



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 Режим гололедно-изморозевых явлений на территории Краснодарского края

Исполнитель Чиканов Алексей Владимирович

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

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 22 » февраля 2021 г.

Туапсе
2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Метеорологические и синоптические условия образования ГИО.....	5
1.1 Условия образования и виды ГИО.....	5
1.2 Синоптические условия образования изморози и гололеда.....	15
2 Орография и климат Краснодарского края. Условия образования гололеда на территории края.....	19
2.1 Орографическое и климатическое описание Краснодарского края	19
2.2 Синоптические условия образования гололеда на территории Краснодарского края.....	24
3 Пространственно – временное распределение ГИО в Краснодарском крае ...	38
3.1 Повторяемость ГИО на территории Краснодарского края.....	38
3.2 Повторяемость гололеда на территории Туапсинского района.....	45
Заключение	51
Список использованной литературы.....	53

Введение

Гололедно-изморозевые явления (ГИО) наносят материальный ущерб многим отраслям экономики. Намерзая на различных поверхностях, они нередко приводят к порче садовых деревьев, разрушению линий электропередач, блокируют работу железнодорожного и автомобильного транспортов.

Обледенение проводов относится к числу опасных явлений погоды, в значительной мере влияющих на механическую прочность воздушных линий связи и электропередач, а также затрудняющих их эксплуатацию.

С осаждением на проводах льда создается дополнительная весовая нагрузка, увеличивая их парусность и вибрация, вследствие чего возникают такие явления как «пляска» и скручивание проводов. В ряде случаев эти явления приводят к преждевременному износу проводов, их обрыву или даже разрушению столбовой линии.

В Краснодарском крае, в Приморье, на Сахалине едва ли не ежегодно случаются аварии на линиях электропередач, и тысячи людей остаются без электроэнергии. Останавливается движение электропоездов на железных дорогах. Гололед оказывается губительным для деревьев, обламываются не только ветки, но нередко падают и сами деревья: вековые магнолии, эвкалипты, кипарисы, дубы и грабы выворачиваются с корнями. В условиях отгонно-пастбищного животноводства, наличие его преграждает доступ животным к траве. Под слоем гололеда может произойти гибель озимых культур.

В Краснодарском крае зимой часто наблюдаются погодные условия, благоприятные для нарастания гололеда, обусловленные сильным влажным ветрам и температурой воздуха у поверхности земли 3–5 °С.

Отложения кристаллической изморози так же часто становятся причиной различных аварий. Их вероятность повышается при ветрах со стороны крупных водоемов – идет интенсивная подача влаги, процессы кристаллизации идут особенно интенсивно. Если начинается потепление, то образовавшийся слой

может уплотниться и превратиться в лед. И тогда изморозь может превратиться в гололед. На поверхности земли, на дорогах, на крышах домов нарастает корка плотного льда, толщиной в несколько сантиметров. Растет этот слой и на ветках деревьев и на проводах и мачтах электропередач. При усилении ветра ветки начинают ломаться, линии электропередач рушатся.

Для получения более полной информации о гололедно- изморозевых отложениях и их образовании уже

Но по-прежнему для специалистов прогноз появления ГИО является достаточно сложным.

Следовательно, тема исследования является актуальной, т.к., в работе рассматриваются факторы, влияющие на образование гололедно-изморозевых отложений в Краснодарском крае, и проводится анализ их пространственно – временного распределения.

Объектом изучения данной работы являются гололедно-изморозевые явления.

Предметом изучения являются условия образования гололедно-изморозевых явлений и пространственное распределение их на территории Краснодарского края.

Цель данной работы – изучить условия гололедно-изморозевых явлений, провести анализ их пространственного распределения на территории Краснодарского края.

Для реализации поставленной цели решаются следующие задачи:

- изучить метеорологические и синоптические условия образования ГИО;
- рассмотреть виды гололедно-изморозевых явлений;
- рассмотреть физико-орографические и климатические особенности Краснодарского края;
- провести анализ пространственно – временного распределения ГИО на территории Краснодарского края.

1 Метеорологические и синоптические условия образования ГИО

1.1 Условия образования и виды ГИО

Воздух, соприкасающийся с холодной почвой и наземными предметами, может охладиться до точки росы. При дальнейшем его охлаждении избыток пара начинает конденсироваться на поверхности охлажденных предметов.

В зависимости от условий охлаждения образуются роса, иней, жидкий или твердый налет, кристаллическая изморозь [11, с.266].

При оседании и последующем замерзании переохлажденных капель и при непосредственном оседании ледяных кристаллов на земной поверхности и наземных предметах образуется гололед или зернистая изморозь, которые называются продуктами наземной конденсации.

Существует несколько видов обледенения проводов. К их числу относятся: иней, кристаллическая изморозь, зернистая изморозь, гололед, отложение мокрого снега и замерзшее отложение мокрого снега.

Слои воздуха, непосредственно соприкасающиеся с холодной почвой или охлажденными наземными предметами, могут охладиться до точки росы, эти слои окажутся насыщенными водяным паром, и при дальнейшем охлаждении избыток влаги начнет конденсироваться на поверхности охлажденного предмета.

При этом в зависимости от условий охлаждения образуются следующие продукты конденсации: роса, иней, изморозь, гололед, жидкий и твердый налет [11, с.267].

В работе мы будем рассматривать две группы видов обледенения в зависимости от процессов образования, т.е., конденсации и сублимации.

К первой группе относятся обледенения, возникающие в результате сублимации водяного пара, т.е. процесса, при котором водяной пар переходит непосредственно в лед, минуя стадию воды. Процессы первой группы приводят к осаждению сублимационного льда, имеющего различимую глазом кристаллическую структуру.

Эту группу представляют два, иногда внешне сходных между собой явления – иней и кристаллическая изморозь.

Ко второй группе относятся обледенения, возникающие главным образом за счет осаждения и замерзания переохлажденных капель воды. Процессы второй группы приводят к осаждению льда зернистой и стекловидной структуры. Типичными видами этой группы являются зернистая изморозь и гололед.

Относящиеся к этим группам виды обледенения являются одноструктурными. Отличаются они друг от друга не только по внешним признакам, но и по условиям образования. Каждый из них возникает при соответствующем режиме погоды, имеет особые свойства, свои пределы плотности [11, с.267].

Однако гололед и изморозь могут образоваться в результате совместного действия двух указанных процессов или при наложении их друг на друга. Поэтому все виды конденсации объединяются в одну группу и называются наземными продуктами конденсации.

Исходя из внешних признаков и условий образования, для каждого вида можно выделить определенное количество разновидностей: для инея – две, для кристаллической изморози - две, для зернистой изморози – три и для гололеда – четыре.

Обычно одна из разновидностей по устойчивости внешних признаков и строению наиболее полно характеризует собой вид обледенения.

Так, иней при затишье характеризует собой вид инея, листовидная изморозь – вид кристаллической изморози, веерообразная изморозь – вид зернистой изморози, футлярообразная форма гололеда – вид гололеда.

При классификации учитывалось, что для вида и разновидности обледенения главное значение имеет размер переохлажденных капель тумана, мороси или дождя, пределы температуры, скорости ветра и участие в процессе образования отложения явления сублимации.

Кроме рассмотренных однородных видов и разновидностей обледенения

выделили в отдельную группу сложные обледенения, являющиеся результатом последовательного отложения на проводе нескольких слоев различных видов льда (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Генетико-морфологическая классификация обледенения проводов [11, с.268]

Группа	Вид	Разновидность
1. Обледенения, возникающие в результате сублимации водяного пара	Иней	при затишье
		наветренный
	Кристаллическая изморозь	листовидная
		пушистая
2. Обледенения, возникающие в результате осаждения и замерзания переохлажденной воды	Зернистая изморозь	Иглообразная
		Веерообразная
		Пластинчатая
	Гололед	Гребнеобразный
		Овалообразный
		Футлярообразный
		волнистообразный
	3. Обледенения, возникающие в результате осаждения и замерзания мокрого снега	Отложение мокрого снега
Замерзшее отложение мокрого снега		нет
4. Сложные отложения льда	Зернистая изморозь на гололеде	нет
	Гололед на зернистой изморози	нет нет
	Ряд чередующихся слоев гололеда и изморози на проводах	

Все эти отложения относятся к многоструктурным (сложным). Возникают они чаще всего на возвышенных местах при чередовании процессов погоды, но без устойчивой оттепели. Эту группу обледенения, имеющую весьма большое практическое значение, образуют в основном сочетания двух видов обледенения – гололеда и зернистой изморози [2, с.42].

Изморозью называется белый рыхлый осадок, образующийся на ветках деревьев, проводах и на выступающих частях предметов. Все виды изморози различаются как по характеру строения осадка, так и по условиям образования.

Наращение изморози происходит преимущественно с наветренной

стороны предметов. Различают два вида изморози: зернистую и кристаллическую.

Зернистая изморозь представляет собой снеговидный осадок льда рыхлого зернистого строения, обычно матово – белого цвета образовавшийся на тонких предметах: проводах, ветвях деревьев, т.е. на предметах, легко обтекаемых воздухом в виде плотных перьев, вееров, игл, пластинок и других форм. Удельный вес зернистой изморози $0,1 - 0,4 \text{ г/см}^3$ (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Осаждение зернистой изморози в горах [2, с.43]

Образование зернистой изморози происходит в результате намерзания друг на друга капель переохлажденного тумана или облака при наличии ветра. Водяные капли при соприкосновении с предметами замерзают настолько быстро, что не успевают потерять свою форму. В результате этого образуется снеговидное обледенение, состоящее из ледяных зерен [2, с.45].

Наблюдается зернистая изморозь чаще всего при температуре от -2 до -8° и при значительной скорости ветра. При понижении температуры и ослаблении скорости ветра зернистая изморозь постепенно превращается в кристаллическую.

Наиболее интенсивное отложение изморози происходит при больших скорости ветра и густоте тумана и при небольшом морозе ($-4, -7^{\circ}\text{C}$).

В этих условиях предельный размер отложения на вершинах гор при натекании слоистых облаков может достигать более одного метра, на холмах 150мм, в низменных местах – до 50 мм [2, с.46].

Внешний вид многообразных форм зернистой изморози и ее плотность зависят главным образом от температуры воздуха, величины капель тумана и отчасти от скорости ветра. С усилением мороза и уменьшением капель тумана изморозь приобретает ажурный вид и небольшую плотность (0,1мкм). При повышении температуры воздуха и укрупнении капель тумана плотность изморози увеличивается до 0,6 мкм; по внешнему виду она может напоминать мутный гололед.

Зернистая изморозь, откладываясь в большом количестве на ветках деревьев, проводах и других тонких предметах, в сочетании с сильным ветром оказывает на них разрушающее действие

По внешним признакам и условиям образования различаются три разновидности зернистой изморози: иглообразная, веерообразная и пластинчатая [4, с.213].

Зернистая изморозь иглообразная – отличается от всех остальных разновидностей игольчатым строением (рисунок 1.2).

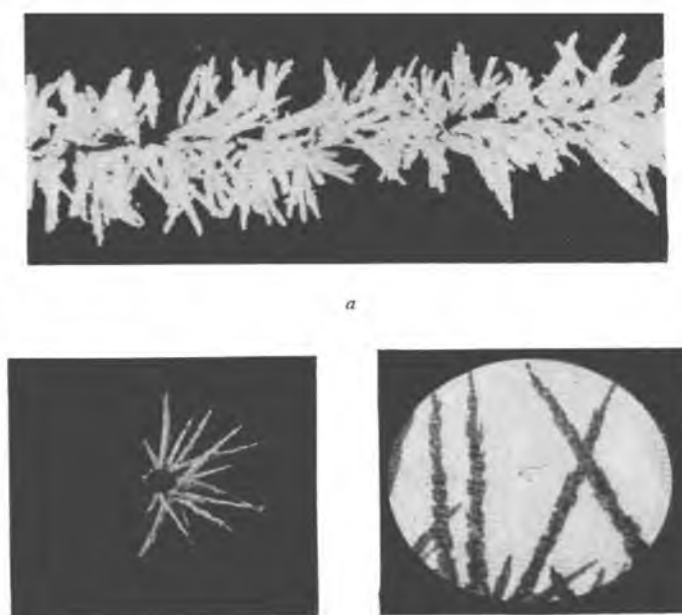
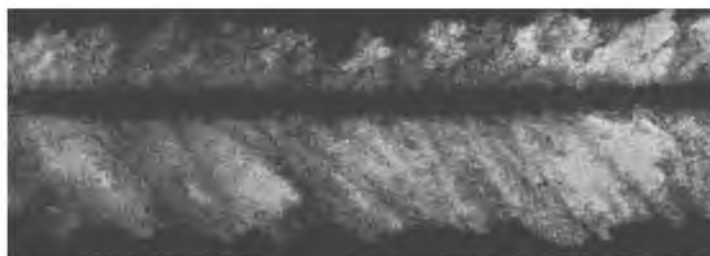


Рисунок 1.2 – Вид иглообразной изморози [4, с.213]

Как правило, иглы возникают не на всей поверхности провода, а на отдельных его точках; растут они навстречу ветру. Объемная плотность осадка не превышает 0,08мкм. Наиболее частое образование такой изморози происходит при дымке и слабом тумане при температуре от -5 до -8°. Небольшие размеры отложения и медленность его развития объясняются малой водностью тумана. Сила сцепления изморози с проводами мала.

Образуется изморозь при туманах, чаще всего при температуре от -3 до -7° и ветре до 7м/сек. Плотность изморози колеблется от 0,1 до 0,3 и зависит от условий образования: чем ниже температура и меньше капли тумана, тем изморозь рыхлее и, наоборот, с повышением температуры и увеличением капель тумана изморозь становится более плотной. Максимальный диаметр изморози в гололедных районах достигает 100мм и более.

Веерообразная изморозь представляет собой опасное обледенение. С ее появлением отмечаются вибрация, скручивание и повышенная парусность проводов. Нередки случаи, когда в результате всех этих явлений обрываются провода или ломаются опоры (рисунок 1.3).



a



Рисунок 1.3 – Вид веерообразной зернистой изморози [4, с.214]

Зернистая изморозь пластинчатая – плотный осадок зернистого слоистого льда белесоватого или серого цвета. Она отлагается на проводе с наветренной

стороны в виде пластинки, толщина которой немногим может превышать толщину провода. Микроструктура изморози представляет собой бесформенную массу льда с преобладанием в ней элементов зернистого строения. Образование пластинчатой изморози происходит при тумане (чаще адвективном). Туман отличается большой водностью. Капельки его несколько крупнее, чем при образовании веерообразной изморози и близки по размерам к каплям мороси.

Температура воздуха при образовании отложения около -3° , реже около -5° . Скорость ветра находится в пределах от 5 до 10 м/сек, но может быть и больше. Плотность пластинчатой изморози колеблется от 0,4 до 0,6. Сила сцепления с проводами большая. При обивке отложение опадает небольшими кусками. Естественное опадение изморози с проводов происходит обычно от повышения температуры. С появлением пластинчатой изморози происходит скручивание проводов и сравнительно часто наблюдается их вибрация. Эта разновидность изморози является переходной к гололеду (рисунок 1.4).

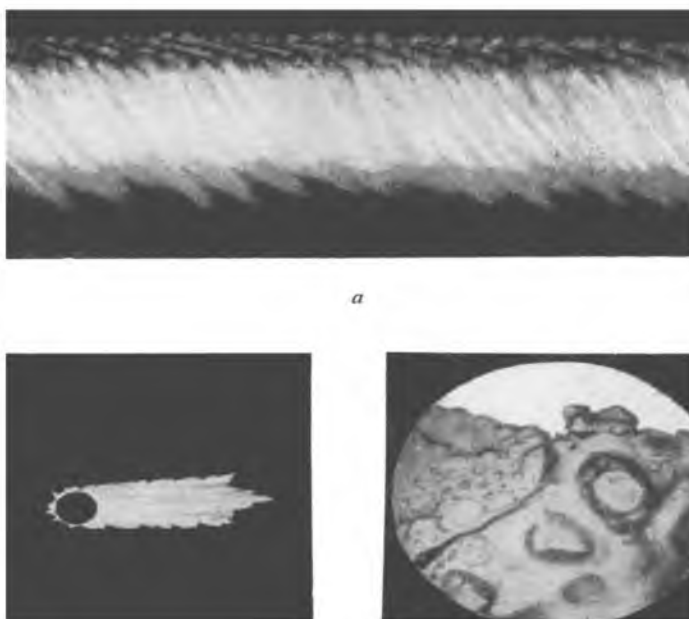


Рисунок 1.4 – Вид пластинчатой зернистой изморози [4, с.216]

Степень опасности наземного обледенения принято характеризовать общей толщиной льда, которая создается за время нарастания ледяного обложения [4, с.216].

Необходимые наблюдения производятся на метеорологических станциях, и при получении соответствующей информации синоптик может качественно оценить интенсивность обледенения. При этом для ориентировки может быть использована следующая шкала [24, с.243].

Для зернистой изморози, обладающей несколько меньшей, чем гололед, плотностью:

Характеристика	Величина отложения (мм)
Слабая	< 15
Умеренная	15 – 20
Сильная	50 – 100
Очень сильная	> 100

Для смеси, являющейся промежуточным по плотности образованием:

Характеристика	Величина отложения (мм)
Слабая	< 10
Умеренная	10 – 35
Сильная	35 – 75
Очень сильная	> 75

Кристаллическая изморозь – это слой ледяных пластинчатых или призматических кристаллов, отлагающихся на тонких предметах. Чаще всего кристаллическая изморозь появляется при наличии тумана или слабого ветра, или штиля при температуре $-11-25^{\circ}\text{C}$ и ниже. Выше этой температуры кристаллическая изморозь наблюдается редко. Образуется она в результате сублимации водяного пара при испарении капель тумана. Удельный вес кристаллической изморози $0,01 – 0,05 \text{ г/см}^3$ [4, с.218].

Кристаллическая изморозь, оседающая на тонких предметах, имеет пушистый вид и состоит из кристаллов, легко осыпающихся при встряхивании. Нарастает она медленно приблизительно 1мм в час; величина ее отложений не превышает в среднем 1см и только в редких случаях может достигать нескольких сантиметров [4, с.219].

При повышении температуры и понижении относительной влажности

воздуха кристаллическая изморозь осыпается. Разрушение ее также происходит под действием ветра.

Изморозь часто смешивают с инеем. Однако между этими осадками есть большое различие. Иней образуется преимущественно в ночные часы при ясной и тихой погоде, изморозь же может образоваться в любое время суток, обычно в пасмурную, туманную погоду. Иней образуется, как правило, на горизонтальных поверхностях, охлаждаемых путем излучения наиболее активно ночью; изморозь образуется на вертикальных поверхностях.

Плотный слой изморози во многих случаях является вредным метеорологическим явлением – отлагаясь в больших количествах на деревьях, изморозь ломает их. Повторяемость кристаллической изморози больше в тех районах, где в холодную половину года преобладает антициклонический характер погоды с радиационными туманами.

По внешним признакам и по условиям образования кристаллическая изморозь делится на две разновидности: листовидную и пушистую.

Кристаллическая изморозь листовидная - слой кристаллов льда листовидной формы, очень нежной, тонкой структуры. Благодаря большой разреженности кристаллов на проводе отложение имеет очень малую плотность (0,01 – 0,04) (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Вид листовидной кристаллической изморози [4, с.219]

Под микроскопом в этом отложении наблюдаются пластинчатые кристаллы льда формы правильных скелетов, иногда увенчанных шестиугольными пластинками.

Кристаллическая изморозь пушистая – слой, состоящий из мелких, нагроможденных друг на друга кристалликов льда, наподобие легкого пушистого снега.

Плотность осадка незначительна и колеблется от 0,01 – 0,05 мкм. Микроструктура – пластинчатые кристаллы со слабо развитой скелетностью. Возникает отложение чаще всего при температуре от -14 до -25° и слабом ветре, когда в воздухе наблюдается дымка, а затем туман (рисунок 1.6).

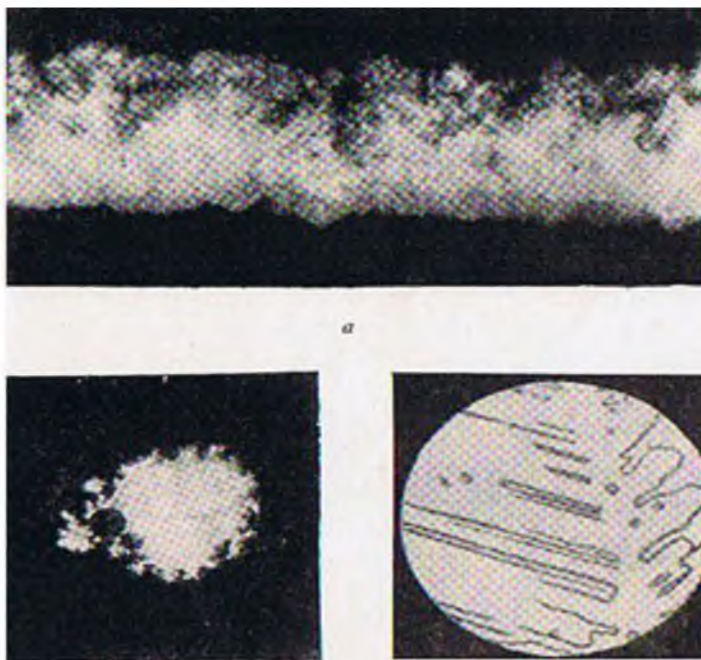


Рисунок 1.6 – Вид пушистой кристаллической изморози [4, с.220]

Росту этого кристаллического отложения, достигающего иногда значительных размеров (до 40 мм), способствуют мельчайшие капельки тумана, которые испаряются вследствие большой упругости пара над водой по сравнению со льдом.

Выделяющаяся от испарения капле́ль влага кристаллизуется на проводе. Так, за́в счет капле́ль растет пушистая изморозь, не имеющая ни малейших признаков зернистого строения.

1.2 Синоптические условия образования изморози и гололеда

Образование изморози, в отличие от гололедных отложений, происходит главным образом в антициклонических областях. При рассмотрении условий возникновения кристаллической и зернистой изморози между ними обнаруживаются существенные различия [3, с.178].

Первый из этих видов изморози обычно связан с чисто радиационным охлаждением нижних слоев воздуха в однородных антициклонических образованиях. Поэтому кристаллическая изморозь чаще всего возникает в низких районах и особенно вблизи больших водоемов, способствующих увлажнению воздуха.

В формировании зернистой изморози играют роль как радиационный, так и адвективный факторы. В связи с этим зернистая изморозь обычно наблюдается в разнородных по своей структуре антициклонических образованиях, т.е. там, где на фоне повышенного давления проходят слабо выраженные фронты. В ряде случаев само явление имеет характер гололедно - изморозевого отложения [3, с.179].

Гололед - представляет собой слой плотного прозрачного или мутного льда образовавшийся на поверхности земли, деревьях и других предметах преимущественно с наветренной стороны. Его появление связано часто с выпадением переохлажденного дождя или мороси.

Гололед возникает, когда после сильных морозов натекает теплый влажный воздух, и при этом на холодную землю выпадает переохлажденный дождь, морось или туман. Образуется ледяная корка, которая может становиться все толще и толще. Нарастает гололед быстро в течение нескольких часов, а разрушение идет несколько суток, в основном за счет испарения льда.

Для гололеда обязательно наличие хорошо выраженной фронтальной инверсии над районами образования гололеда. Начинается она от поверхности земли, либо с высоты 200-600 м.

Верхняя граница инверсии располагается на высоте 500-1000 м. Температура на верхней границе инверсии имеет значения от 0° до 3°, в отдельных случаях до 7°. Слой воздуха с положительной температурой простирается часто до высоты 1,5 – 2 км. Приземный клин холодного воздуха с отрицательными значениями температуры вблизи фронта имеет мощность порядка сотен метров.

Поэтому наиболее сильный гололед наблюдается на расстоянии 50 – 70 км от фронта, а не вблизи фронта.

Контраст температуры воздуха при сильном гололеде большой. Разность значений температуры воздуха в приземном слое в Ростове и Туапсе в день гололеда колеблется от 10° до 25° [8, с.25].

Если фронт над Краснодарским краем располагается меридионально, вдоль побережья (гололед в западных и северо-западных районах), то разность температур между Ростовом и Туапсе всего 4°- 8°С [8, с.25].

Средняя величина контраста температуры в приземном слое между указанными пунктами 16°. На поверхности 850 гПа контраст температуры меняется от 4° до 14° (среднее 9 °). Резкое увеличение контраста температуры воздуха над краем бывает не только в день гололеда, но и часто (65%) и даже за 2 дня. Наиболее благоприятным для гололеда температурным фоном является температура в холодном воздухе в пределах от -1° до -6°, а в теплом секторе +5°, +10° в отдельных случаях до +15° [6, с.89].

При ветре более 10 м/с соотношение между количеством осадков и величиной отложений существенно изменяется в сторону увеличения последней.

Направление ветра, как правило, северо-восточное. Скорость ветра в 40% превышает 10 м/с поэтому, в тех случаях, когда наряду с угрозой гололеда существует угроза усиления северо-восточного ветра, вероятность сильного гололеда очень большая [16, с.87].

Разновидности гололеда в зависимости от условий их образования отличаются друг от друга формой отложения на проводе, а некоторые из них –

и плотностью.

Наиболее часто наблюдаются следующие разновидности гололеда: гребнеобразный, валообразный, футлярообразный и волнистообразный.

Гололед гребнеобразный – стекловидный слоистый лед с шершавой поверхностью, отлагающийся на проводе с наветренной стороны. Поперечное сечение отложения имеет клиновидную форму с остриями, обращенными к потоку ветра.

Характерная для этой разновидности гололеда продольная слоистость льда (вдоль ветрового потока) объясняется быстрым замерзанием сравнительно мелких, не успевающих полностью растечься переохлажденных капель воды. Образование такого гололеда происходит при морозящем дожде, густом крупнокапельном (смачивающем) тумане или сочетании этих явлений при температуре около -2° и ветре до 10м/сек [16, с.88].

Максимальный размер гололеда нередко достигает 50мм, плотность его колеблется от 0,7 до 0,9. Гололед опадает с проводов преимущественно от повышения температуры. Эта разновидность гололеда характерна в основном для возвышенных мест с большой частотой повторяемости адвективных туманов. Односторонность отложения льда этой разновидности гололеда приводит к скручиванию проводов и их вибрации.

Гололед овалообразный – однородный слой плотного стекловидного (прозрачного или матового) льда. Он отлагается на проводе преимущественно с наветренной стороны.

Подветренная сторона провода имеет значительно меньшее отложение, а в отдельных случаях совершенно чиста. Поперечное сечение напоминает овал. Образование гололеда происходит при мелком дожде, сочетающемся с моросью или туманом. Температура во время образования бывает от $-0,5$ до -3° , но может быть и ниже. Скорость ветра сильно колеблется (от 5 до 17 м/сек). Максимальный диаметр гололеда на проводе может достигать 60мм при удельном весе 0,8 – 0,9 [8, с.23].

Указанная разновидность гололеда является наиболее опасной для линий

связи и электропередач.

С ее появлением возникают скручивание, «пляска», вибрация и повышенная парусность проводов, что нередко приводит к их обрыву. Опадение валообразного гололеда с проводов происходит главным образом от повышения температуры.

Гололеды футлярообразный и волнистообразный – состоят из весьма плотного стекловидного льда, обычно имеющего гладкую поверхность. Плотность льда около 0,9мкм.

Отличительные признаки каждой из форм заключается в следующем. Футлярообразный гололед отлагается на проводе более или менее равномерным слоем по всей его окружности. Волнистообразный гололед также отлагается на проводе по всей окружности, но свисающие вниз сосульки придают ему характерный волнистый вид.

Образование этих разновидностей гололеда происходит от крупнокапельного переохлажденного дождя при температуре отрицательной, но близкой к нулю градусов. Скорость ветра во время образования гололеда чаще всего бывает около 10м/сек, но может быть и большей. Наиболее крупные капли, и высокая температура наблюдается именно при образовании волнистообразного гололеда.

Своеобразие формы такого отложения объясняется стеканием книзу неуспевающих замерзнуть капель. Возникают сосульки или волнистая форма. Максимальный размер гололеда достигает 40мм, сила сцепления велика.

С появлением футлярообразного и волнистообразного гололеда происходит повреждение линий связи и электропередач, особенно когда гололед сопровождается сильным ветром. Опадает гололед с проводов преимущественно от повышения температуры до положительных значений.

2 Орография и климат Краснодарского края. Условия образования гололеда на территории края

2.1 Орографическое и климатическое описание Краснодарского края

Краснодарский край территориально расположен в западной части Большого Кавказского Хребта и занимает северо-западную часть Большого Кавказа и Западную часть Предкавказья [6, с.89].

Основными орографическими чертами на севере и в центральной части края являются равнины Западного Предкавказья, юг края занимают предгорные и горные районы Западного Кавказа.

Около трех четвертей территории края занимают равнины, их площадь составляет около 54 тыс. м², горная территория занимает 21 тыс. км², т.е., 29%.

Равнинную территорию края занимают Кубано-Приазовская и Прикубанская наклонная равнина. Также часть равнинной территории занимает Ставропольская возвышенность и грядово-низменный рельеф Таманского полуострова с примыкающей к нему частью дельты р. Кубань.

Орографические особенности края обуславливают различие в высотах над уровнем моря - в разных частях равнины высота над уровнем моря составляет в дельте р. Кубань 1 – 2м, у г. Славянск-на-Кубани – 12, Ейск – 20, Краснодар – 35, Тихорецк – 88, Кропоткин – 128, Лабинск – 300, Отрадная – 800 - 900м (Джелтмесские высоты) [2, с.98].

От Азовского моря к востоку и от р. Кубань в северном направлении расположена Кубано-Приазовская низменность, то есть она занимает площадь около 39 тыс. км² и практически протянулась на всю северную часть края. Характеризуется небольшими высотами, лишь на востоке края, у Ставропольской возвышенности, отметки достигают 150 м.

Вдоль северного подножия гор Западного Кавказа расширяющейся к востоку полосой протянулась Прикубанская наклонная равнина.

Река Кубань является четко очерченной северной и восточной границей равнины, к южной границе края равнина плавно переходит в пологие склоны

невысоких горных гряд.

Особо выделяется Таманский полуостров, поверхность которого чередуется грядями и холмами, что выделяет рельеф полуострова среди остальных равнин края. Гряды протягиваются цепочками с запада – юго-запада на восток – северо–восток.

Южная часть края практически вся занята западными отрогами Большого Кавказа. От меридиана Анапы до юго-восточной границы края длина гор по оси составляет более 300км. Ширина гор постепенно увеличивается с 45 - 60 км на крайнем северо-западе края до 130-140 км на юго-востоке края [2, с.101].

Большинство хребтов протягивается от Главного к Передовому хребту. Высшей точкой Передового хребта является горный массив Магишо – высота над уровнем моря 3161м, расположенный в междуречье Малой и Большой Лабы. Многие из хребтов разделены долинами или искривлены врезанными верховьями рек на отдельные части.

Вдоль северных склонов Кавказского хребта раскинулся Скалистый хребет. Длина его 330 км, высота на западе – 1200 – 1700 м, на востоке достигает 3000 м. Маркхотский хребет в районе Геленджика и Новороссийска достигает 500-700 м. над уровнем моря. Ближе к Сочи высота некоторых вершин достигает более 3000 м. [16, с.45].

Северные склоны Главного Кавказского хребта преимущественно более пологие, чем южные. Наибольшей высоты над уровнем моря достигают вершины гор: Фишт – 2867и, Чугуш – 3238и, Агепста – 3261 м. Самая высокая точка в крае составляет 3345,9 м. и находится на хребте Герцена, расположенном между реками Безымянка и Цахвоа, гора носит одноименное имя г. Цахвоа [16, с.45].

От Таманского полуострова до реки Псоу, протекающей на границе с Абхазией (Адлерский район гор. Сочи) вдоль Черного моря довольно узкой полосой протянулось Черноморское побережье.

Прибрежная полоса постоянно нарушается многочисленными узкими ущельями и долинами горных рек, стремительно несущих свои воды в Черное

море, и пересекается обрывающимися крутыми отрогами.

Территория Черноморского побережья края имеет площадь около 7000 км², по которой протекает более 80 небольших рек, самые крупные из них – р. Туапсе, р. Мзымта, р. Шахе и р. Псоу. Все реки впадают в Черное море.

Самой крупной рекой края является р. Кубань, впадающая в Азовское море. Все реки степной зоны края впадают либо в устьевые лиманные водоемы Азовского моря, либо непосредственно в само море, причерноморские реки впадают в Черное море. В целом густота речной сети в бассейне р. Кубань составляет 0,7-0,9 км/км². Главными левобережными притоками р. Кубань являются реки Лаба, Белая, Пшиш, Псекупс и Афипс [16, с.47].

На формирование климата Краснодарского края оказывает влияние весь комплекс физико-географических условий, из которых наиболее важными являются режим поступления солнечной радиации, атмосферная циркуляция и орографические особенности края. Территория располагается на границе двух климатических поясов – умеренного и субтропического, что обуславливает циркуляционные особенности и радиационный режим края.

Вся территория Краснодарского края благодаря своему географическому положению получает достаточно много тепла и света. Количество суммарной солнечной радиации, поступающей на территорию края, находится в пределах от 130 Вт/см² в северных районах края до 140 Вт/см² в южных. Во все периоды года, кроме зимнего, тепловой баланс является положительным, и составляет более 55 Вт /см². Высота солнца зимой менее 30°, с марта по сентябрь – более 45°. Продолжительность солнечного сияния на 800-900 час. больше, чем в Москве и находится в пределах 2200 — 2400 час в год [16, с.49].

В Краснодаре средняя продолжительность солнечного сияния за год составляет 2174 час, с годовым максимумом 574 час (отмечается в июле), а минимум составляет 323 час (декабрь) [22, с.124].

В течение всего года территория Краснодарского края находится под влиянием различных воздушных масс. При этом в зависимости от местных особенностей районов края, преобладающими являются различные воздушные

массы, и в районах края атмосферная циркуляция выражается по-разному.

На территорию края с запада и северо-запада с Атлантического океана поступают морские умеренные воздушные массы, приносящие с собой облачную погоду и значительное увеличение количество осадков, что обуславливает в зимний период потепление и выпадение смешанных осадков, а летом, наоборот, понижение температуры и дождь.

Сибирский антициклон (Азиатский максимум) приносит с востока и из Средней Азии континентальные умеренные воздушные массы. В зимний период они приносят ясную холодную погоду, а летом - повышение температуры воздуха и понижение влажности.

Вторжение на территорию края трансформированных арктических воздушных масс, которые могут проникнуть вплоть до Большого Кавказского хребта, приносит с собой резкое понижение температуры воздуха практически на всей территории края, включая Черноморское побережье. В весенний период арктическое вторжение обуславливает возврат холодов, а в зимний период морозную погоду.

Черноморское побережье края хребты Большого Кавказа защищают от частого проникновения холодных ветров, благодаря этому побережье характеризуется сглаженными температурами воздуха и мягкой зимой.

Иногда на территорию края приходят морские со стороны Средиземного моря, и континентальные тропические воздушные массы из Средней Азии. В зимний период они вызывает оттепель на Кубани, так называемые «февральские окна», в летний – жаркую сухую погоду, весной и осенью – теплую.

Сложившаяся в крае атмосферная циркуляция и физико–географические особенности обуславливают ветровой режим на территории края. Преобладающими ветрами являются ветры восточной составляющей, зимой они относительно холодные, а в теплый период года носят черты суховеев.

В зимний период скорость ветра в крае в среднем больше, чем летний. Среднегодовая скорость ветра составляет в Ейске в районе 6 м/с, в Краснодаре – 3 м/с, в Сочи – 2,8, а на Маркотхском перевале – 9 м/с. В отдельных частях края

наблюдаются местные ветры, такие как фены, бризы, в горах Кавказа вследствие барической неоднородности могут проявляться горно-долинные ветры. Бризовая циркуляция наблюдается в основном на Черноморском побережье.

В целом территория края располагает высокими температурными ресурсами.

По многолетним данным среднегодовая температура воздуха в Краснодарском крае равна $+10.6^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум равен -36°C , абсолютный максимум равен $+41^{\circ}\text{C}$. Максимальные температуры в летний период могут достигать до $+35$ - $+38^{\circ}\text{C}$, а в отдельные особо жаркие годы на равнинах $+40$ - $+43^{\circ}\text{C}$ [26].

Безморозный период в большинстве районов края в среднем длится 180 — 200 дней, на Черноморском побережье от Анапы до Новороссийска 250 — 260 дней, от Новороссийска до Сочи – более 300.

Относительная влажность воздуха в крае зависит от времени года и является довольно изменчивой. В холодный период года влажность в среднем за месяц составляет от 75 до 85%, в горах и на Черноморском побережье влажность не превышает 70 - 80%.

В теплый период года в северных и северо-восточных степных районах края влажность понижается и не превышает 45 – 50% в среднем за месяц. На Азово-Черноморском побережье, предгорной и горной частях края влажность значительно выше 60 - 75%, на остальной территории края – 50-60% [26].

Осадки по всей территории края также распределяются неравномерно, особенно в горных районах.

Количество осадков за год увеличивается по территории в направлении с севера на юг и в среднем на большей части равнинных районов не превышает 500-600мм.

В предгорных районах количество осадков несколько возрастает – до 700 -800 мм, в горных районах достигают 800-2000 мм.

На равнинной территории края максимум осадков приходится на теплый период, в прибрежной части на холодный период года.

2.2 Синоптические условия образования гололеда на территории Краснодарского края

Анализируя случаи гололеда в Краснодарском крае, рассмотрим высотные и приземные поля деформации, структуру и эволюцию планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ). Наиболее часто высотное поле деформации (ВПД) имеет следующую структуру (рисунок 2.1).

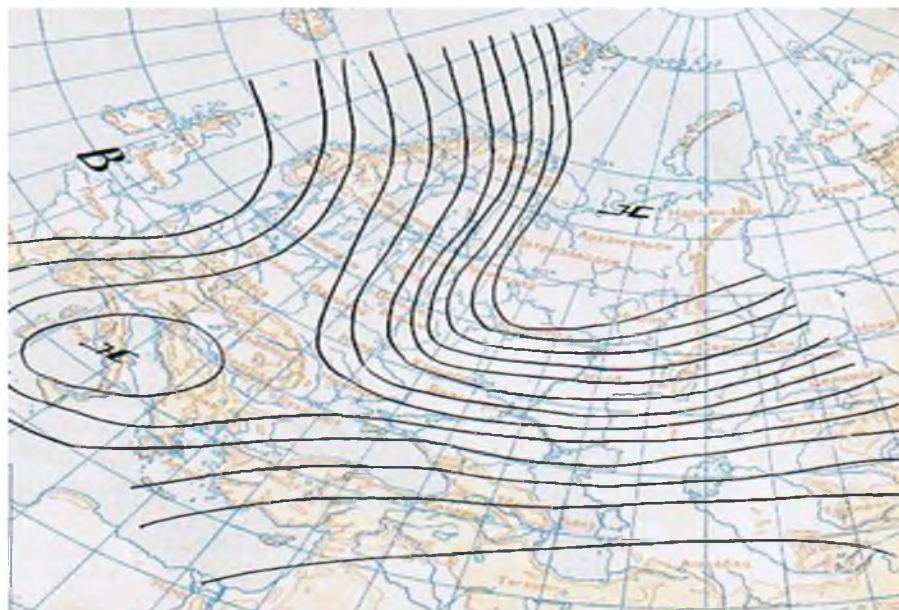


Рисунок 2.1 – Высотное поле деформации [8, с.12]

Основным циклоническим компонентом высотного поля деформации является обширная циклоническая область, занимающая большую часть ЕТР и Западной Сибири, вторым – циклон над Италией и Балканским полуостровом [8, с.12].

Антициклонические компоненты: Антициклон либо более или менее развитый гребень над востоком Атлантики и Западной Европой и гребень над Ближним Востоком и Кавказом. Над Европой, т.о., существуют две ветви планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ).

Одна из них, в среднем, проходит со Скандинавии к юго-востоку на Украину и Нижнюю Волгу, вторая – со Средиземного моря через юг Балканского полуострова или Малую Азию на Черное море, а затем через

Северный Кавказ на Западный Казахстан.

Обе ветви сходятся над югом ЕТР, создавая зону активного фронтогенеза, которую будем называть зоной сжатия высотного поля деформации (ВДП). Наличие такой зоны сжатия, относительно устойчивой во времени и пространстве, и является необходимым условием длительного и интенсивного гололедообразования на территории Краснодарского края [8, с.13]

В зависимости от расположения и степени развития высотных барических образований, а отсюда и положения ветвей планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) выделили четыре типа высотного поля деформации (ВДП) характерных для образования сильного гололеда. При этом рассматривали:

- эволюцию планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) в течение трех дней, считая последним день гололеда;
- траектории приземных барических образований над Европой за те же дни.

Положение планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) фиксировалось путем прочерчивания характерных изогипс АТ 500 гПа, которые не меняются все три дня для каждого случая, но могут быть различными для разных случаев; они должны наилучшим образом характеризовать положение высотного гребня над Кавказом и зону сжатия [8,с.14].

Существует четыре типа высотного поля деформации характерных для образования сильного гололеда.

1.Основной тип. Самый распространенный.

Структура высотного поля деформации (ВДП) основного типа, на котором показано среднее положение обеих ветвей планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) за два дня до гололеда, накануне и в день начала гололеда.

В большинстве случаев оно имеет хорошо развитый южный циклонический компонент над Италией.

Ось сжатия высотного поля деформации (ВДП) ориентирована

меридионально, ось растяжения располагается широтно (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Структура высотного поля деформации (ВДП) основного типа [8, с.15]

Характерной особенностью эволюции планетарной высотной фронтальной зоны является:

1. устойчивое, мало меняющееся, в среднем, положение северной ее ветви, не исключаяющее, однако, прохождения вдоль нее волн различной амплитуды;
2. заметное смещение к востоку ветви планетарной высотной зоны, огибающей южный циклон.

Продвижение южного циклона в восточном направлении и, соответственно, перемещение его восточной фронтальной зоны на Эгейское море и Турцию приводит к сегментации Итальянского циклона, к развитию орографического циклогенеза над Черным морем. Возникающая при этом адвекция тепла с юга на Черное море и Кавказ, способствует формированию новых или обострению существовавших в этом районе фронтов [8, с.15].

В некоторых случаях орографический циклогенез над Черным морем, сопровождающийся образованием гололеда на Черноморском побережье Кавказа, развивается непосредственно в процессе формирования южного

циклонического компонента высотного поля деформации (ВДП) над Италией или Балканским полуостровом. Отправной точкой приземного циклогенеза над Черным морем является, в этом случае, резкое изменение направления высотных потоков над Турцией и Черным морем с северо-западного или западного на юго-западное и смена знака адвекции [8, с.17].

С другой стороны, относительно устойчивое положение северной ветви планетарной высотной фронтальной зоны стабилизирует адвекцию холода на южные районы ЕТР и противодействует продвижению в северном направлении фронтов и циклонов с Черного моря. Находясь под зоной тропосферного фронтогенеза, эти циклоны обычно заполняются у наветренных склонов Кавказского хребта. Формирующееся при таком развитии атмосферных процессов приземное поле деформации, примерно совпадает с высотным (рисунок 2.3).

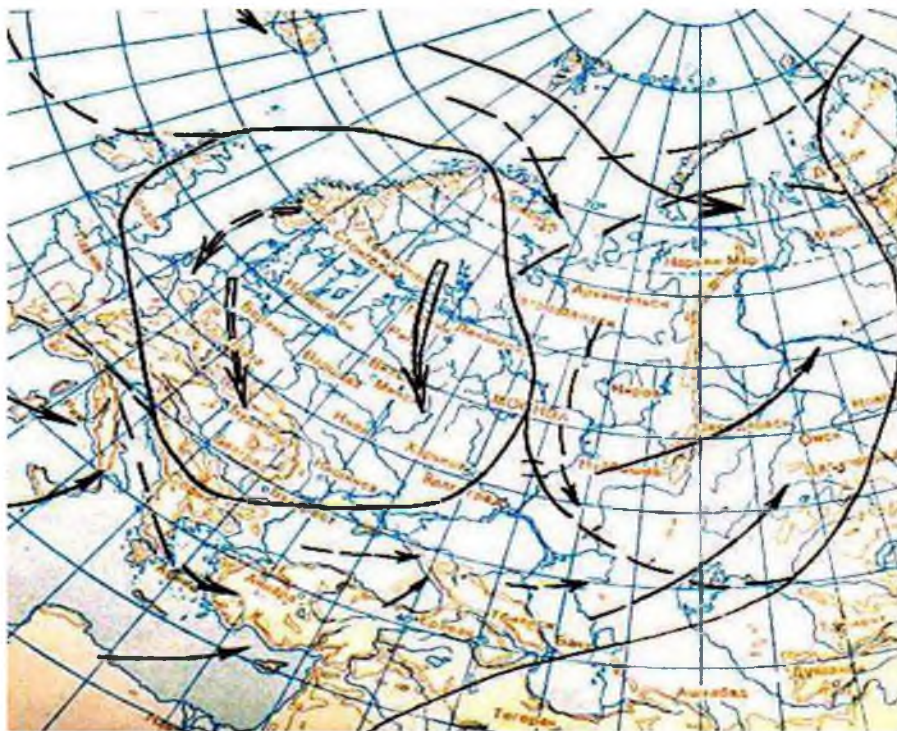


Рисунок 2.3 – Преобладающие траектории барических образований основного типа [8, с.17]

Одним из основных дирижеров циркуляции является обширная область высокого давления над северным и центральными районами Европы.

Формируется она антициклонами и ядрами, смещающимися со Скандинавии на территорию Германии, Польши, прибалтийских государств и Белоруссии, либо возникающими непосредственно над этими районами. Адвекция холода на ЕТР осуществляется либо в тылу циклонов, движущихся по нисходящей траектории с Баренцева моря и севера ЕТР к югу, на верхнее и среднее течение р. Волги, либо в тылу развивающихся циклонов, которые с восточных, юго-восточных районов ЕТР и с Каспийского моря проходят к северо-востоку на Западную Сибирь.

Все эти циклоны формируют северный циклонический компонент поля деформации [8, с.18].

Теплый воздух поступает на Черное море и Кавказ в системе циклонических образований, возникающих над Черным морем. Вместе с циклонами, располагающимися над Средиземным морем, они образуют южный циклонический компонент деформационного поля. Гиперболическая точка его находится над Северным Кавказом. Ось растяжения проходит, в среднем, вдоль 45-ой параллели. Растяжение фронта вдоль этой оси определяет его обострение и относительную малоподвижность.

Образование циклонических возмущений над Черным морем продолжается до тех пор, пока существует высокий циклон над Средиземным морем и Высотная фронтальная зона пересекает полуостров Малая Азия, проходя с востока Средиземного моря на Черное море. В зависимости от длительности периода сохранения условий благоприятных для циклогенеза, над Черным морем может возникнуть от одного до трех циклонических возмущений. Соответственно, образование гололеда в зоне осадков теплого или малоподвижного фронта может длиться и несколько часов и продолжаться, непрерывно или с перерывами, в течение нескольких суток.

Гололед при рассматриваемом типе процессов может наблюдаться в различных р-нах края, но сильный гололед наиболее вероятен на Черноморском побережье. В тех случаях, когда над Кавказом существует отчетливо выраженный высотный гребень, район образования сильного гололеда

определяется, в основном, положением южной ветви планетарной высотной фронтальной зоны над Краснодарским краем. Как правило, сильный гололед наблюдается в вершине гребня, несколько левее его оси (рисунок 2.4).

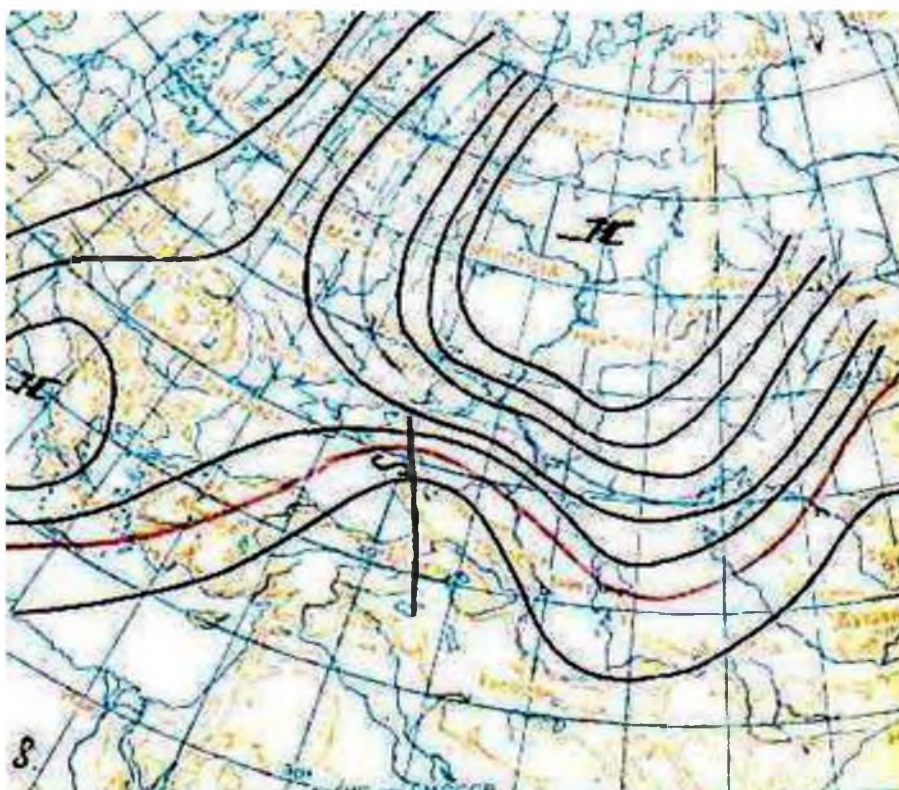


Рисунок 2.4 – Сильный гололед наблюдается в вершине гребня [8, с.19]

Если огибающая гребень изогипса, характеризующая положение южной ветви планетарной высотной фронтальной зоны, проходит по территории Краснодарского края вдоль 45-ой параллели или севернее, то гололед наблюдается в северной половине края либо в западных р-нах; если южнее – то только на Черноморском побережье.

Признаками непосредственной угрозы гололеда можно считать:

1. Перемещение восходящей части южной ветви планетарной высотной фронтальной зоны на Эгейское море и Турцию либо изменение направления высотных потоков над Турцией и Черным морем с северо-западного и западного на юго-западное, если, при этом у берегов Греции или у южного побережья Турции находится приземный циклон, а адвекции тепла на Черное море предшествовала или сопутствует адвекция холода на Украину и Северный

Кавказ [8, с.21].

2. Падение давления над Черным морем до 2-3 гПа за 3 часа. Заблаговременность появления этих признаков колеблется в пределах от 6 до 24 часов.

2. Барьерный тип

От основного типа он отличается изолированным положением тропосферного циклона над Средиземным морем и югом Европы.

Адвекция холода на южные районы ЕТР осуществляется за 2-3 суток до активизации циклогенеза над Черным морем. Северная высотная ложбина к моменту начала гололеда успевает отойти далеко к востоку. Северная ветвь планетарной высотной фронтальной зоны проходит со Скандинавии на Кировскую область и затем к югу, в район Аральского моря (рисунок 2.5).

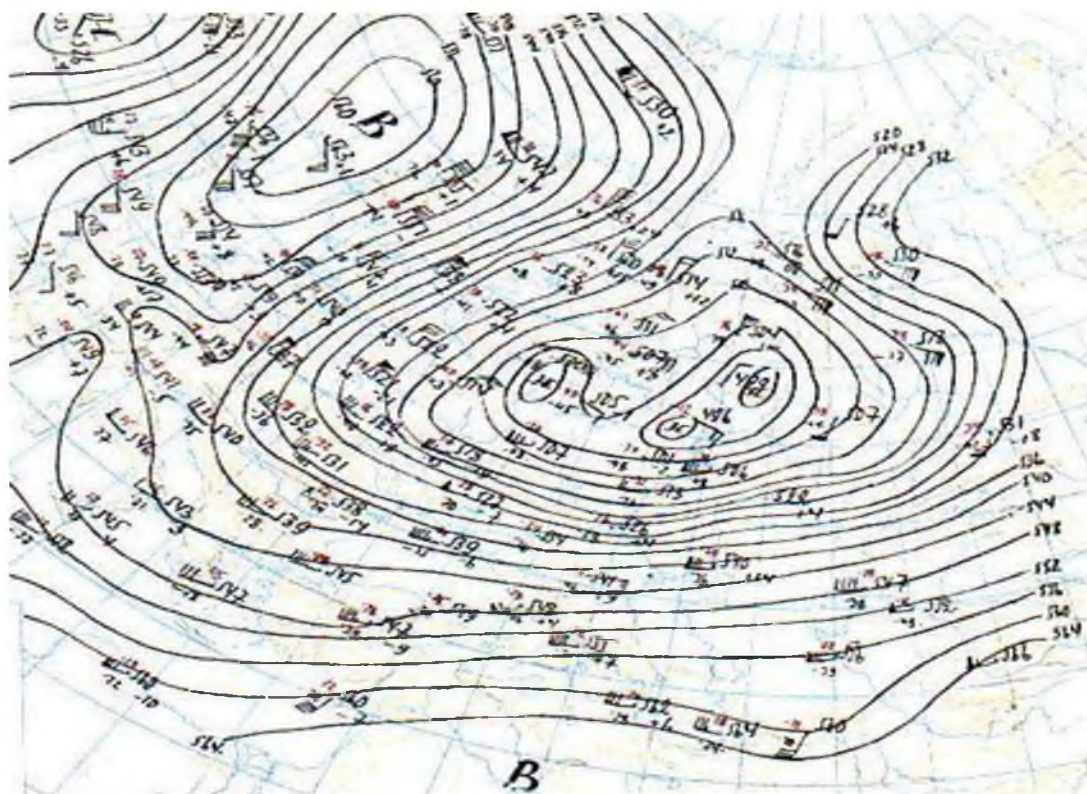


Рисунок 2.5 – Изолированное положение тропосферного циклона над Средиземным морем и югом Европы [8, с.21]

Т.о., в высотном барическом поле северная и южная циклонические системы разделены мощной перемычкой высокого давления, препятствующей междуширотному обмену.

Аналогичную структуру имеет и приземное барическое поле (рисунок 2.6).

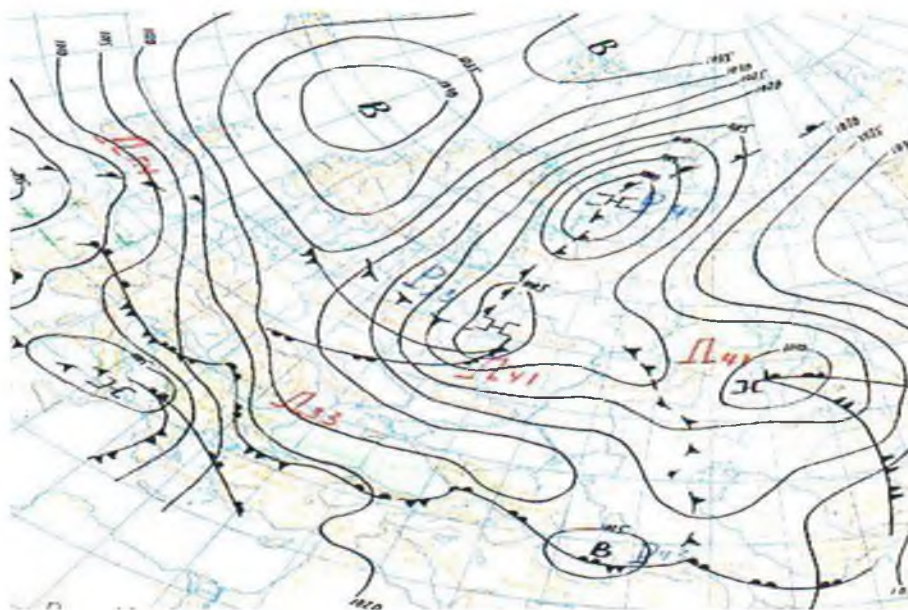


Рисунок 2.6 – Приземное барическое поле [8, с.22]

В отличие от основного типа, антициклоны здесь занимают либо центральные, либо юго-восточные районы ЕТР [8, с.22].

Угроза гололеда появляется в том случае, если изоляция южного высотного циклона начинает нарушаться, вследствие разрушения перемычки высокого давления над Центральной Европой. Обычно это происходит за 1-1,5 суток до гололеда в Краснодарском крае. Сама перемычка, при этом, разделяется на два гребня и гребень, оформившийся над ЕТР, имеет тенденцию к дальнейшему разрушению и сокращению по площади (область его занята отрицательными значениями изаллогипс) [8, с.23].

Если, при этом, южный циклон смещается к востоку и его восточная высотная фронтальная зона продвигается на Турцию, пересекая ее в направлении с юга на север или с юго-запада на северо-восток, то орографический циклогенез над Черным морем может явиться причиной гололедообразования в западных, северных и восточных р-нах Краснодарского края. Необходимым условием этого является низкий фон температуры (ниже 0) в Краснодарском крае [10, с. 186].

Причиной орографического циклогенеза над Черным морем, в равной степени может быть как сегментация циклона, располагающегося над Италией, так и сегментация циклона, вышедшего от северного побережья Африки к южным берегам Турции. Для случая барьерного типа роль поставщика холода и тормоза, препятствующего продвижению в северном направлении циклонов с Черного моря, играет сильно размытое, малоградиентное поле повышенного давления над Украиной и Нижней Волгой, в приземном слое антициклоны над юго-восточной частью ЕТР.

По этому признаку данный тип был назван Барьерным.

Зона тропосферного фронтогенеза над югом ЕТР формируется при асинхронном воздействии северного и южного процессов.

Адвекция холода на юге ЕТР, значительно опережает адвекцию тепла. Фронтогенез, непосредственно предшествующий гололеду, создается односторонней адвекцией тепла на Черное море и Кавказ при развитии южного процесса. Наличие «барьеров», препятствует быстрому продвижению теплой воздушной массы и способствует более или менее устойчивому положению фронтальной зоны над Черным морем и Кавказом, что является одним из обязательных условий значительных отложений гололеда [8, с.24].

Признаки угрозы гололеда те же, что и для основного типа - адвекция тепла и значительное падение давления над Черным морем.

3. Зональный тип.

Высотный гребень над Европой развит слабее и значительно сдвинут к западу - на северные и западные р-ны Атлантики. Северная циклоническая область очень обширна и занимает большую часть Европы и север Западной Сибири. Южный циклонический компонент высотного поля деформации (ВДП) выражен лишь в виде пологой ложбины, которая за 2-3 дня до гололеда в Краснодарском крае располагается в районе Бискайского залива или Пиринейского полуострова. В дальнейшем она довольно быстро перемещается в восточном направлении [8, с.24].

В соответствии с этим, северная ветвь планетарной высотной

фронтальной зоны (ПВФЗ), огибая северную депрессию с запада и юга, проходит над Европой, примерно, вдоль 50-й параллели. Почти параллельно ей проходит и южная ветвь (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Зональный тип [8, с.24]

Только над крайним западом Европы обе ветви планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) отстоят далеко друг от друга. За два дня до начала гололеда обе ветви сходятся, в среднем, над центральными р-нами Европы. Образующаяся при этом «зона сжатия», соответственно с продвижением южной ложбины, перемещается к востоку. В день с гололедом она находится уже над восточными р-нами Украины и Краснодарским краем [8, с.25].

Северная ветвь планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ), квазистационарна, но также подвержена волновым процессам различной амплитуды. В связи с рассмотренными особенностями структуры высотного поля деформации, для траектории движения барических образований, формирующих приземное барическое поле, характерно преобладание зональной слагающей. Холодные антициклоны и ядра быстро перемещаются с юга Скандинавии или центральных районов Европы к востоку, через Украину, на юг Урала. Формируются и распространяются они в тылу циклонов, проходящих по северу Европы, либо циклонов, образующихся над южными и

юго- восточными районами ЕТР и движущихся, затем, к северо-востоку на Западную Сибирь (рисунок 2.8).

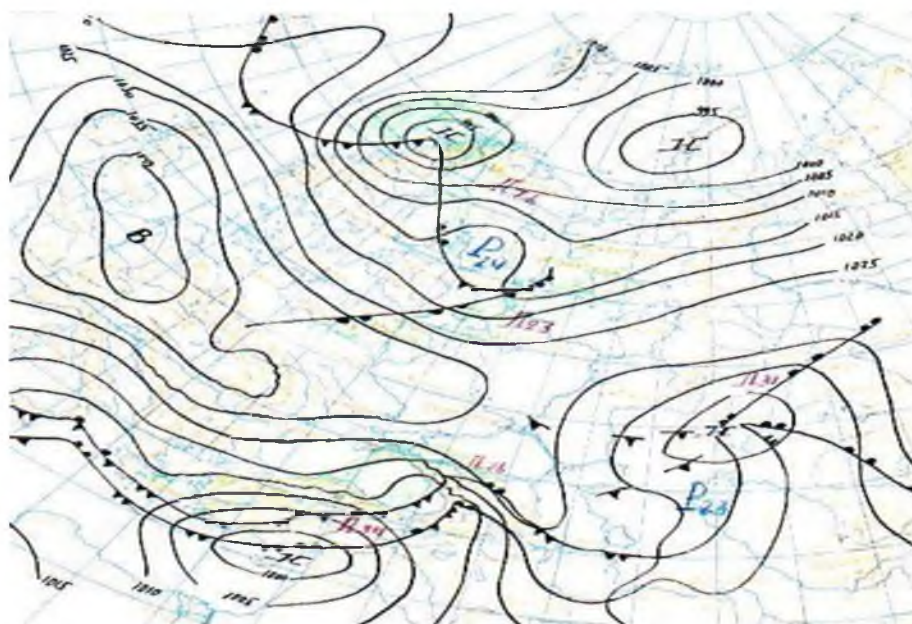


Рисунок 2.8 – Приземное барическое поле, с характерно преобладающей зональной слагающей [8, с.25]

Для южной циклонической области характерно продвижение циклонов от южных берегов Франции на Адриатическое и Ионическое моря и «переваливание» их через горные системы Балканского полуострова на западные р-ны Черного моря. Циклонические возмущения, возникающие здесь, перемещаются вдоль фронта в строго восточном направлении, не получая значительного развития.

Сильный гололед наблюдается в зоне осадков расположенного в широтном направлении фронта в северной половине края («линия раздела р. Кубань»), иногда, в юго-восточных районах (Армавир-Кропоткин) [8, с.27].

Признаком угрозы гололеда является падение давления более 2 гПа за 3 часа над Балканским полуостровом и западной частью Черного моря. Заблаговременность 12-24ч.

4.Смешанный тип.

К нему отнесено четыре случая. Два из них по структуре высотного поля деформации более близки к основному типу, а два – к зональному и все они

являются как бы промежуточными между обоими типами.

Основной причиной их обособленности послужило существенное отличие в характере и направленности приземных синоптических процессов. Район циклонической деятельности, в сравнении с основным типом, значительно сдвинут к западу и занимает не только восточную и юго-восточную части ЕТР, но, главным образом, ее западную половину. Соответственно, смещено к западу и поле высокого давления. При этом, траектории движения антициклонов имеют ультраполярную составляющую. Антициклоны смещаются со Скандинавии к юго-западу, на район Северного моря (рисунок 2.9).

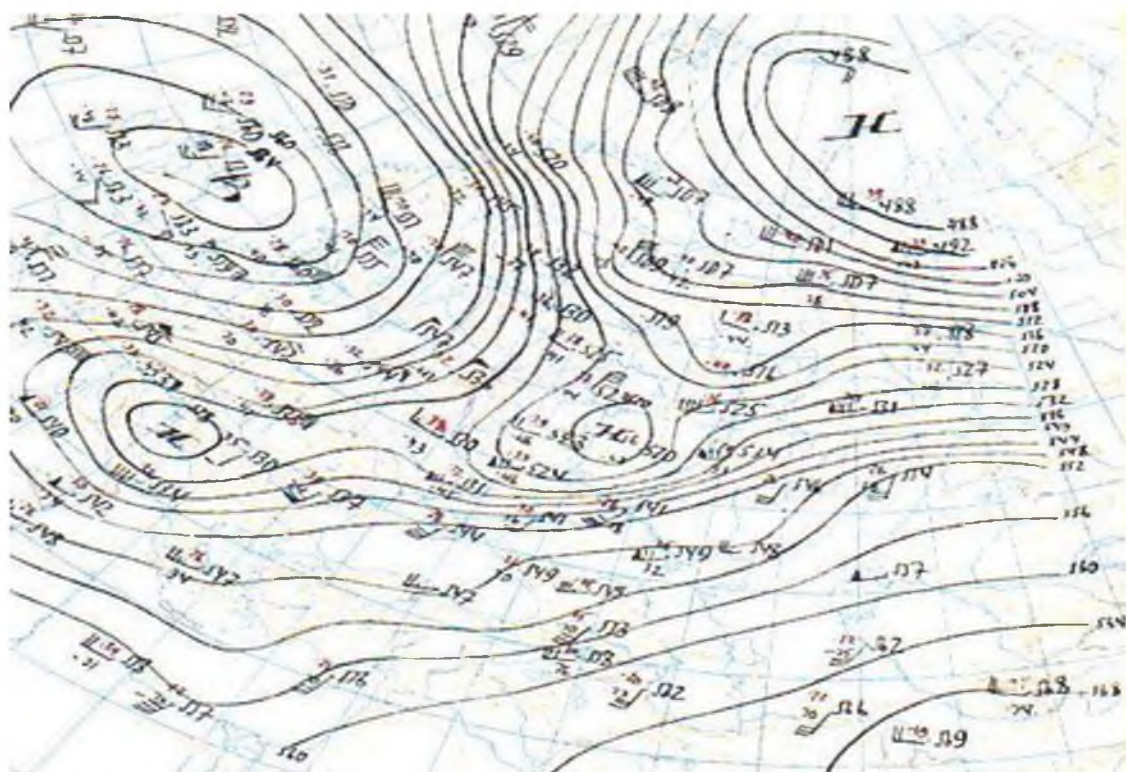


Рисунок 2.9 – Смешанный тип. Антициклоны смещаются со Скандинавии к юго-западу, на район Северного моря [8, с.28]

Наиболее характерной особенностью рассматриваемого типа процессов является интенсивное развитие циклонов над северными склонами Карпат. Образование их происходит в передней части высотной ложбины северной части планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ), которая довольно глубоко проникает к юго-западу на центральные и южные районы Европы.

Углубляясь, циклоны движутся в северо-восточном направлении,

стимулируя распространение холодного воздуха за холодным фронтом на Украину, Ростовскую область и Краснодарский край [8, с.29].

Образование такого циклона происходит за 1-2 дня до гололедообразования на территории Краснодарского края. Этот момент можно считать положением «угрозы».

Следующим циклом процесса, непосредственно предшествующим гололеду, является образование циклонических возмущений над Черным морем, связанное уже с эволюцией южной ветви планетарной высотной фронтальной зоны (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Образование циклонических возмущений над Черным морем [8, с.29]

Находясь под зоной тропосферного фронтогенеза, эти циклонические возмущения не получают существенного развития, способствуя, однако, обострению фронта и стабилизации на известное время его положения над Черным морем и Краснодарским краем [8, с.29].

Для эволюции планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) в большинстве случаев «смешанного» типа, как и для «основного» и

«зонального» типов, характерно квазистационарное положение северной ветви планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) и заметное поступательное движение к востоку более или менее развитого южного циклонического компонента высотного поля деформации ВПД и, соответственно, его восточной высотной фронтальной зоны. Следствием последнего и является орографический циклогенез над Черным морем [8, с.30].

При затоке холода на западные и южные районы ЕТР связанные с процессом «ныряния» циклона со Скандинавии на Прибалтику и Белоруссию основными являются три цикла процесса:

1. «ныряние» циклона, дающее первичный толчок затоку холода на центральные районы Европы;
2. образование и развитие циклонов над юго-западными районами Украины или Молдавии, способствующих дальнейшему распространению холодного воздуха к югу и востоку;
3. образование волн на холодном фронте над Черным морем, и как следствие подтока тепла с юга в район Черного моря.

Образование гололеда, как правило, происходит в сравнительно небольшом районе, в северо-западной части края, включая центральные его районы [8, с.31].

3 Пространственно – временное распределение ГИО в Краснодарском крае

3.1 Повторяемость ГИО на территории Краснодарского края

Особенности рельефа Краснодарского края и сложившаяся в регионе циркуляция воздушных масс обуславливают активизацию внутримассовых конвективных процессов и усиление циклонической деятельности, характеризующуюся частым циклогенезом, регенерацией заполняющихся циклонов и обострением атмосферных фронтов [16, с.23].

Обострение данных процессов способствует частому возникновению на территории Краснодарского края различных опасных явлений погоды.

К одним из наиболее опасных явлений погоды в крае относятся гололедно – изморозевые отложения.

Особенно, большой ущерб различным отраслям края наносит сильный гололед, обуславливающий появление отложений льда на деталях сооружений, проводах воздушных линий связи и электропередач, на ветвях и стволах деревьев.

В Краснодарском крае на метеостанциях ведутся наблюдения за такими видами отложений, как гололед, кристаллическая и зернистая изморозь, мокрый снег.

Для образования гололеда характерным является интервал температуры воздуха от 0 до 5°С при средней скорости ветра от 1 до 9 м/с, а для образования изморози благоприятной является температура воздуха в пределах от –5 до –10°С и скорость ветра от 0 до 5 м/с.

По многолетним данным, чаще всего (до 75% случаев) гололедно-изморозевые отложения образуются при восточных ветрах [26].

Среднегодовое число дней с гололедно-изморозевыми отложениями за период наблюдений с 1980 по 2018гг. приведено в таблице 3.1.

Днями с гололедом и изморозью считаются все те дни, когда эти явления наблюдаются на станции от момента образования до исчезновения отложения с

предметов.

Таблица 3.1 – Среднегодовое число дней с ГИО на территории Краснодарского края

Метеостанция	Высота станции над уровнем моря	Число дней с ГИО	
		Гололед	Изморозь
Усть-Лабинск	90	4,2	6,3
Краснодар – Пашковская	32	5,9	8,8
Армавир	207	6,2	5,6
Отрадная	443	6,6	4,6
Новороссийск	3	1,5	0,3
Горный	325	5,2	2,0
Сочи, оп. ст.	57	0,04	0,02

Из всех видов обледенения на территории края наиболее частым является гололед. Среднее число дней с гололедом в Краснодарском крае составляет от менее одного дня - в районе Сочи, 5,2 дня Горный Туапсинского района, до 6 – 7 дней степной зоне края (Краснодар, Армавир, Отрадная) (рисунок 3.1).

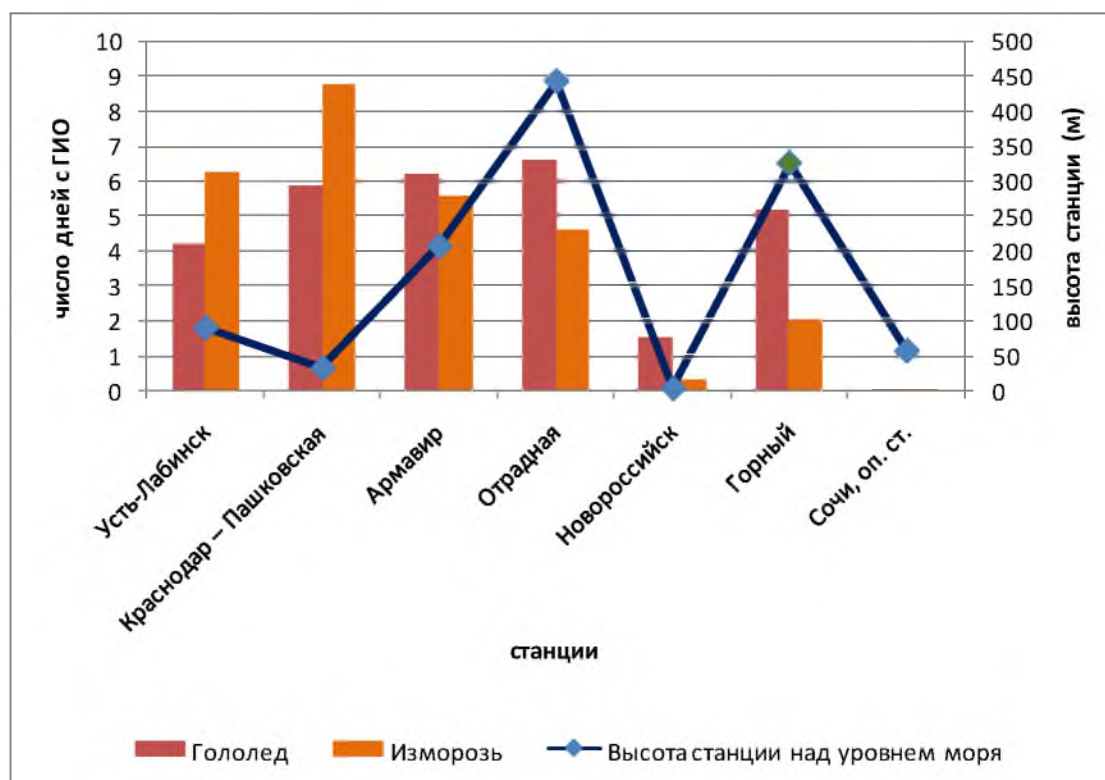


Рисунок 3.1 – Распределение ГИО на территории Краснодарского края

Зернистая изморозь чаще всего наблюдается в районе Краснодара, в среднем 9 дней, около 5 дней – в районах Усть-Лабинск, Армавир [26].

В таблице 3.2 приведены данные о среднемесечном числе дней с гололедом в холодный период года. Числа меньше единицы показывают, что явление наблюдалось не каждый год. Например, 0,4 означает, что явление наблюдалось 4 раза в 10 лет.

Таблица 3.2 – Среднемесечное число дней с гололедом

Метеостанция	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Каневская	0,04	0,3	1,9	2,2	1,4	0,3	0,0	6,1
Камышеватская	0,0	0,2	1,9	2,5	1,2	0,1	0,0	5,9
Белоглинская	0,0	0,8	2,7	1,9	1,3	0,4	0,1	7,2
Славянск – на-Кубани	0,0	0,5	2,7	2,6	1,4	0,4	0,1	7,7
Краснодар	0,0	0,7	1,8	1,5	0,9	0,7	0,03	5,9
Кропоткин	0,1	0,5	1,9	1,9	0,8	0,3	0,04	5,5
Новороссийск	0,0	0,05	0,5	0,3	0,2	0,1	0,0	1,5
Горный	0,1	0,8	1,5	1,6	1,1	0,6	0,0	5,6
Сочи, оп. ст.	0,0	0,0	0,0	0,02	0,0	0,02	0,0	0,04

Из таблицы 3.2 хорошо видно, что число дней с гололедом на территории Краснодарского края возрастает по мере продвижения с юга на север края.

На территории края гололед наблюдается с ноября по апрель, при чем в северо-западной части края (МС Каневская, МС Кропоткин) гололед может наблюдаться уже в октябре. Максимальное число дней с гололедом на большей территории края наблюдается в декабре - январе, исключение составляют южные районы - МС Сочи.

В среднем за год в Краснодарском крае наблюдается около 15 дней со всеми видами обледенения проводов, а суммарная продолжительность обледенения составляет 136 часов, при времени сохранения льда на проводах до 12 часов (77%) случаев.

Если рассматривать Черноморское побережье, то в Новороссийске число дней с гололедом больше, чем в Сочи, за исключением метеорологической станции Горный, здесь из-за увеличения высоты над уровнем моря выявленная

закономерность нарушается, и число дней с гололедом увеличивается (рисунок 3.2).

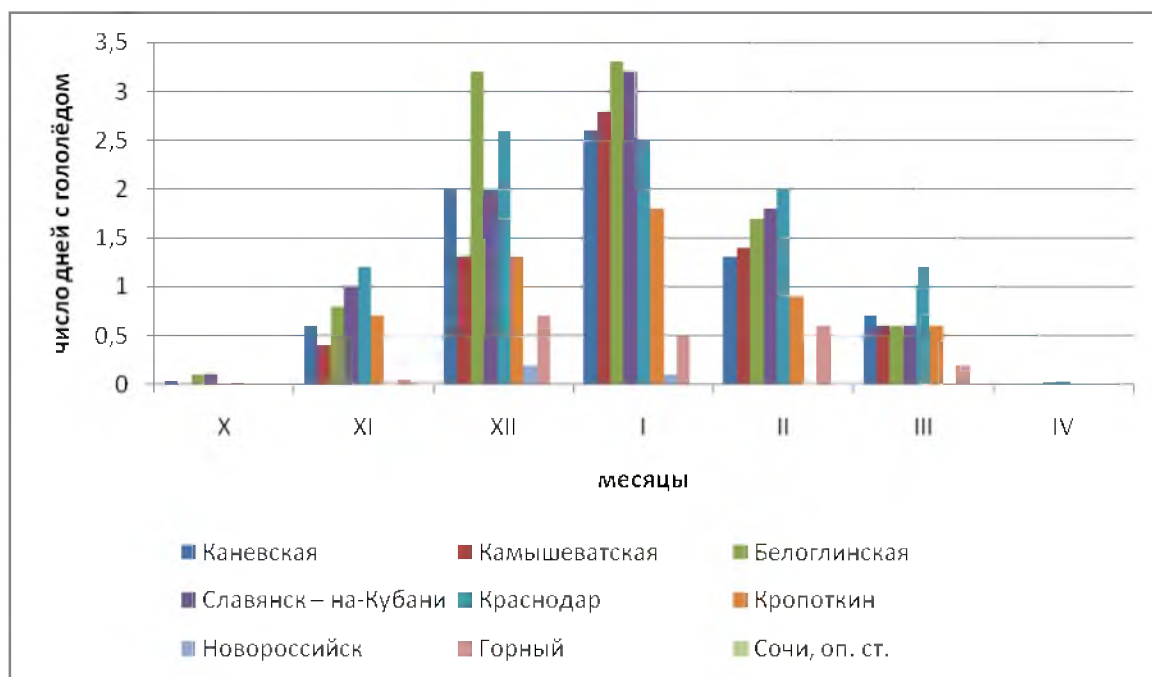


Рисунок 3.2 – Распределение гололеда на территории Краснодарского края

В таблице 3.3 приведены многолетние данные о среднемесечном числе дней в холодный период года с изморозью.

Таблица 3.3 – Среднемесечное число дней с изморозью с 1980 по 2018гг

Метеостанция	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Каневская	0,04	0,6	2,0	2,6	1,3	0,7	0,0	7,2
Камышеватская	0,0	0,4	1,3	2,8	1,4	0,6	0,0	6,5
Белоглинская	0,1	0,8	3,2	3,3	1,7	1,1	0,1	10,3
Славянск – на-Кубани	0,1	1,0	2,0	3,2	1,8	0,6	0,03	8,7
Краснодар	0,0	1,2	2,6	2,5	2,0	1,2	0,04	9,5
Кропоткин	0,03	0,7	1,3	1,8	0,9	0,6	0,0	5,3
Новороссийск	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3
Горный	0,0	0,05	0,7	0,5	0,6	0,2	0,0	2,0
Сочи, оп. ст.	0,0	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02

Анализируя таблицу 3.3, следует, что количество дней с изморозью возрастает в направлении от Краснодара (9 дней) в сторону северных районов края (МС Белоглинская – 10 дней). Это связано с распределением

повторяемости минимальных температур в течение зимы ниже -10°C по территории края. Чаще всего изморозь наблюдается в декабре – январе.

На побережье образование изморози явление крайне редкое, например, в Сочи наблюдали всего 2 случая (рисунок 3.3).

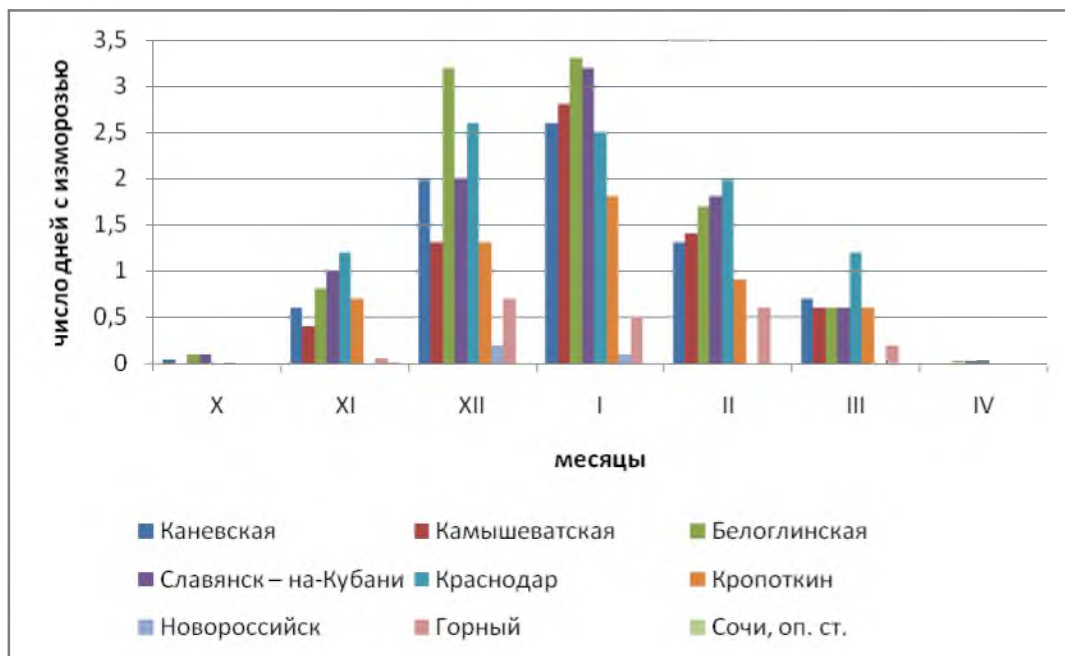


Рисунок 3.3 – Распределение изморози на территории Краснодарского края

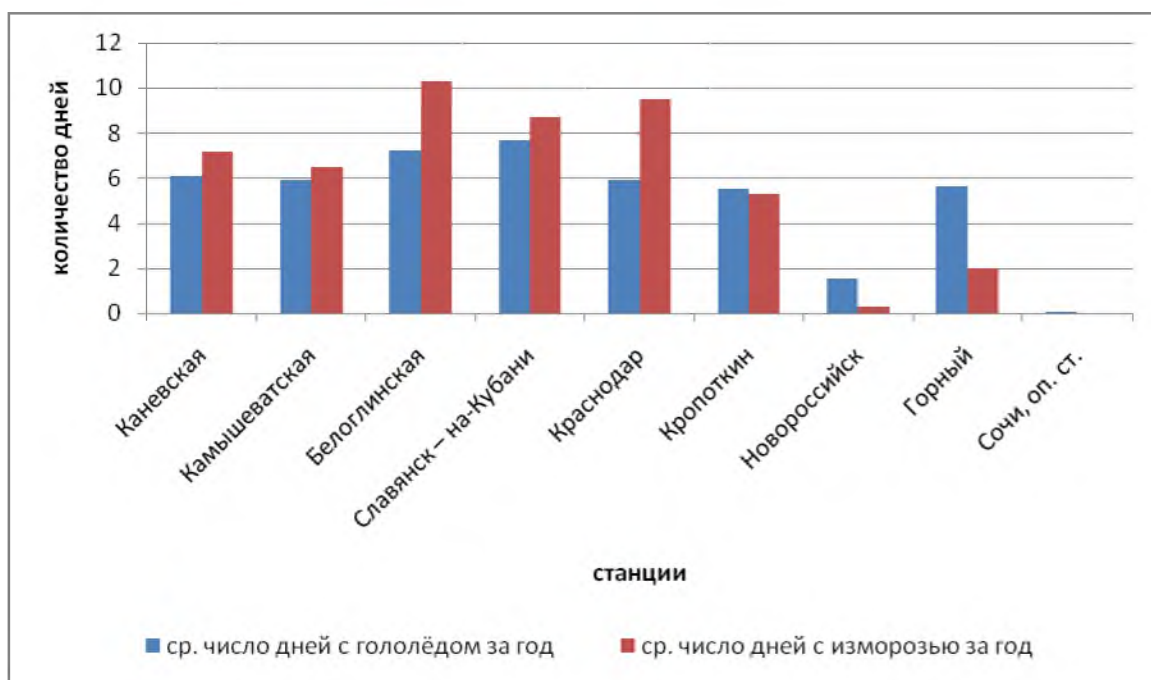


Рисунок 3.4 – Сравнительный анализ распределения изморози и гололеда на территории Краснодарского края

В работе проведен анализ случаев с максимальной величины льда (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Максимальная величина отложения льда

Станция и вид отложения	Дата (число, месяц)		Продолжительность (часы)		Максимальная величина отложения		
	Начало наблюдений	Конец наблюдений	нарастания	обледенения	Большой Диаметр (мм)	Малый Диаметр (мм)	Вес (г)
Каневская Гололед Изморозь	27XI I 20 XII	27XI I 21 XII	8 11	14 15	12 31	8 16	32 -
Камышеватская Гололед Изморозь	9 I 15I I	10 I 16I I	11 14	18 16	15 54	10 40	64 60
Белоглинская Гололед Изморозь	18 XII 14 XII	22 XII 15 XII	9 15	92 17	33 65	20 58	280 40
Славянск-на-Кубани Гололед Изморозь	19 XI	21XI	13	49	18	16	-
Краснодар Гололед Изморозь	26II 29XII	28II 30XII	10 13	25 16	28 46	26 35	72 80
Кропоткин Гололед Изморозь	6XII 24 II	10 XII 25 II	7 14	105 15	12 50	12 35	56 56
Горный Гололед Изморозь	6XII 13III	13XII 16III	54 33	165 63	28 15	22 7	352 -

Максимальная величина отложения льда на проводах выбиралась по размерам большого диаметра и величине веса отложения. Сведения о повреждениях линий связи, электропередач и других сооружений станциями регистрировались не регулярно.

Так как днями с гололедом и изморозью считаются все дни, когда эти явления наблюдались на любых предметах независимо от обледенения проводов, то число дней с обледенением может не совпадать с числом дней с гололедом и является дополнительной характеристикой обледенения проводов.

Данные средней величины дают возможность более правильно оценить количественную сторону и вероятность появления максимальной величины отложения льда на проводах. За весь период наблюдений наибольшая

непрерывная продолжительность обледенения в г. Кропоткине составляет при гололеде –105 часов. Наибольшая продолжительность сохранения и величина отложения гололеда наблюдается на МС Горный (165 час) [26].

Наибольшая продолжительность нарастания изморози наблюдается так же на МС Горный (33 час) и сохранения отложения на протяжении 63 час.

Для практических целей интерес представляют многолетние данные о повторяемости различных величин отложений ГИО на проводах.

На территории края наиболее часто наблюдается умеренная интенсивность обледенения, когда диаметр обледенения не превышает 35мм. Повторяемость умеренной интенсивности колеблется в пределах от 96 до 100% общего числа случаев.

Повторяемость различных величин отложений ГИО на проводах (в % от общего числа случаев представлено в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Повторяемость различных величин отложений ГИО на проводах (в % от общего числа случаев) [13]

Станция	Диаметр (мм)					Вес (г)						
	≤35	36-55	56-80	≥80	Число случаев	≤50	51-100	101-150	151-400	401-800	>800	Число случаев
Каневская	100				44	100						5
Белоглинская	92	7	1		86	84	16					19
Славянск-на-Кубани	98	2			58							
Краснодар	96	4			78	71	21	4	4			24
Кропоткин	98	2			52							
Горный	100				40							

Сильное обледенение (диаметр обледенения находится в пределах 36-55 мм) отмечается довольно редко от 2 до 7% за 10 лет.

Самая большая повторяемость сильного обледенения (диаметр обледенения в интервале 56-80 мм) отмечается на северо-востоке края, на МС Белоглинская.

Наиболее часто (от 70 до 100% всех случаев) наблюдается повторяемость ГИО вес которых не превышает 50г, отложения, вес которых составляет от 51-

100г наблюдается 16% случаев в г. Краснодаре, 16% - МС Белоглинская. Гололедно-изморозевые отложения, вес которых превышает 100г также наблюдаются в Краснодаре [26].

В таблице 3.6 приведены данные повторяемости различных скоростей ветра при максимальных значениях ГИО.

Таблица 3.6 – Повторяемость (%) различных скоростей ветра при максимальных гололедно-изморозевых отложениях

Вид отложения	Скорость ветра, м/с						Число случаев
	0-1	2-5	6-9	10-13	14-17	18-20	
Гололед	12	48	30	7	3		84
Зернистая изморозь	52	48					67
Кристаллическая изморозь	85	15					48

В большинстве случаев (90%) гололедообразование приходится на интервал скорости ветра до 9м/с и только в 3% всех случаев максимальное отложение гололеда наблюдалось при скоростях ветра 14-17м/с.

Изморозь чаще всего образуется при тихой или слабо ветреной погоде (<5м/с).

3.2 Повторяемость гололеда на территории Туапсинского района

Туапсинский район расположен в юго-западной части Краснодарского края, на побережье Чёрного моря и по своим климатическим характеристикам его можно отнести к умеренному климатическому поясу, северочерноморскому подсубтропическому району.

Важным фактором, влияющим на климат данного района, является сложившаяся в данном районе циркуляция атмосферы.

Район находится под влиянием воздушных масс атлантического, арктического и тропического происхождения, которые приходя в данный район уже в значительной степени трансформированы и вскоре окончательно перерождаются в континентальный воздух умеренных широт.

В генезисе климата важнейшая роль принадлежит рельефу, под влиянием которого циркуляция воздушных масс видоизменяется.

Кавказский хребет является климатической границей между Северным Кавказом и Закавказьем. Именно вследствие влияния рельефа климат района имеет довольно выраженные черты субтропического. Водораздельный хребет, несмотря на сравнительно малую высоту в данном районе, создаёт определенный орографический барьер от проникновения на территорию района восточных континентальных и холодных арктических с севера ветров.

Кроме этого, влияние незамерзающего моря определяет смягченность термического режима.

Зима мягкая, характеризуется неустойчивой погодой и повышенной влажностью, нередко в результате проникновения в район холодных воздушных масс, теплая погода довольно быстро меняется на холодную. Влажный воздух, приносящий дополнительные осадки, поступает, в основном, с атлантическими воздушными массами. Тёплый средиземноморский воздух, проходя над Чёрным морем, еще более увлажняется и приносит с собой повышение влажности.

Такие климатические условия Туапсинского района в зимний период года являются достаточно благоприятными для образования на территории района различных гололёдных явлений.

Особенно благоприятные условия для образования изморози, отложений гололеда, мокрого снега и их сочетаний – сложного отложения создаются в предгорных частях Туапсинского района.

К основным метеорологическим факторам региона, обуславливающим образование гололедно-изморозевых отложений, относятся отрицательная температура воздуха у поверхности земли при состоянии воздуха близком к насыщению и наличие тумана или осадков. Слабый ветер способствует более скорому образованию ГИО.

Атмосферные процессы, при которых образуются гололедно-изморозевые отложения, обусловлены адвекцией теплого и влажного воздуха в нижнем слое

атмосферы - тропосфере.

В таблице 3.7 приведены многолетние данные о среднем числе дней в году с гололёдно-изморозевыми явлениями на территории Туапсинского района за период с 1980 по 2019гг.

Таблица 3.7 – Среднее число дней в году с ГИО на территории Туапсинского района

Явление	Дни
Гололед	1,4
Изморозь	0,1
Мокрый снег	0,3
Сложное отложение	0,1

Проведенный в работе анализ позволяет сделать следующий вывод, из всех ГИО, на рассматриваемой территории чаще других явлений наблюдается гололед, мокрый снег и изморозь наблюдается значительно реже (рисунок 3.5).

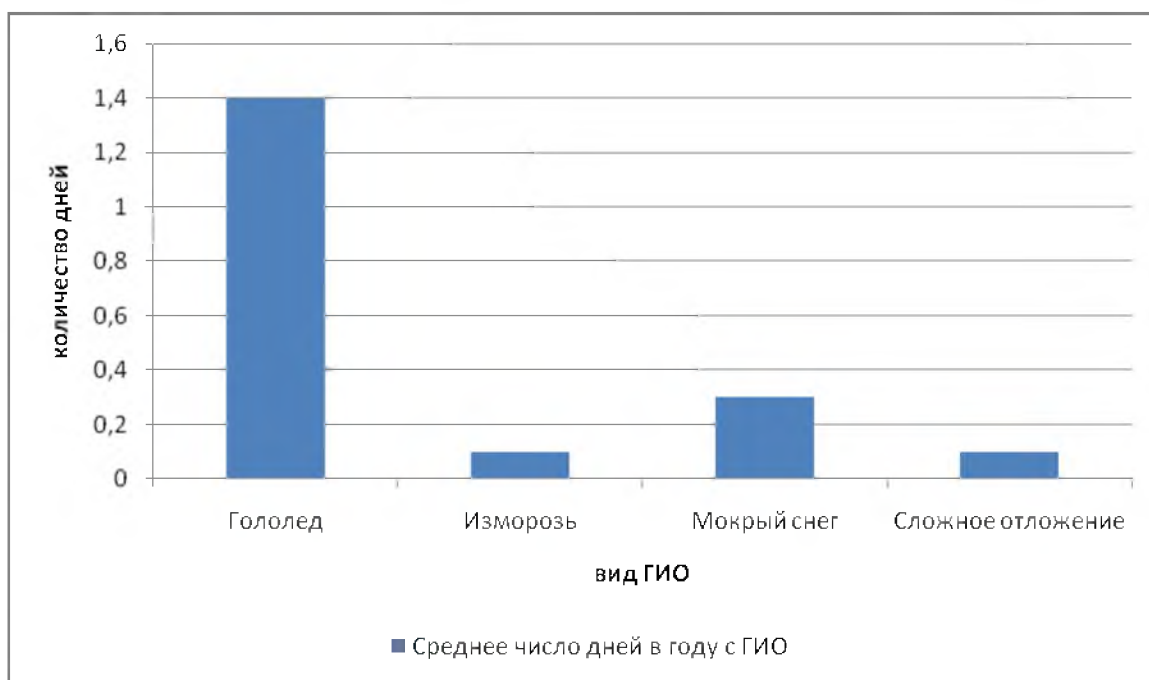


Рисунок 3.5 – Повторяемость ГИО на территории Туапсинского района

По многолетним данным, на исследуемой территории гололед может наблюдаться с ноября по март, причем, наибольшее число дней с ГИО приходится на январь и февраль, наименьшее на ноябрь и март (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Среднегодовое число дней с гололедом по визуальным наблюдениям (1980-2019 гг.)

МС	Месяц					Год
	XI	XII	I	II	III	
Джубга	0.5	1.4	1.3	1.3	0.3	4.7
Горный	0.8	1.5	1.6	1.1	0.6	5.6
Туапсе	0.04	0.6	0.5	0.5	0.2	1.8

Среднее число дней с гололедом за год изменяется по территории района от 1,8 (ГМБ Туапсе) до 5,6 (МС Горный).

Можно сделать вывод, что число дней закономерно возрастает от города Туапсе на север и запад, вглубь района (рисунок 3.6).

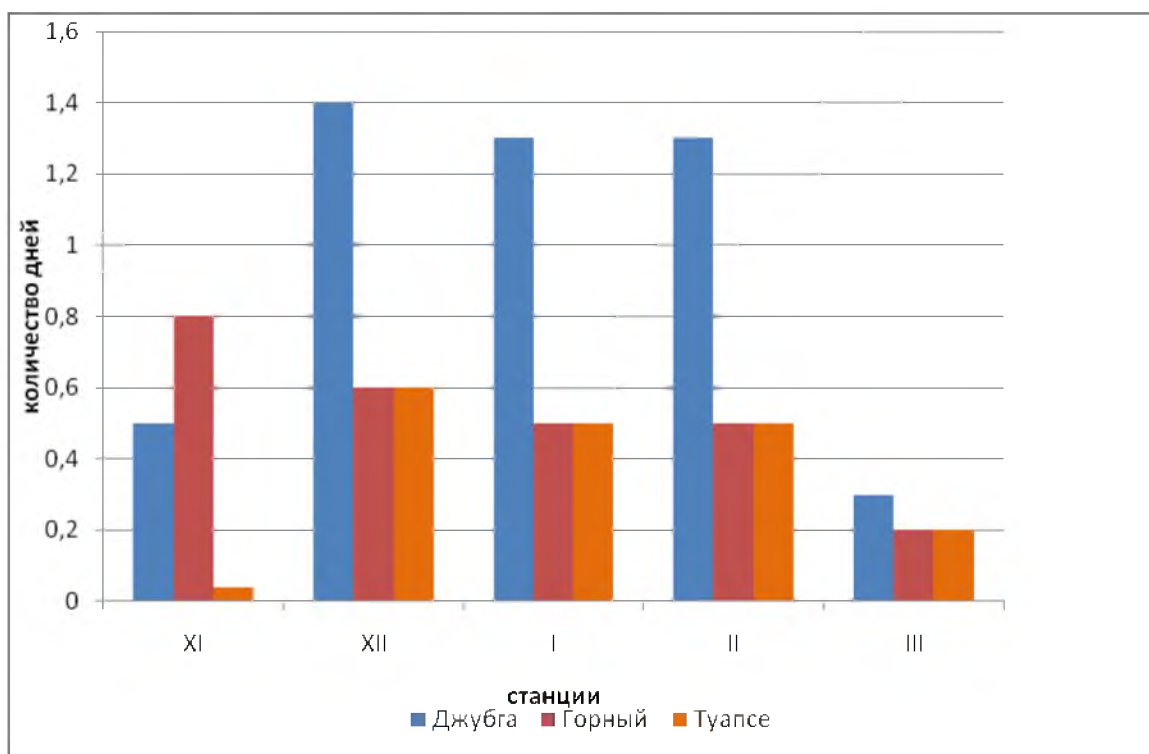


Рисунок 3.6 – Распределение ГИО на территории Туапсинского района

Отложение гололеда почти всегда сопровождается выпадением ледяного дождя, образование которого происходит в 150 – 400 – метровом приземном слое с отрицательной температурой, при этом выше находится мощный слой температурной инверсии.

Одним из важнейших факторов, влияющих на величину стенки гололёда,

является рельеф местности.

Так, на наветренных склонах возвышенностей, в открытых ветровому потоку долинах рек, происходит увеличение гололёдных отложений, а на подветренных склонах, в закрытых долинах рек – уменьшение отложений по сравнению с открытым ровным местом.

Максимальная величина отложений на один погонный метр провода по большому и малому диаметрам и максимальный вес отложений по наблюдениям МС приведены в таблице 3.9.

За период наблюдений с 1970г по 2019г по МС Туапсе максимальная толщина стенки гололеда составила 67,3 мм. Толщина стенки гололеда при максимальном весе гололедно-изморозевых отложений на проводах гололедного станка – 23 мм [26].

Таблица 3.9 - Максимальная величина отложений на один погонный метр провода

Характер отложений	Максимальная величина отложения, мм		Вес отложений на 1 пог. метр, г
	большой диаметр	малый диаметр	
Гололёд	18	16	48
Изморозь	12	11	2
Мокрый снег	85	80	1560

Максимальный вес гололедно-изморозевых отложений в период с 1970 по 2019 гг по наблюдениям МС Джубга составили: гололеда – 600 г, мокрого снега и гололеда – 4856 г.

В таблице 3.8 приведены значения величины стенки и вес гололеда по наблюдениям на проводах диаметром 10 мм с высотой подвеса 10 м над поверхностью земли различной повторяемости на МС Туапсинского района.

Таблица 3.8 – Толщина гололеда (мм) и вес ГИО (г/м)

Станция	Максимальная величина стенки гололеда (мм) один раз в (лет)				
	5	10	20	25	30
ГМБ Туапсе	8,9	14,5	19	27	31
МС Джубга	8,9	14,5	19	27	31
МС Горный	8	12,5	20	24	26

Наибольшая продолжительность сохранения и величина отложения гололеда наблюдается на МС Горный. Продолжительность явления составила 165ч. вес отложения - 352г, что связано с расположением МС Горный в горах Причерноморья и переваливанием воздушных масс через хребет.

Наибольшая непрерывная продолжительность обледенения при гололеде по МС Джубга составила 88 часов, при сложном отложении –93 час [26].

Заключение

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы:

На формирование климата Краснодарского края оказывает влияние весь комплекс физико-географических условий, из которых наиболее важными являются режим поступления солнечной радиации, атмосферная циркуляция и орографические особенности края.

Территория располагается на границе двух климатических поясов – умеренного и субтропического, что обуславливает циркуляционные особенности и радиационный режим края.

Особенности рельефа Краснодарского края и сложившаяся циркуляция воздушных масс обуславливают активизацию внутримассовых конвективных процессов и усиление циклонической деятельности, что способствует частому возникновению на территории Краснодарского края различных опасных явлений погоды.

К одним из наиболее опасных явлений погоды в крае относятся гололедно – изморозевые отложения.

Для образования гололеда характерным является интервал температуры воздуха от 0 до 5° С при средней скорости ветра от 1 до 9 м/с.

Для образования изморози благоприятной является температура воздуха в пределах от –5 до – 10°С и скорость ветра от 0 до 5 м/с.

Из всех видов обледенения на территории края наиболее частым является гололед. Среднее число дней с гололедом в Краснодарском крае составляет от менее одного дня - в районе Сочи, 5,2 дня Горный Туапсинского района, до 6 – 7 дней степной зоне края (г. Краснодар, г. Армавир, ст.Отрадная).

Зернистая изморозь чаще всего наблюдается в районе Краснодара, в среднем 9 дней, около 5 дней – в районах Усть-Лабинск, Армавир.

На территории края гололед наблюдается с ноября по апрель, при чем в северо-западной части края (МС Каневская, МС Кропоткин) гололед может наблюдаться уже в октябре. Максимальное число дней с гололедом на большей

территории края наблюдается в декабре - январе, исключения составляют южные районы - МС Сочи.

Если рассматривать Черноморское побережье, то в Новороссийске число дней с гололедом больше, чем в Сочи, за исключением метеорологической станции Горный, здесь из-за увеличения высоты над уровнем моря выявленная закономерность нарушается, и число дней с гололедом увеличивается.

Количество дней с изморозью возрастает в направлении от Краснодара (9 дней) в сторону северных районов края (МС Белоглинская – 10 дней). На побережье образование изморози явление крайне редкое.

Климатические условия Туапсинского района в зимний период года являются достаточно благоприятными для образования на территории района различных гололёдных явлений.

Из всех ГИО, на территории Туапсинского района чаще других явлений наблюдается гололед, мокрый снег и изморозь наблюдается значительно реже.

На территории Туапсинского района гололед может наблюдаться с ноября по март, причем, наибольшее число дней с ГИО приходится на январь и февраль, наименьшее на ноябрь и март.

В Туапсинском районе среднее число дней с гололедом за год изменяется от 1.8 (ГМБ Туапсе) до 5.6 (МС Горный).

Можно сделать вывод, что число дней закономерно возрастает от города Туапсе на север и запад, вглубь района.

Список использованной литературы

1. Абдушелишвили, К.Л., Керимов, А.А. Опасные метеорологические явления на Кавказе/ под ред. Г.Г.Сванидзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 57 с.
2. Бучинский В.Е. Атлас обледенения проводов. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 114с.
3. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616с.
4. Гуральник И.И, Дубинский Г.П., Ларин В.В, Мамикова С.В. Метеорология. Л., Гидрометеиздат, 1982г. – 440с.
5. Дроздов, О.А., Васильев, В.А., Кобышева, Н.В. Климатология Л., Гидрометеиздат, 1989.– 568с.
6. Занина, А.А. Кавказ // Вып. 2. Климат СССР, Л., ГИМИЗ, 1961.– 290 с.
7. Зверев, А. С. Синоптическая метеорология. – Л. Гидрометеиздат, 1991.– 616с.
8. Ковригина, А.М., Пикерсгиль, Г.Р. Синоптические условия сильного гололеда и налипания мокрого снега в Краснодарском крае, ГМО Краснодар 1997г.– 48 с.
9. Коровин В.И. Природа Краснодарского края. Краснодар, 1999г. – 200с.
10. Лотышев, И.П. Северный Кавказ. Гидрометеорологическое издательство– Л., 1968.– 325с.
11. Матвеев, Л. Т. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. – СПб. Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.
12. Маланичев, С.А., Брылев, Г.Б. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 330 с.
13. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
14. Нагалеvский, Ю.Я., Чистяков, В.И. Физическая география Краснодарского края. – Краснодар: изд. «Северный Кавказ», 2003. – 256 с.
15. Никандрова, В.Я., Шишкина, Н.С. Исследования облаков, осадков,

- грозового электричества. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 350 с.
16. Орехов, С.Я., Молодкин, П.Ф., Дугуян, Д.К. По Северо-Западному Кавказу. – Ростов, 1968. – 116 с.
 17. Роджерс, Р.Р. Краткий курс физики облаков. – Л.: Гидрометиздат, 1960. – 130 с.
 18. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 416 с.
 19. Сергин, С.Я., Яйли, Е.А., Цай, С.Н., Потехина, И.А. Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья. – СПб. РГГМУ, 2001. – 189 с.
 20. Справочник по климату СССР. Вып.13. часть III. Ветер. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 331 с.
 21. Сидоров, В.В., Климатология и метеорология. – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет. 2006. – 146 с.
 22. Справочник по климату СССР. Гололедно.-изморозевые явления и обледенение проводов. Вып. 13. Ростов-на-Дону. 1972. – 350 с.
 23. Темникова, Н.С. Климат Северного Кавказа и прилежащих степей. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.
 24. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов М. А. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 582 с.
 25. Физическая география Краснодарского края: учеб. пособие / Под ред. А.В. Погорелова. – Краснодар, 2000. – 188 с.
 26. Фондовые материалы ЦГМС Краснодар.