тока при обтекании хребта юго-западным потоком воздуха, над юго-востоком Черного моря происходит рост давления, что способствует сохранению гребня высокого давления с наветренной стороны хребта, а с подветренной стороны, где общее падение давления усиливается благодаря орографическому эффекту, образуется ложбина.

В этой ложбине наблюдается частный циклон над Азовским морем с двумя системами фронтов: одна связана с северо-западным циклоном и проходит от Азовского моря через ЕТР до северного Урала, а вторая система проходит южнее и связана с циклоном над Атлантикой. Над Черным морем наблюдается теплый сектор. Теплый фронт движется на районы Майкопа. Вследствие этого наблюдаются большие барические градиенты и штормовые скорости ветра.

Фены при этом типе синоптических процессов наблюдались в 18% от общего числа случаев.

Тип 3. Южные циклоны. Циклон со Средиземного моря выходит на ЕТР. Усиление ветра в Майкопе начинается в тот момент, когда центр циклона выходит к  $25^{\circ}$  восточной долготы и  $45^{\circ}$  северной широты. Давление в центре циклона, как правило, не более 1005 гПа.

Чаще всего это молодой, углубляющийся циклон. Однако нередки случаи, когда выходящий циклон имеет уже почти вертикальную пространственную ось и начинает заполняться. В этих случаях ветер у поверхности земли не превышает 16-18 м/с. В процессах этого типа большое внимание следует уделять перемещению очага максимального падения давления. Ветер в Майкопе начинает усиливаться тогда, когда очаг максимального падения давления переместится в районы Волгограда-Саратова. На высотах 7-10 км над Черным морем наблюдается струйное течение юго-западного направления со скоростью 50-60 м/с. В этих случаях ветры направлены со стороны гор, создавая нисходящие движения воздуха.

Южные циклоны отличаются большой активностью и скоростью перемещения, значительными контрастами температур, большими барическими градиентами. Для выхода южных циклонов необходимо наличие над Европой меридиональной циркуляции, приводящей к застою холода в южные широты в тылу высотной ложбины и выносу тепла к северу в ее передней части. В связи с этим происходит обострение ВФЗ и создаются благоприятные условия для циклона, возникающие у земли, перемещающегося в направлении высотных потоков к северо-востоку.

Усиление ветра у земли достигает больших значений благодаря сближению полярной и арктической ветвей ПВФЗ. Вхождение в систему циклона очень холодного арктического воздуха способствует его активному развитию.

Сильные юго-западные ветры при фенах возникают в теплых секторах циклона или перед холодным фронтом. С прохождением холодного фронта ветер меняет направление на северо-западное и ослабевает, также прекращаются фены.

Выходу циклона с юга 4 сентября 2012 года предшествовало формирование очень глубокой высотной ложбины, ось которой была ориентирована почти меридионально на центральные районы Средиземного моря. Это привело к активной адвекции холода в тыловой части ложбины и бурному выносу тепла с территорий Турции, Ирана на районы Северного Кавказа. Этот термический фактор, а также динамический - расходимость циклонически изогнутых изогипс, привели к падению давления у поверхности земли и выходу южного циклона.

Циклон смещался в северо-восточном направлении со скоростью 70 км/ч и 4 сентября был около Южного Урала. Ложбина этого циклона ориентирована на юго-западные районы Черного моря. Над юго-западом Черного моря находился частный циклон с фронтами. Теплый фронт этого циклона проходил через Черное море со сменой знака над Новороссийском и входил, образуя волну в вытянутую ложбину циклона над Южным Уралом. Таким образом, над

Северным Кавказом наблюдался теплый сектор.

Высотное термобарическое поле характеризовалось глубокой ложбиной холода, ориентированной с севера на центральные районы Средиземного моря.

Падение давления перед теплым фронтом составило 5 гПа, а рост в тылу циклона над Черным морем 6 гПа за 3 часа. Это привело к увеличению барических градиентов и обусловило возникновение юго-западного ветра скоростью до 20-25 м/с, начался фен. Температура выросла на 11° тепла, относительная влажность понизилась на 60%.

Фены при этом процессе наблюдались в 18% случаев.

Тип 4. Антициклоны или их гребни. Проявление внутримассовых фенов связано с антициклональным режимом в атмосфере. При внутримассовом фене отмечается опускание воздуха вдоль склонов долин и вниз по долинам на большие расстояния.

Перемещение антициклонов с запада. Антициклон расположен над Черным морем. Пространственная ось гребня антициклона, как правило, направлена по линии Крым-Астрахань. Над Северным Кавказом отчетливо видна ложбина, вследствие орографии района и над Кавказским хребтом располагается окклюзия по типу холодного фронта.

Над севером Западной Европы и ЕТР наблюдается многоцентровая депрессия.

Термобарическое поле при таком процессе характеризовалось гребнем тепла на Черное море с юго-запада. Барические и термические градиенты невелики и фен образовался за счет адвекции тепла, адиабатического опускания и прогрева воздуха. Процесс опускания воздуха происходит при малых скоростях ветра, как правило, 8-12 м/с, а иногда и меньше.

На рис.10 антициклон наблюдался над севером ЕТР. Пространственная ось гребня антициклона направлена на юго-запад до центральных районов Средиземного моря. Над Бухарестом наблюдалось ядро антициклона. Над Южным Уралом, Закавказьем и Средней Азией образовалась многоцентровая депрессия.

Над Западным Предкавказьем наблюдалось падение давления, а над Черным морем, где свое влияние оказывал гребень, наблюдался рост давления, создавая барические градиенты. Фен в этот день был кратковременным. После прохождения холодного фронта, фронт начал огибать Кавказский хребет и фен закончился.

### 3.2 Аэросиноптические условия прогнозирования фенов в районе Майкопа

Фены в летний период возникают при следующих синоптических ситуациях:

1. Над восточной Атлантикой и Западной Европой наблюдался антициклон с центром над Великобританией. Пространственная ось гребня антициклона направлена на Анкару через Варшаву, Кишинев. А над Афинами наблюдался циклон, ось ложбины которого направлены на южные районы Западной Европы.
2. Над Афганистаном располагался циклон, его ложбина направлена на Волгоград, Куйбышев. Над Северным Кавказом наблюдалось малоградиентное барическое поле, но влияние на него оказывал гребень антициклона. Фен, начавшийся в 03 часа 23 июня 1995 года, закончился в 21 час с прохождением холодного фронта.
3. Скорость ветра 10-12 м/с, температура повысилась на 5°C, влажность понизилась до 23%.

Этот тип синоптической ситуации при фене наблюдается в основном осенью и летом при неустойчивой стратификации и чаще всего при малых градиентах давления.

При этом процессе наблюдалось 20% случаев фена.

Явление внутримассового фена протекает при малооблачной погоде. Осадков не выпадает.

Горные хребты являются механическими препятствиями для

прохождения атмосферных фронтов, и, следовательно, оказывают влияние на скорость ветра при фенах, связанную с прохождением того или иного фронта.

Теплые фронты чаще и легче переваливают через горы, даже высокие. Холодные, как правило, задерживаются горами, имеющими высоту более 2010 м, и огибают препятствие. Поэтому в предгорной зоне Северного Кавказа происходит задержка холодных воздушных масс, стационарирование и нередко обострение атмосферных фронтов перед орографическими препятствиями, и размывание их за ними. Если холодный фронт располагается под острым углом к горному хребту, то перед фронтом происходит сгущение линий тока в теплой воздушной массе между горным хребтом и фронтальной поверхностью.

Низкие горные цепи холодные фронты переваливают не испытывая заметной деформации. Но на подветренной стороне гор в таких случаях возникают феновые усиления ветра [20, с. 99].

Фены Северного Кавказа по своему происхождению могут быть разделены на два типа: циклонические и антициклонические. Большинство фенов обуславливается прохождением циклонов к северу от хребта Большого Кавказа.

Предфронтальный поворот ветра перед прохождением теплого фронта определяет начало адвекции тепла с юга, а следовательно, и начало фенового процесса. При дальнейшем прохождении теплого сектора циклона усиливается южная адвекция, и одновременно в горных долинах усиливаются фены.

После прохождения холодного фронта, с вторжением холодной воздушной массы, в тылу циклона и сменой ветра на западные и северо-западные румбы фены затухают.

Фены при описываемом процессе развиваются одновременно на всем северном склоне, первоначально они захватывают долины Западного Предкавказья, затем при продвижении циклонической системы на восток или северо-восток (и только при этом условии) они развиваются и в долинах Восточного Предкавказья. При этом процессе они наиболее длительны и интенсивны.

Кратковременные фены возникают и перед прохождением окклюзии по типу холодного фронта, в результате предфронтального поворота ветра. Длительность циклонических фенів определяется длительностью прохождения южной периферии циклона [15, с. 136].

За исследуемый период при фенах в Майкопе наблюдались следующие виды атмосферных фронтов: теплый фронт, фронт окклюзии, огибание холодным фронтом Кавказского хребта, а также фен, наблюдавшийся в теплых секторах циклонов.

Таблица 3.2 – Повторяемость фенів, связанных с атмосферными фронтами

Фронты	Теплый фронт	Фронт окклюзии	Теплый сектор циклона	Огибание холодным фронтом Кавк.хребта
Повторяемость, %	26,2	19,0	43,0	11,8

Из таблицы 3.2 видно, что наибольший процент повторяемости фенів, связанных с атмосферными фронтами наблюдался в теплых секторах циклонов – 43%, при прохождении теплых фронтов - 26,2%, фронтов окклюзии – 19% и огибание холодным фронтом Кавказского хребта – 11,8%.

Это говорит о том, что фены наиболее вероятны в теплых секторах циклонов, где наблюдается гребень тепла на АТ-850. Большой процент повторяемости также при прохождении теплого фронта, связанного с приходом теплой воздушной массы.

Реже всего наблюдаются фены при огибании холодным фронтом Кавказского хребта, т.к. через несколько часов он превращается во фронт окклюзии по типу холодного фронта, а такие фены обычно бывают кратковременны.

Установлено, что синоптическая ситуация при фене 15 декабря 2008 года была вызвана многоцентровой депрессией наблюдавшейся от Атлантики и почти до Якутска. На Северный Кавказ оказывала влияние вытянутая ложбина с северо-запада на юго-восток. Центр циклона, находившегося над Киевом, был связан с атмосферными фронтами: теплый фронт проходил по побережью

Черного моря между морем и Кавказским хребтом. Еще один, уже окклюдированный фронт, проходил через запад Черного моря. Над Средиземноморьем и Казахстаном наблюдались антициклоны.

При такой синоптической ситуации 15 декабря 1996 г. ветер у земли был юго-юго-западный 12 м/с, порывы достигали 19 м/с. Температура поднялась от 6°С до 13°С тепла. Относительная влажность упала на 34%, атмосферное давление падало.

На высоте 1,5 км в это время ветер был юго-западный 25 м/с, температура поднялась на 3,3°С, а на высоте 3 км на 2°С.

Эта огромная, занимающая половину материка многоцентровая депрессия оказывала свое влияние долго, и фен с небольшими паузами наблюдался от 14 по 31 декабря 1996 года.

На основании данных шаропилотных наблюдений за 10 лет в аэропорту Майкоп рассмотрено 280 случаев связи между скоростью ветра у земной поверхности и его предшествующее распределение по вертикали. Для этого строились профили ветра за сутки перед его усилением у поверхности земли и в день усиления по имеющимся выпускам шаров-пилотов.

Анализ профилей ветра показал, что существует довольно тесная связь между усилением ветра у поверхности земли и струйными течениями низких уровней, называемых мезоструями. Образование мезоструй обязано своим происхождением процессам циклогенеза и прохождению фронтов через районы Северного Кавказа [16, с. 87].

Высота положения и интенсивность фронтальных струйных течений низких уровней зависит от вида и интенсивности фронта, с которым оно связано. В зоне теплого фронта мезоструи наблюдаются впереди фронтов на высоте от 900 до 2010 м. С приближением теплого фронта высота положения мезоструи снижается и с разрушением приземных инверсий ветер у поверхности земли усиливается до скорости на 2-5 м/с меньше скорости в мезоструях [27, с. 169].

В зонах холодного фронта мезоструи наблюдаются на тех же высотах, но

сохраняются и после прохождения холодного фронта в тылу циклона. В этих случаях ветер у земли, как правило, усиливается до шторма и сохраняется продолжительное время [14, с. 119].

В теплом секторе циклона в районе Майкопа наблюдаются и орографические типы мезоструй, которые связаны с феновыми явлениями и горно-долинной циркуляции.

Мезоструя, связанная с фенами, почти всегда снижается до уровня поверхности земли, за исключением тех случаев, когда у земли вдоль Кавказского хребта располагается ложбина [8, с. 99].

Наибольшее усиление ветра у поверхности земли в Майкопе наблюдается при смешанном типе мезоструи, когда при приближении атмосферных фронтов к горному массиву происходит значительное сгущение линий тока за счет орографии местности. Максимальная скорость в этих случаях в мезоструях достигает 30 м/с.

Анализ профилей ветра показал, что усилению ветра у земли до 15 м/с и более предшествует появление мезоструи в слое 1500-2010 м для юго-западного ветра в 82% случаев (за 9-12 часов).

При снижении уровня мезоструи до 600-900 м, заблаговременность усиления ветра до 15 м/с и больше составляет 1,5-3 часа.

Анализ карт струйных течений за рассматриваемый период показал, что в случаях юго-западного штормового ветра при фенах у поверхности земли в 92% случаев на высотах 7-10 км. Существует струйное течение юго-западного направления с максимальной скоростью на оси струи 50 м/с и более.

Зависимость юго-западного ветра в Майкопе от разности давлений Майкоп-Туапсе. На северных склонах Кавказского хребта ветры южных направлений носят феновый характер. В различных районах этих склонов, в зависимости от ориентировки горных долин, закрытых с юга и открытых с севера, фены имеют разное направление; в районах Нальчика, Клухори, Майкопа - юго-западное, Орджоникидзе - южное, в Кисловодске - юго-восточное [25, с. 100].

Повторяемость фенов, скорость которых достигает 15 м/с и более, в центральной и восточной части северных склонов хребта невелика (в районе Нальчика фены более 7 м/с маловероятны) и в среднем составляет 2-4 дня в году. Величина средней скорости не превышает 20 м/с, порывы же достигают 25-30 м/с [18, с. 116].

В Майкопе феновые усиления ветра наблюдаются в основном в холодный период года.

Необходимым условием возникновения штормовых фенов является наличие значительных горизонтальных градиентов давления (6-15 гПа/1° мер), направленных с юга на север.

Такие градиенты устанавливаются, когда над Малой Азией находится область повышенного давления (отрог Казахстанского антициклона), одновременно над Северным Кавказом развивается циклоническая деятельность. Особенно продолжительные и сильные фены наблюдаются при выходе циклона с Черного моря на Нижнюю Волгу. Чем ближе к горам центр циклона и больше перепад давления между центром циклона и отрогом, тем продолжительнее и сильнее фен. Для Майкопа установлена количественная связь скорости ветра при фенах с перепадом давления.

Своеобразие погоды при фенах требует учета их влияния на режим в горных районах. Прогноз фенового процесса, т.е. прогноз переваливания воздуха через горный хребет, осуществляется общепринятыми в синоптике методами. Чаще всего фены можно ожидать либо при установлении устойчивого переноса воздуха (фены переваливания), либо при прохождении серии или одиночных циклонов с запада (фены всасывания), либо при натекании и стационаровании холодного воздуха у горного хребта с последующим развитием нисходящих движений по наветренному склону (фены отражения) [13, с. 101].

При уверенности в том, что будет осуществляться направленный перенос воздуха поперек горных препятствий, необходимо выяснить, каким образом поток может преодолеть это препятствие. В зависимости от стратификации,

мощности и скорости потока, последний может переваливать через препятствие или обтекать его с боков.

С целью проверки обеспеченности метода прогноза по найденным типам синоптических ситуаций, просмотрены и изучены аэросиноптические материалы за 10 лет (1995-2014), в которых использовались аналогичные случаи найденных типов синоптических процессов, приводящих к возникновению фена.

По приземным картам найдено 11 случаев, схожих синоптических процессов, но которые фена не вызвали.

При дальнейшем рассмотрении высотных карт АТ-850, АТ-700 и ОТ 500/1000 этих же случаев обнаружено в 10 случаях несоответствие найденным типам высотных барических и термических положений и лишь в одном случае 19.01.01г. как приземное, так и высотное аэросиноптическое положение характерно для возникновения фена в районе Майкопа.

В соответствии с первым типом синоптических процессов, когда над ЕТР располагался циклон с глубокой ложбиной, направленной на Северный Кавказ, потоки на АТ-850 и АТ-700 юго-западные. Таким образом, прогноз фена в районе Майкопа сводится в основном к прогнозированию синоптической ситуации при достаточном проценте надежности около 91%. Этот процент выведен из 11 типичных случаев фена и 12 найденного при проверке, но не давшего фена. Соотношение 11:12=91%.

## Заключение

Во многих горных регионах земного шара, в том числе Республике Адыгея, засухи и суховеи зачастую связаны с фенами. Феном называются нисходящие (катабатические) ветры, дующие с гор и сопровождающиеся ростом температуры и понижением влажности воздуха. Это ветры направленной циркуляции, развивающиеся вследствие механического возмущения поля ветра.

Высокая температура и низкая относительная влажность во время фена приводит к резкому снеготаянию, а летом к большим паводкам на горных реках, к засухам и суховеям. Негативная роль фёнов зарегистрирована и в Республике Адыгея.

Горная часть Адыгеи относительно невелика, – ее площадь составляет 2,2 тыс. кв. км; протяженность с севера на юг 70 км. Территорию горной части республики составляют среднегорные хребты – Лесистый, Пастбищный, Скалистый; высокогорная зона – это куэстовые гряды Большого Тхача, отроги Передового и Главного Кавказского хребта. Самые высокие точки республики – это вершины Чугуш (3238 м), Тыбга (3064 м) и Фишт (2867 м). Большая часть горного массива покрыта вечными снегами и льдом. Восточнее Оштена находится плато Лагонаки, западнее – гора Гузерипль, с которой берет начало одноименная река. За Оштенем возвышается двугорбый массив Фишта.

Лето 2016 года в республике Адыгея наступило 10-12 мая - на неделю позже обычных сроков. Конец лета отмечен 10 октября, что на 10-12 дней позже многолетних сроков. Продолжительность летнего периода составила 150 дней. Начало лета было теплым с небольшими перепадами температур, в конце июля установилась жаркая и сухая погода.

Из 15-ти летних декад, 5 декад были с отрицательными отклонениями (1, 2°), 9 декад были с положительными отклонениями (3° - 5°) и одна декада с температурой близкой к средней многолетней. Очень жарким был август. В течение месяца дневная (максимальная) температура ниже 30°C не опускалась. Абсолютный максимум

составил 39°C (сильная жара). Максимальная температура на поверхности почвы повышалась до 60-66°C. На глубине 20 см почва прогревалась до 26-29°C, что на 2-4°C выше нормы. Число дней с максимальной температурой воздуха выше 30°C и выше составило 51-59 дней. Фены наблюдаются во всех горных районах. При них в районе Майкопа наблюдается ясная малооблачная погода, устанавливается максимальная прозрачность воздуха так, что видимость отмечается до 50 км и более и на юге видны снежные вершины гор. Облака отмечаются в основном в южной стороне - высококучевые чечевицеобразные. Главным условием возникновения фенов, пересечение воздушным течением достаточной высоты хребта.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. За исследуемый 10 летний период, в районе Майкопа установлено более 100 случаев фена. В годовом ходе, максимум приходится на ноябрь и декабрь - 17, минимумы до 1 -го или не наблюдаются вообще в летние месяцы; в сутках чаще всего возникают с 13 до 24 часов - 37,1%, максимальной продолжительностью - 98 часов, резко нарушая суточный ход метеорологических элементов.

2. Установлена четкая зависимость фенов с летними засухами, т.е при высокой температуре, а еще чаще при перепадах температур от +5 до +25°C - 49,5%, при резком падении относительной влажности на 40% в 47% случаев, а наименьшее при падении относительной влажности на 70% более - 2 случая.

3. В суточном ходе частая продолжительность приходится на 13-24 часа - 37,1%, с максимальной продолжительностью - 98 часов.

Направление ветра за 4 часа до фена южное, юго-юго-восточное, юго-западное, северо-восточное, при фене только три направления: запад-юго-западное - 24,7%, юго-юго-западное - 16,5%, юго-западное - 16,5%. Наибольшую повторяемость имеет юго-западное направление.

4. Наибольший процент повторяемости фенов, связанных с атмосферными фронтами наблюдался в теплых секторах циклонов - 43%, при прохождении теплых фронтов - 26,2%, фронтов окклюзии - 19% и огибание

холодным фронтом Кавказского хребта – 11,8%. Наиболее частая повторяемость перепада температур наблюдалась при 5-10°C - 49,5%, максимальный перепад температуры достигал 20,5°C.

5. Наиболее частая повторяемость при падении относительной влажности на 40% и менее - 48,4%, наименее частая повторяемость на 70% и менее – 2%. Самая минимальная относительная влажность - 12%.

6. Прогноз фена в районе Майкопа производится следующим образом: сначала прогнозируется синоптическая ситуация, процент надежности около 91%, затем вычисляется скорость ветра, в зависимости от разности давления между Майкопом и Туапсе. Потом прогнозируется максимальная температура. И если ожидается сильный юго-западный ветер и рост температуры, то надо ожидать фен.

## Список использованной литературы

1. Агromетeоролoгичecкий обзор за 2012-2013 cельcкoхoзяйcтвенный год по рecпубликe Адыгeя / отв. ред. А.В. Митров. – Кpаснодар, 2014. – 346 c.
2. Агromетeоролoгичecкий обзор за 2015-2016 cельcкoхoзяйcтвенный год по рecпубликe Адыгeя / отв. ред. А.В. Митров. – Кpаснодар, 2017. – 983 c.
3. Бopиcовa, С.В. Об ycлoвии paзвития мecтнoй циркуляциe в долине реки Тeбepды // Мeтeорoлoгия, климaтoлoгия и гидрoлoгия. – 1975. – Вып. II. – С. 148-152.
4. Бурман, Э.А. Мecтныe вeтры. – Л.: Гидрoмeтeoиздaт, 1969. – 152 c.
5. Вecелoв, Е.П. К paсчeту cкoрocти вeтpa у пoвepхнocти зeмли и нa выcoтax // Тp. Гидрoмeтeoцeнтpa CCCP. – 1971. – Вып. 90. – С. 67-73.
6. Гутман, Л.Н. Пpимeнeниe мeтoдa длинныx вoлн к зaдaчe oбтeкaния гop // Докл. АН CCCP. – 1957. – Т. 115. – № 3. – С. 497-500.
7. Дpoвaлeвa, А.Ф. Мecтныe ocoбeннocти cильныx вeтpoв в paйoнe Майкoпa // Cбopник paбoт Рoстoвcкoй ГМO. – 1972. – Вып. 6. – С. 173-182.
8. Дpoгaвцeв, Д.А. О влиянии гopныx мaccивoв нa циркуляциe атмocфepы // Тp. Гидрoмeтцeнтpa CCCP. – 1963. – Вып. 13. – С.93-104.
9. Дpoздoв, О.А. О нeкoтoрыx ocoбeннocтяx мecтныx циркуляциe гopныx paйoнoв // Вecтник ЛГУ. – 1960. – Т. 24. – С.146-148.
10. Кaтaeв, Л.К. Cинoптичecкиe ycлoвия oбpaзoвaния фeнoв в Пpeдгopьяx Ceвepнoй Oceтии // Cбopник paбoт Рoстoвcкoй ГМO. – 1972. – Вып. 8. – С. 97-104.
11. Квapцxелия, И.Ф. Aэpoсинoптичecкиe ycлoвия вoзникнoвeния фeнoв oрoгpaфичecкoгo типa в Риoнcкoй долине // Тp. ЗaкНИГМИ. – 1973. – Вып. 53/59. – С. 89-94.
12. Квapцxелия, И.Ф. Иccлeдoвaниe aэpoлoгичecкиx ycлoвий вoзникнoвeния вocтoчныx тpoпocфepныx пoтoкoв нaд Зaкaвкaзьeм // Тp. ЗaкНИГШ. – 1973. – Вып. 35/39. – С.117-123.
13. Кибeль, И.А. К вoпpocу o пepeвaливaнии циклoнoв чepeз гopный хpeбeт //

- Тр. НИУГУГМС. – 1977. – Вып. 30. – С.97-103.
14. Кордзахия, Р.С. Некоторые особенности фенів в районе Леселидзе-Пицунда // Тр. ЗакНИГМИ. – 1982. – Вып. 75/81. – С. 118-121.
  15. Лисовая, К.Н. Местные особенности и условия возникновения сильных ветров в районе Краснодара // Сборник работ Ростовской ГМО. – 1963. – Вып. 7. – С 132-138.
  16. Малик, С.А. Сильные ветры на Северном Кавказе, юге Украины и Черном море // Сборник региональных работ. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – С. 87-92.
  17. Паршина, И.К. Прогноз сильных ветров: методическое указание по прогнозу опасных и особо опасных явлений погоды. – Ростов-н/Д., 1974. – 131 с.
  18. Паршина, И.Н. О связи скорости ветра с барическим градиентом и мезоструями на Северном Кавказе // Тр. Гидрометцентра СССР. – 1971. – Вып. 90. – С. 113-118.
  19. Петросянец, М.А. Некоторые закономерности горно-долинной циркуляции // Метеорология и гидрология. – 1963. – № 9. – С. 98-102.
  20. Полтораус, Б.В. Фены Западного Кавказа // Метеорология и гидрология. – 1972. – Вып. 7. – С. 98-103.
  21. Попова, Г.Д., Минаева, М.Н. К вопросу о скорости ветра на холодных фронтах // Тр. Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 158. – С. 89-94.
  22. Руднев, Г.В. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 343 с.
  23. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 87 с.
  24. Станев, Е.В. Вертикальные скорости над сложным рельефом, обтекаемым нестандартным турбулентным потоком // Физика атмосферы и океана. – 1981. – Т. 17. – № 11. – С. 96-104.
  25. Татарова, Н.И. Синоптические условия образования циклонов в районе Черного моря и выхода их на Северный Кавказ // Тр. Ростовской ГМО. – 1982. – Вып. 11. – С. 99-102.

26. Темникова, Н.С. Климат Северного Кавказа и прилежащих степей / под ред. проф. О.А. Дроздова. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.
27. Фридман, Л.И. Аэросиноптические и местные условия возникновения фенов в районе Нальчика // Сборник работ Ростовской ГМО. – 1977. – Вып. 4. – С. 165-171.
28. Шелковников, М.С. Мезометеорологические процессы в горных районах и их влияние на полеты воздушных судов. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 208 с.