



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

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Особенности переноса снега метелями в Краснодарском крае»

Исполнитель Глущенко С.Б.

Руководитель доктор географических наук, профессор Дробышев А.Д.

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

*Цай*

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«17» июня 2016 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«24» <u>мая</u> 201 <u>6</u> г.	
<i>А.М. Дробышев</i> подпись	<i>Мацулен А.О.</i> расшифровка подписи

Туапсе  
2016



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

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

На тему «Особенности переноса снега метелями в Краснодарском крае»

Исполнитель Глущенко С.Б.

Руководитель доктор географических наук, профессор Дробышев А.Д.

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай С.Н.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Туапсе  
2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1 Условия образования и переноса в атмосфере твердых осадков, их классификация .....</b>	<b>6</b>
1.1 Приборы и методы наблюдения за твёрдыми осадками и снежным покровом .....	6
1.2 Характеристика твердых осадков, их классификация и условия образования.....	15
<b>Глава 2 Пространственно-временная изменчивость метелей на Кубани ...</b>	<b>19</b>
2.1 Синоптические условия возникновения метелей .....	19
2.2 Влияние местных условий, температуры воздуха и ветра на образование метелей .....	23
2.3 Изменчивость метелей по территории и в годовом ходе.....	29
<b>Глава 3 Снегоперенос при метелях .....</b>	<b>37</b>
3.1 Процессы, возникающие при переносе снега в приземном слое атмосферы .....	37
3.2 Метод количественной оценки объемов переносимого снега при метелях .....	43
3.3 Особенности распределения снегопереноса по территории .....	46
<b>Заключение.....</b>	<b>54</b>
<b>Список использованной литературы.....</b>	<b>56</b>

## Введение

Погодно-климатические условия в значительной мере воздействуют на хозяйственную деятельность. Неблагоприятные явления погоды наносят серьезный ущерб экономике, а также могут влиять на безопасность жизнедеятельности человека. В зимний период к таким опасным явлениям погоды относятся метели. Они создают снежные заносы и тем самым нарушают движение всех наземных видов транспорта. Совсем недавно в этом году в Оренбургской области сильные и продолжительные метели совместно с низкими температурами воздуха полностью перекрыли движение на автомобильной трассе. Некоторые автомобили были засыпаны плотным слоем снега и при нулевой видимости всю ночь простояли без движения. В них длительное время отсутствовал подогрев салона, поэтому были зафиксированы многочисленные обморожения и даже гибель людей.

Нередко снежные заносы наносят ущерб и сельскому хозяйству. При сильных ветрах и морозах снежный покров перераспределяется и в отдельных местах на полях создаются оголенные участки, где вымерзают озимые культуры. Такие неблагоприятные условия погоды могут нарушать выпас скота в районах отгонного животноводства [24, с. 73].

Для оценки условий метелевой деятельности и заноса дорог снегом необходимо рассчитать следующие параметры:

- среднее число дней с метелями;
- суммарную за зиму (месяц) и непрерывную продолжительность метелей;
- интенсивность переноса снега;
- средний объем снегопереноса и др.

Анализ результатов расчета вышеперечисленных характеристик позволит провести схематическое районирование исследуемой территории по снегопереносу и дать рекомендации по учету его особенностей при строительстве новых автомобильных и железнодорожных трасс, а также по безопасной эксплуатации уже существующих дорог. Весьма полезными

подобные исследования могут быть и при оптимизации размещения сельскохозяйственных культур и при планировании (проведении) профилактических мероприятий с целью безопасного выпаса скота в местах отгонного животноводства.

К сожалению, в Краснодарском крае, имеющим разветвленную сеть наземного транспорта и специализирующимся на производстве продукции растениеводства и животноводства, научных работ в области оценки негативного влияния метелей на хозяйственную деятельность крайне мало. В связи с этим тема данной дипломной работы является достаточно **актуальной**.

**Объект** исследования – метели и снегоперенос.

**Предмет** исследования - количественная оценка метелевой деятельности и ее влияния на распределение по территории объемов переносимого ветром снега.

Основной **целью** работы является изучение особенностей распределения на Кубани метелей и связанного с ними снегопереноса. Для достижения поставленной цели в дипломной работе предполагается решения следующих **задач**:

- выявить типовые синоптические процессы, благоприятные для образования метелей;
- определить основные факторы, влияющие на образование, развитие, интенсивность метелей и оценить корреляционную связь с ними;
- изучить особенности распределение параметров метелей по территории и в годовом ходе;
- выполнить расчеты интенсивности и объемов переносимого ветром снега на метеостанциях;
- провести физико-географический анализ результатов расчета и районирование территории края по величине и продолжительности переноса снега.

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

В первой главе «Условия образования и переноса твердых осадков в атмосфере и их классификация» было рассмотрено, как образуются твердые осадки, способы измерения твердых осадков, приборы для их измерения и виды твердых осадков.

Во второй главе были изучены условия возникновения метелей, влияние местных условий на их образование, а также причины изменчивости метелей по территории.

В третьей главе была проведена количественная оценка объёмов снегопереноса при метелях, проанализированы особенности распределения снегопереноса по территории Краснодарского края.

**Информационно-методическое обеспечение** представлено трудами авторов, учебными и справочными пособиями, периодической литературой, представленной в списке использованной литературы.

Общий объем работы составляет 57 листов. В работе приведены 13 рисунков, 11 таблиц.

# **Глава 1 Условия образования и переноса в атмосфере твердых осадков, их классификация**

## **1.1 Приборы и методы наблюдения за твёрдыми осадками и снежным покровом**

Снежный покров представляет собой слой снега на поверхности земли, который образуется в результате выпадения осадков. В снежный покров включаются ледяные прослойки, которые образуются на поверхности снега и почвы, а также скапливающаяся под снегом талая вода.

Снегомерные наблюдения разделяются на 1) ежедневные; 2) ландшафтно-маршрутные снегомерные съемки; 3) специальные снегомерные съемки. На метеорологических станциях и постах сроки производства снегомерных наблюдений, объемы и методики их определяются Наставлением. Наблюдения ведут с момента появления до полного исчезновения снежного покрова.

Наблюдения за снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и периодических снегосъемок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта. Кроме того, с самыми разнообразными целями могут проводиться специальные снегомерные съемки [14, с. 190]. Например, для определения характеристик снежного покрова на пробных площадях в различных по составу и возрасту насаждениях и на безлесных участках, для расчета запасов воды в снежном покрове на водосборе того или иного водотока, для определения содержания загрязнений в снежном покрове и др. Методики измерений в каждом случае могут иметь особенности в зависимости от цели проведения наблюдений.

При ежедневных наблюдениях за снежным покровом определяют:

- степень покрытия окрестности станции снежным покровом (балл);
- характер залегания снежного покрова на местности (таблица кода);
- структуру снега (таблица кода);
- высоту снежного покрова на метеорологической площадке или на

выбранном участке вблизи станции (см).

При снегосъемках на каждом выбранном маршруте определяют:

- высоту снежного покрова (среднюю из установленного числа измерений);
- плотность снега (среднюю из установленного числа измерений);
- структуру снежного покрова (наличие прослоек льда, воды и снега, насыщенного водой);
- характер залегания снежного покрова на маршруте;
- степень покрытия снегом маршрута;
- состояние поверхности почвы под снегом (мерзлая, талая).

Степень покрытия снегом окрестности станции, характер залегания снежного покрова и структура снега оцениваются наблюдателем при визуальном осмотре окрестности станции в соответствии с принятыми шкалами.

Высота снежного покрова определяется на основании измерений расстояния от поверхности земли до поверхности снежного покрова (поверхности раздела снежный покров — атмосфера).

Плотность снега вычисляется как отношение массы вертикального столба снега к объему этого столба. В плотность снега не включают плотность снега, насыщенного водой, плотность воды, находящейся под снегом, и плотность ледяной корки, находящейся на поверхности почвы.

Плотность снега в каждой точке ее определения вычисляется делением массы пробы снега на его объем.

Масса пробы снега равна 5 г, так как каждое деление линейки весов соответствует 5 г.

Объем пробы снега равен произведению площади поперечного сечения цилиндра снегомера ( $50 \text{ см}^2$ ) на высоту взятой пробы (отсчет по шкале цилиндра)  $50 h \text{ (см}^3\text{)}$ .

При производстве измерений применяются следующие средства измерений:

- рейка снегомерная стационарная деревянная М-103 (М-103-І длиной 1800

- мм и М-103-П длиной 1300 мм) с ценой деления 1 см;
- рейка снегомерная переносная М-104 (М-104-І длиной 1800 мм и М-104-ІІ длиной 1300 мм) с ценой деления 10 мм;
- снегомер весовой ВС-43;
- линейка с ценой наименьшего деления 1 мм.

При измерении характеристик снежного покрова высотой более 1,5 м в качестве средств измерений могут быть использованы также:

- снегомерная металлическая переносная рейка М-46;
- снегомер составной М-78.

Ежедневные наблюдения за снежным покровом должны проводиться при любых погодных условиях.

Наблюдения за степенью покрытия окрестности снегом, характеристикой залегания снежного покрова и структурой снега производятся с постоянного, наиболее возвышенного места вблизи метеорологической площадки, измерения высоты снежного покрова — на метеорологической площадке или на выбранном вблизи площадки участке.

Для производства снегомерных съемок должны быть выбраны и закреплены на местности маршруты:

- на открытом участке (поле) длиной 2 или 1 км (в зависимости от ландшафтных особенностей местоположения станции);
- в лесу, под кронами деревьев, длиной 0,5 км;
- 2—5 поперечников, пересекающих балки и овраги.

Снегосъемки производятся в установленные календарные сроки, когда снегом покрыто более половины маршрута. Изменение даты календарного срока снегосъемки на 1—2 дня допускается, если наблюдаются опасные или особо опасные для данного района явления.

Ежедневные наблюдения за снежным покровом производятся в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени, в соответствии с порядком производства наблюдений на станции.

Степень покрытия окрестностей станции снежным покровом оценивается

в баллах по 10-балльной шкале (0,1 часть видимой окрестности принимается равной 1 баллу).

Если снегом покрыта вся видимая окрестность, то степень покрытия равна 10 баллам; если покрыто около 0,3 всей видимой окрестности, то степень покрытия равна 3 баллам; если наблюдаются отдельные пятна снега, покрывающие менее 0,1 видимой окрестности, то степень покрытия оценивается в 0 баллов.

При определении структуры снега различают: снег свежий (пылевидный, пушистый, липкий); старый (рассыпчатый, плотный, влажный); наст (снежная корка, под настом снег плотный или влажный); снег, насыщенный водой.

Структура снега определяется в соответствии с табл. 1.1, которая соответствует таблице для кодирования S4 кода КН-01.

**Таблица 1.1**

**Характеристика структуры снега [5, с. 60]**

Структура снега	Цифра кода	Структура снега	Цифра кода
Свежий снег пылевидный	0	Старый снег влажный	5
Свежий снег пушистый	1	Снежная корка, не связанная со снегом под ней	6
Свежий снег липкий	2	Плотный снег с коркой на поверхности	7
Старый снег рассыпчатый	3	Влажный снег с коркой на поверхности	8
Старый снег плотный	4	Переувлажненный (мокрый) снег	9

При степени покрытия окрестности  $> 6$  баллов определяется характер залегания снежного покрова. Характер залегания снежного покрова оценивается по наличию сугробов (без сугробов — равномерный, небольшие сугробы — неравномерный, большие сугробы — очень неравномерный) и по состоянию почвы под снежным покровом (замерзшая, талая или состояние неизвестно).

Измерение высоты снежного покрова на метеорологической площадке

производится в следующем порядке:

- непосредственно перед сроком измерения проверяют исправность постоянных реек. В случае неисправности реек разрешается производить измерение с помощью переносной рейки; к следующему сроку неисправности должны быть устранены;
- производят отсчеты поочередно по рейкам № 1, 2 и 3 с точностью до 1 см. При производстве отсчетов по рейкам наблюдатель должен находиться на расстоянии 2—3 м от рейки. За высоту снежного покрова принимается то деление рейки, против которого приходится уровень снежного покрова. Если рейка окажется залепленной снегом, то следует осторожно очистить снег длинной легкой палкой с планкой на конце.

При наличии около какой-либо из реек слоя льда или воды, образовавшегося после таяния снега, по рейке отсчитывается толщина этого слоя.

Если отсчет по рейке меньше половины первого деления рейки, то в соответствующую графу записывается высота снежного покрова 0; если отсчет по рейке равен или больше половины первого деления рейки, то 1.

Рейка снегомерная стационарная представляет собой гладко обструганный прямой брусок сухого дерева длиной 180 см (или 130 см), шириной 6 см и толщиной 2,5 см. Рейка окрашена белой масляной или эмалевой краской и имеет на лицевой стороне шкалу в сантиметрах.

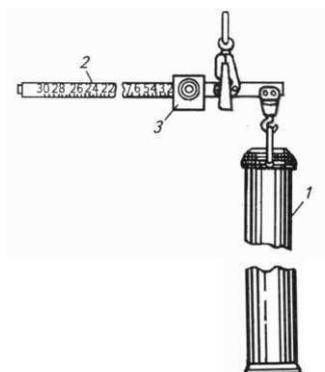
Рейка снегомерная стационарная М-103 предназначена для измерений высоты снежного покрова при производстве снегомерных съемок, при проведении гидрометеорологических работ. Она представляет собой деревянный прямоугольный брусок с нанесенными краской делениями (штрихами) и оцифровкой. На расстоянии 50 и 150 мм от нижнего конца рейки имеются два отверстия для закрепления ее в опоре с помощью глухарей или шурупов. Нижний конец рейки совпадает с нулевым делением шкалы.

Рейки выпускаются в двух модификациях М-103-I, М-103-II. Рейка снегомерная переносная М-104 предназначена для измерений высоты снежного

покрова при производстве снегомерных съемок, при проведении гидрометеорологических работ. Рейка представляет собой деревянный прямоугольный брусок с нанесенными краской делениями (штрихами) и оцифровкой.

Принцип действия работы реек основан на вертикальном погружении конца с наконечником и нулевой отметкой рейки в снежный покров до достижения поверхности грунта и снятия показаний, соответствующих глубине погружения рейки. Рейка представляет собой деревянный брусок с нанесенной измерительной шкалой и металлическим наконечником в начале измерительной шкалы.

Рейки выпускаются в двух модификациях М-104-І, М-104-ІІ. Снегомер весовой ВС-43 (рис. 1.1) предназначен для определения плотности снега при проведении снегомерных съемок.



- 1-металлический градуированный цилиндр;
- 4- (общий вид) градуированный цилиндр,
- 2 - металлическая линейка со шкалой,
- 3 - гиря безмена.

**Рис. 1.1. Снегомер весовой [13, с. 59]**

Он состоит из металлического цилиндра и весов. На одном конце цилиндра имеется кольцо с режущими зубьями, а другой конец закрывается крышкой.

Снегомеры применяют при проведении снегомерных съемок на гидрометеорологических станциях и постах в различных отраслях народного хозяйства для определения плотности снега путем измерения высоты и массы

вырезаемого столбика пробы снега.

Принцип действия снегомера основан на неавтоматическом уравнивании массы отобранной пробы снега, перемещении гири по оцифрованной линейке безмена и визуальном отсчете высоты пробы снега по шкале, проградуированной в единице длины, которая нанесена на цилиндре для отбора проб. Снегомер состоит из металлического градуированного цилиндра 1 для отбора пробы снега, металлической линейки со шкалой 2 и гири безмена 3.

Безмен выполнен в виде оцифрованной металлической линейки с заделанными в нее опорной и грузоприемной призмами. Опорная призма опирается на серьгу с прорезанным в ней окном. Положение равновесия определяется по положению в окне серьги стрелки, жестко связанной с оцифрованной линейкой. На грузоприемной призме с помощью серьги подвешен металлический цилиндр со шкалой для определения высоты столба отобранной пробы снега. На одном конце имеется калиброванное зубчатое кольцо с режущими зубьями для взятия пробы снега, а другой конец закрывается крышкой. Для измерения высоты вырезанного столбика снега с наружной стороны цилиндра нанесена шкала. Нуль шкалы совпадает с зубчатым краем кольца. Свободно перемещающееся по цилиндру кольцо со стремением служит для подвешивания цилиндра с пробой снега к безмену.

Описание окружающей местности и маршрутов снегосъемок необходимо для правильной оценки степени характеристики выбранных маршрутов по условиям рельефа, растительности и подстилающей поверхности.

Описание составляется летом или осенью. Если на выбранном маршруте или окружающей местности в последующие годы происходят изменения, то их вносят в описание.

В описании дается подробная характеристика окружающей местности и промерной линии маршрута, указывается наличие строений, деревьев, кустарников, значительных неровностей рельефа, различных снегозадерживающих препятствий и их расстояния от маршрута.

В описании указывается, в каком направлении, на каком расстоянии от

метеостанции или поста расположен маршрут.

По ходу расположения маршрута отмечают:

1) рельеф местности:

- равнина, всхолмленная равнина, резко всхолмленная местность;
- склон (пологий, крутой), экспозиция склона, седловина, вершина холма;
- овраг, балка, ложбина (ширина и глубина);

2) вид угодья: луг, пашня, стерня, озимь, зябрь и др.;

3) характеристика растительности: трава, кустарник (редкий, густой, высокий, низкий), заболоченный участок, древесная растительность (полезащитные полосы, сад, парк, лес, колос).

При наличии полеззащитных полос необходимо указать направление полосы, ее ширину, расстояние до снегомерного маршрута, преобладающие породы, высоту деревьев.

Следует указать, не производится ли вблизи снегомерного маршрута искусственное снегозадержание.

На лесном маршруте отмечают:

- состав леса (лиственный, смешанный, хвойный, с густым кустарником или густым подлеском);
- его густоту (густой, средней густоты, редкий);
- возраст (взрослый, молодой, мелколесье);
- характеристику вырубки леса (чистая, с молодняком, размеры просек, полян);
- тип подстилающей поверхности (лесная подстилка, травяная, моховая и т. п.).

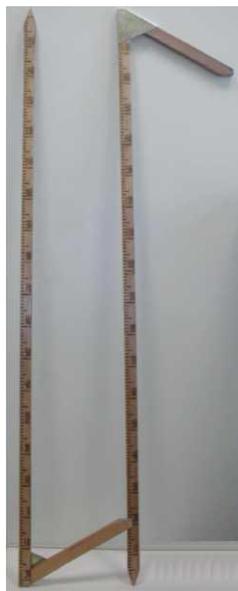
Кроме описания маршрута составляется план окружающей местности на топографической основе или по данным глазомерной съемки. На плане дается схема маршрутов снегомерных съемок с указанием места взятия проб на плотность снега.

Для измерения толщины ледяного покрова в водоемах, имеющих глубину воды подо льдом не менее 0,3 м, а также для измерения высоты снежного

покрова на льду при производстве снегомерных съемок в районах с холодным климатом используется рейка ледоснегомерная ГР-31 (рис. 1.2).

Рейка состоит из прямоугольного деревянного бруска и упорной планки-подкоса, жестко прикрепленной к нижнему концу бруска под углом 60 градусов.

Рейка и подкос скреплены металлической планкой, концы их снабжены металлическими оковками. Рейка имеет двухстороннюю шкалу: для измерения толщины льда и высоты снежного покрова.



**Рис. 1.2. Рейка ледоснегомерная ГР-31 [5, с. 67]**

На ледомерной шкале нанесены штриховые деления через 1 см. Нулевое деление шкалы и верхний край подкоса лежат в одной плоскости, перпендикулярной оси рейки. От нулевого деления шкала проложена вверх и вниз. Часть шкалы, расположенная выше нулевого деления, служит для отсчетов толщины льда и уровня воды в лунке в тех случаях, когда вода в лунке стоит выше нижней поверхности льда. Другая часть шкалы — от нулевого деления вниз на 30 см — служит для измерения воды в лунке в тех случаях, когда нижняя поверхность льда выше уровня воды в лунке. Снегомерная шкала также имеет штриховые деления, нанесенные через 1 см, нулевое деление ее совпадает с верхним обрезом ледомерной шкалы. При измерении общей толщины и глубины погружения льда подкос рейки подводится под лед через лунку вдоль по

течению и разворачивается поперек. Толщина льда определяется как среднее арифметическое из двух отсчетов.

Для измерений глубины промерзания и оттаивания почвы при проведении гидрометеорологических работ используют мерзлотомер АМ-21.

Принцип действия работы мерзлотометров основан на помещении защитной трубы, имеющей измерительную шкалу, в почву и погружении в нее трубки ПВХ с измерительной шкалой, заполненной дистиллированной водой с находящейся внутри трубки капроновой нити с узлами. Глубина промерзания почвы определяется по линейному размеру столбика льда, образующегося в трубке ПВХ.

Мерзлотометры выпускаются в двух модификациях в зависимости от диапазона измерений: АМ-21-I — до 1500 мм, АМ-21-II — от 1500 до 3000 мм.

## **1.2 Характеристика твердых осадков, их классификация и условия образования**

Атмосферными осадками называется влага, выпавшая на поверхность из атмосферы в виде дождя, мороси, крупы, снега, града. Формирование осадков из облака идет за счет укрупнения капель до размеров, способных преодолеть восходящие потоки и сопротивление воздуха. Укрупнение капель идет за счет слияния капель, испарения влаги с поверхности капель (кристаллов) и конденсации водяного пара на других. Осадки - одно из звеньев влагооборота на Земле.

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

Количество осадков измеряют высотой слоя воды в миллиметрах, образовавшегося в результате выпадения осадков на горизонтальной поверхности при отсутствии испарения, просачивания и стока, а также при условии, что осадки, выпавшие в твердом виде, полностью растаяли. Слой

осадков 1 мм, выпавших на площадь 1 м<sup>2</sup>, соответствует массе воды 1 кг. Важной характеристикой осадков является их интенсивность, т. е. количество осадков, выпадающих в единицу времени. На метеорологических станциях количественно определяется только интенсивность жидких осадков (в мм/мин). Кроме того, интенсивность как жидких, так и твердых осадков определяется качественно. При этом осадки визуально делят на слабые, умеренные и сильные.

Различают следующие виды осадков:

1. Твердые осадки: снег, ливневый снег, снежная крупа, снежные зерна, ледяная крупа, ледяной дождь, град;
2. Жидкие осадки: дождь, ливневый дождь, морось;
3. Смешанные осадки: мокрый снег, ливневый мокрый снег.

Обложные осадки. Характеризуются монотонностью выпадения без значительных колебаний интенсивности. Начинаются и прекращаются постепенно. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно несколько часов (а иногда 1-2 суток), но в отдельных случаях слабые осадки могут длиться полчаса - час. Выпадают обычно из слоисто-дождевых или высокостроистых облаков; при этом в большинстве случаев облачность сплошная (10 баллов) и лишь изредка значительная (7-9 баллов, - обычно в начале или конце периода выпадения осадков). Иногда слабые кратковременные (полчаса - час) обложные осадки отмечаются из слоистых, слоисто-кучевых, высококучевых облаков, при этом количество облаков составляет 7-10 баллов. В морозную погоду (температура воздуха ниже -10°...-15°) слабый снег может выпасть из малооблачного неба.

Ледяной дождь - твёрдые осадки, выпадающие при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0°...-10°, иногда до -15°) в виде твёрдых прозрачных шариков льда диаметром 1-3 мм. Внутри шариков находится незамёрзшая вода - падая на предметы, шарики разбиваются на скорлупки, вода вытекает и образуется гололёд.

Снег - твёрдые осадки, выпадающие (чаще всего при отрицательной

температуре воздуха) в виде снежных кристаллов (снежинок) или хлопьев. При слабом снеге горизонтальная видимость (если нет других явлений - дымки, тумана и т.п.) составляет 4-10 км, при умеренном 1-3 км, при сильном снеге - менее 1000 м (при этом усиление снегопада происходит постепенно, так что значения видимости 1-2 км и менее наблюдаются не ранее чем через час после начала снегопада). В морозную погоду (температура воздуха ниже  $-10^{\circ}$ ... $-15^{\circ}$ ) слабый снег может выпадать из малооблачного неба. Отдельно отмечается явление мокрый снег - смешанные осадки, выпадающие при положительной температуре воздуха в виде хлопьев тающего снега.

Моросящие осадки. Характеризуются небольшой интенсивностью, монотонностью выпадения без изменения интенсивности, начинаются и прекращаются постепенно. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно несколько часов (а иногда 1-2 суток). Выпадают из слоистых облаков или тумана, при этом в большинстве случаев облачность сплошная (10 баллов) и лишь изредка значительная (7-9 баллов, - обычно в начале или конце периода выпадения осадков). Часто сопровождаются ухудшением видимости (дымка, туман).

Снежные зёрна - твёрдые осадки в виде мелких непрозрачных белых частиц (палочек, крупинок, зёрен) диаметром менее 2 мм, выпадающие при отрицательной температуре воздуха.

Ливневые осадки. Характеризуются внезапностью начала и конца выпадения, резким изменением интенсивности. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно от нескольких минут до 1-2 часов (иногда несколько часов, в тропиках - до 1-2 суток). Нередко сопровождаются грозой и кратковременным усилением ветра (шквалом). Выпадают из кучево-дождевых облаков, при этом количество облаков может быть как значительным (7-10 баллов), так и небольшим (4-6 баллов, а в ряде случаев даже 2-3 балла). Главным признаком осадков ливневого характера является не их высокая интенсивность (ливневые осадки могут быть и слабыми), а именно сам факт выпадения из конвективных (чаще всего кучево-дождевых) облаков, что и

определяет колебания интенсивности осадков. В жаркую погоду слабый ливневый дождь может выпадать из мощно-кучевых облаков, а иногда (очень слабый ливневый дождь) - даже из средних кучевых облаков.

Ливневый снег - снег ливневого характера. Характеризуется резкими колебаниями горизонтальной видимости от 6-10 км до 2-4 км (а порой до 500-1000 м, в ряде случаев даже 100-200 м) в течение периода времени от нескольких минут до получаса (снежные «заряды»).

Снежная крупа - твёрдые осадки ливневого характера, выпадающие при температуре воздуха около  $0^{\circ}$  и имеющие вид непрозрачных белых крупинок диаметром 2-5 мм; крупинки хрупкие, легко раздавливаются пальцами. Нередко выпадает перед ливневым снегом или одновременно с ним.

Ледяная крупа - твёрдые осадки ливневого характера, выпадающие при температуре воздуха от  $+5$  до  $+10^{\circ}$  в виде прозрачных (или полупрозрачных) ледяных крупинок диаметром 1-3 мм; в центре крупинок - непрозрачное ядро. Крупинки достаточно твёрдые (раздавливаются пальцами с некоторым усилием), при падении на твёрдую поверхность отскакивают. В ряде случаев крупинки могут быть покрыты водяной плёнкой (или выпадать вместе с капельками воды), и если температура воздуха ниже  $0^{\circ}$ , то падая на предметы, крупинки смерзаются, и образуется гололёд.

Град - твёрдые осадки, выпадающие в тёплое время года (при температуре воздуха выше  $+10^{\circ}$ ) в виде кусочков льда различной формы и размеров: обычно диаметр градин составляет 2-5 мм, но в ряде случаев отдельные градины достигают размеров голубиноного и даже куриного яйца (тогда град наносит значительные повреждения растительности, поверхностей автомобилей, разбивает оконные стёкла и т.д.). Продолжительность града обычно невелика - от 1 до 20 минут. В большинстве случаев град сопровождается ливневым дождём и грозой.

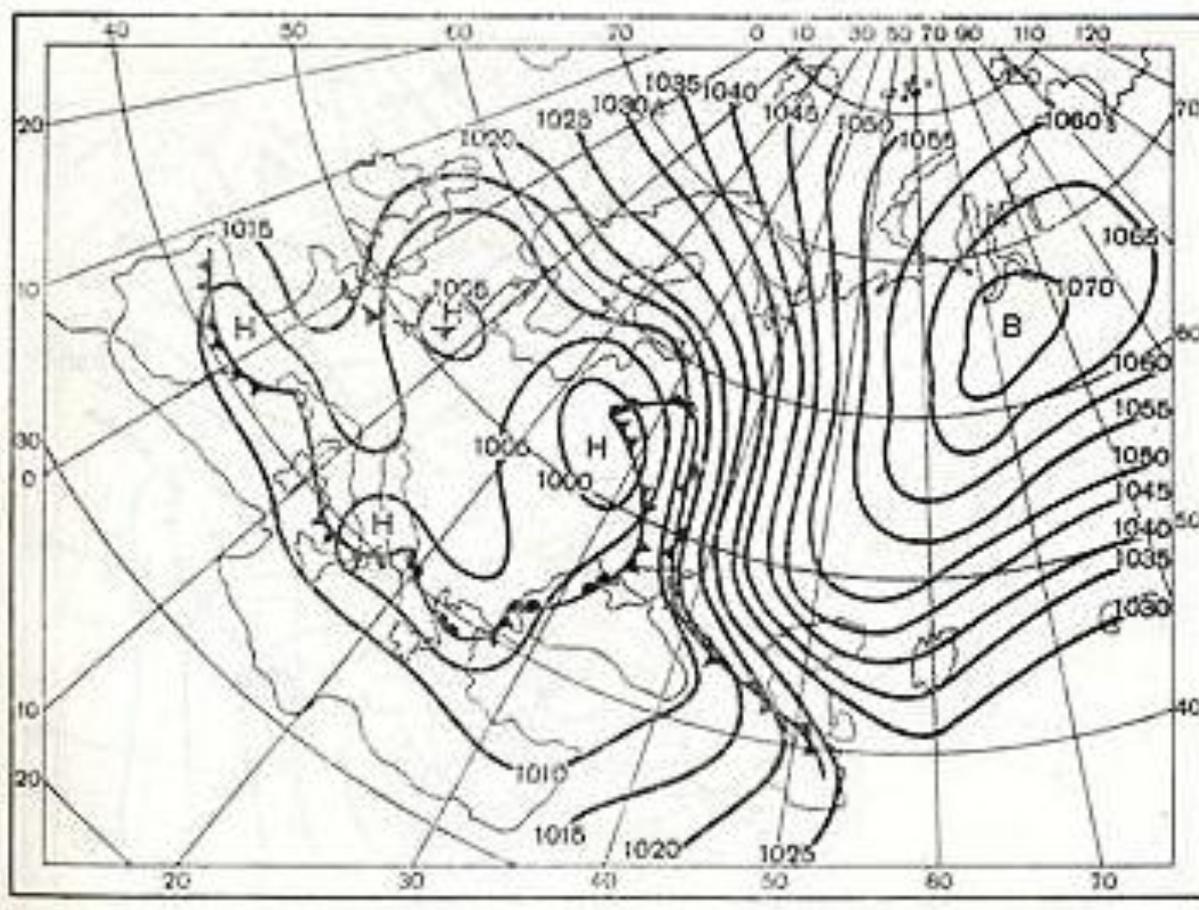
## Глава 2 Пространственно-временная изменчивость метелей на Кубани

### 2.1 Синоптические условия возникновения метелей

Макромасштабные процессы возникновения снегопереноса при метелях связаны с циклонами (или ложбинами) и атмосферными фронтами. Обычно общие метели наблюдаются перед теплым фронтом циклона, реже при прохождении холодных фронтов в тылу циклонических образований. Особенно сильные метели и интенсивный снегоперенос формируются в районе глубоких циклонов с повышенными скоростями и обильными снегопадами. Причем наиболее благоприятными для возникновения опасных метелей являются зоны сближения таких циклонов с антициклонами, где особенно велики барические градиенты. Низовые метели и поземки, наоборот, чаще всего связаны не с циклонами, а с антициклонами, когда наблюдаются умеренные ветры, низкие температуры воздуха и сравнительно сухой снежный покров.

На рассматриваемой территории можно выделить несколько типов синоптических процессов образования метелей. Наиболее сильные и длительные метели связаны с формированием устойчивой черноморской депрессии и с юго-западным отрогом Сибирского антициклона, занимающего территорию Западной Сибири, Казахстана, или юго-восточную часть ЕТР. При этом максимальные переносы снега метелями отмечаются, когда черноморские циклоны сравнительно близко находятся от усиливающегося антициклона. В качестве примера можно привести синоптическую ситуацию, сложившуюся в середине февраля 1956 года [21, с. 115]. Тогда юго-западная периферия очень мощного Сибирского антициклона с давлением в центре (в устье Оби) 1070 ГПа приблизилась к Черному морю, над которым наблюдались барическая ложбина с давлением 1012 ГПа и связанные с ней фронтальные разделы (рис. 2.1). Такие синоптические условия способствовали образованию сильного восточного ветра (до 20 м/с) и понижению температуры воздуха до -18, -20°C, что, в свою очередь, стало благоприятным для возникновения сильной низовой метели. Последовавшие затем снегопады стали причиной перехода ее в еще

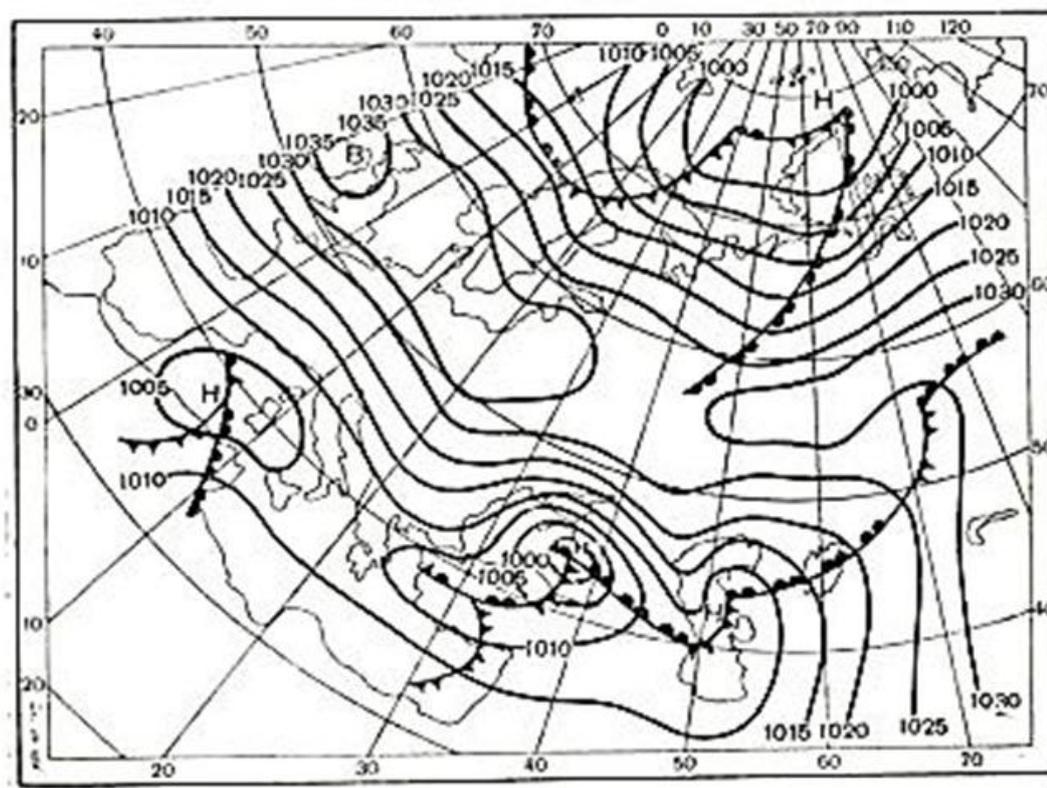
более сильную и длительную общую метель, которая снизила видимость до 50 м и менее и продолжалась почти две недели. Такая аномальная продолжительность ее была обусловлена интенсивными процессами усиления антициклона и углубления ложбины. В результате этой особо опасной метели сильные заносы снега наблюдались на всей равнинной части рассматриваемой территории и на Ставропольской возвышенности. На полях метель оголила почву, а балки и овраги заполнила снегом.



**Рис. 2.1. Синоптическая ситуация образования метелей на юге России 11-23 февраля 1956 г., связанных с черноморской депрессией и сибирским антициклоном [21, с. 120]**

Другой вариант образования метелей с выходом на Черное море южных циклонов связан с западным антициклоном, который по восточной периферии движет холодный воздух к югу. На рис. 2.2 приводится пример такого типа синоптического положения. Из него следует, что значительные барические

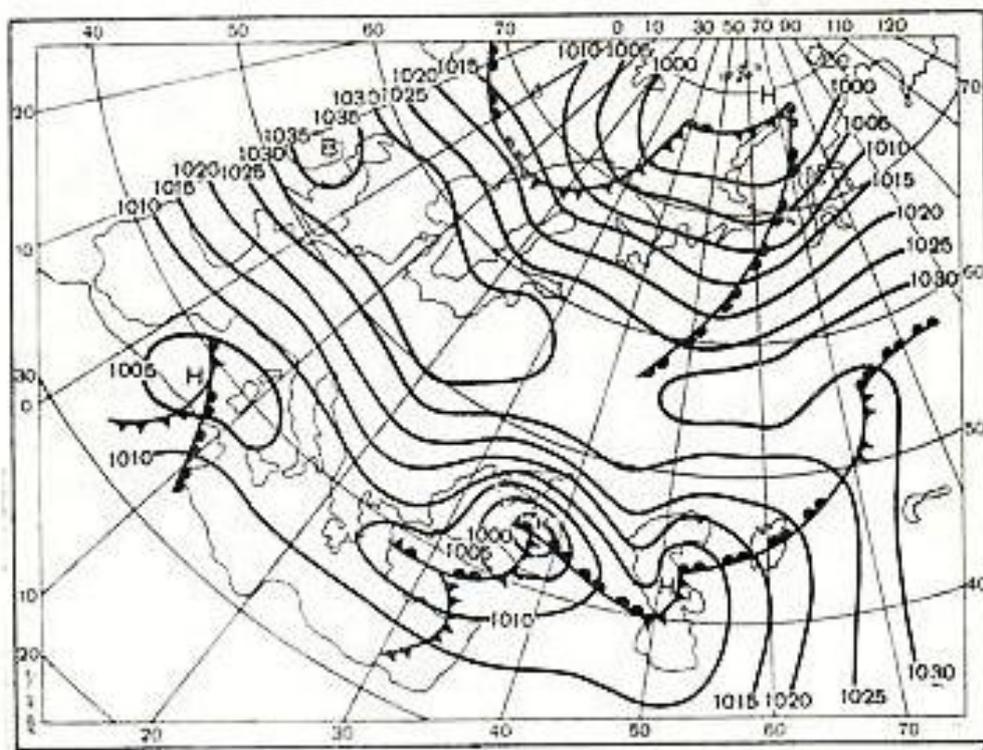
градиенты, сильные северо-восточные ветры (15-25 м/с), низкие температуры воздуха (минус 12-18°C) и обильные снегопады перед хорошо выраженным теплым фронтом стали следствием выхода на Черное море глубокого циклона и отрога антициклона, расположенного в районе Балтийского моря. В результате значительная территория Ростовской области, Кубани и Ставропольского края в течение 2-3 суток была подвержена воздействию сильной метели. Из-за плохой видимости и заносов на дорогах остановился транспорт, а под влиянием значительной снеговой нагрузки обваливались крыши строительных сооружений и даже жилых домов. Во многих школах не проводились занятия. Особо опасные метели возникают и в Прикаспийской низменности при выходе южных циклонов из Каспийского моря, нанося большой ущерб в районах отгонного животноводства.



**Рис. 2.2. Синоптическая ситуация образования метелей на ЮВ части России 3-4 февраля 1954 г., связанных с выходом южных циклонов и западным антициклоном [21, с. 124]**

Нередко причина метелей и переноса снега ими связана с западными

циклонами. В таких случаях метели весьма интенсивны, хотя и непродолжительны (1-3 суток). На рис. 2.3, где в качестве примера такой синоптической ситуации, возникшей в январе-феврале 1967 года на территории юго-западной части России, видно, что, смещаясь к востоку с Прикарпатья, западный циклон оказался в районах Ростовской и Волгоградской областей. Наиболее неблагоприятную погоду с сильными восточными и северо-восточными ветрами (15-16 м/с, порывы до 20-24 м/с), обильными снегопадами и низкими температурами воздуха (20-28°С) он «принес» в Волгоградскую область. Здесь интенсивные общие метели занесли снегом все дороги и понизили видимость до 50-500 м. В связи с этим на целые сутки в области из-за бездорожья прекратилось движение автотранспорта. Наблюдались простои поездов, остановилась работа на отдельных предприятиях города. На животноводческих фермах и зернохранилищах из-за больших объемов снега были зафиксированы обвалы крыш.



**Рис. 2.3. Синопогическая ситуация образования метелей на ЮВ части России 31 января-1 февраля 1967 г., связанных с выходом западного циклона [21, с. 120]**

Такие же очень интенсивные и непродолжительные метели образуются за счет северо-западных и северных циклонов. Эти, так называемые ныряющие, циклоны наблюдаются реже, чем западные. Причем метели обычно возникают в тыловой части их за холодным фронтом.

## **2.2 Влияние местных условий, температуры воздуха и ветра на образование метелей**

В формировании метелей принимает участие сразу несколько факторов. Важнейшим из них является ветер, который является метеорологической величиной в атмосфере, наиболее изменчивой как по территории, так и во времени. Поэтому метели и связанный с ними снегоперенос также должны зависеть от местных условий.

Известно, что циркуляция воздуха особенно заметно деформируется под влиянием условий местоположения пункта наблюдений и его защищенности как природными, так и антропогенными объектами (форм рельефа, растительности, строительных сооружений и т.д.). Милевским В.Ю. и Дробышевым А.Д. разработаны специальные классификации мест, учитывающие воздействие их особенностей на режим ветра [4, с. 23]. Используем для оценки влияния защищенности пункта наблюдений на метели [23, с. 108] .

При этом следует иметь в виду, что (как уже было отмечено нами ранее), метелевая деятельность зависит не только от особенностей местоположения и защищенности исследуемой территории, а от целого комплекса метеорологических условий.

Поэтому для более точного выявления вклада каждого из факторов, влияющих на изменчивость метелей (местоположения и степени защищенности местности, ее высоты над уровнем моря, ветрового и термического режимов и т.д.), необходимо использовать регрессионный и дисперсионный методы обработки информации.

Таблица 2.1

**Зависимость повторяемости и продолжительности метелей от  
условий защищенности места наблюдений<sup>1</sup>**

Метеостанция	Класс защищенности	Характеристика Защищенности	Высота, м над уровнем моря	Суммарная продолжительность метелей за год, час
Старо-Минская	(5-6)б	Выше элементов защищенности. Ровно	38	68
Дивное	(6-7)б	Выше отдельных элементов защищенности. Ровно	161	82
Яшкуль	7б	Нет элементов защищенности. Ровно	-7	86
Ремонтное	(6-7)а	Выше элементов защищенности. Выпуклая поверхность	105	119
Целина	(7-8)а	Выше отдельных элементов защищенности. Выпуклая поверхность	111	138
Элиста	8а	Нет элементов защищенности. Выпуклая поверхность	178	202

Однако для этой цели требуется более полная и надежная метеоинформация, которой мы, к сожалению, не располагали. В связи с этим результаты выполненной нами оценки, представленные в виде табл. 2.1 - табл. 2.5 и их анализа, имеют ориентировочный характер и требуют дальнейшего уточнения.

Тем не менее, обработка имеющейся у нас информации из климатических справочников [22, с. 126] и ее результаты позволили нам сделать

<sup>1</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

предварительные выводы. Так, из табл. 2.1 следует, что, несмотря на некоторые различия высот выбранных пунктов наблюдений, между суммарной за год продолжительностью метелей в них и классами микрозащищенности метеоплощадки можно заметить определенную связь.

Например, в пунктах, расположенных на ровной местности, где их метеоплощадки окружают даже невысокие (ниже 10 м), хотя и многочисленные (Старо-Минская, 5б-6б) или такие же по высоте единичные (Дивное, 6б-7б) препятствия метели длятся меньше, чем там, где нет препятствий (Яшкуль, 7б) на 21 и 5% соответственно. Наоборот, на выпуклой поверхности с отсутствием (Элиста, 8а) и даже наличием аналогичных препятствий (Ремонтное, 6а-7а и Целина, 7а-8а) метели продолжаются больше, чем на открытом ровном месте (Яшкуль, 7б) на 140 - 235%.

Известно, что обязательным условием возникновения метелей является усиление ветра. Обычно оно связано с увеличением барических градиентов. Однако на циркуляцию воздуха оказывает влияние и подстилающая поверхность. При взаимодействии ее с ветровым потоком возникает сила трения, направленная против движения воздуха и поэтому ослабляет его скорость. С высотой в приземном слое атмосферы трение уменьшается, что приводит к усилению ветра согласно экспоненциального закона [17, с. 6].

**Таблица 2.2**

**Влияние высоты местности над уровнем моря на число дней с метелью<sup>2</sup>**

Метеостанция	Класс местоположения по Милевскому	Высота над уровнем моря, м	Среднегодовое число дней с метелью
Усть-Лабинск	5,5 б	90	6
Первомайская	6 б	101	6
Кропоткин	6 б	105	7
Армавир	6,5 а	158	13
Мархотский Перевал	7,3 а	432	13
Ачишхо	4 в	1880	29

<sup>2</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Следовательно, с высотой повторяемость и интенсивность метелей должны увеличиваться. Данные, приведенные нами в табл. 2.2, подтверждают этот вывод. Они свидетельствуют, что на метеостанциях, не очень существенно отличающихся между собой по степени защищенности и температурному режиму (кроме высокогорного пункта Ачишхо), число дней с метелями растет от 6 на высотах 90-100 м (Усть-Лабинск, Первомайская) до 29 на уровне около 2000 м (Ачишхо).

Что касается влияния на метели и снегоперенос самого ветра, то оно подтверждается результатами обработки метеоинформации полученными и представленными нами в табл. 2.3 и табл. 2.4. Из них следует, что в правобережной равнинной части бассейна реки Кубани (Краснодар, Тихорецк) направление снегопереноса осуществляется преимущественно ветрами восточного и северо-восточного направлений. На такие метели приходится около 80% всех случаев. В тоже время юго-восточный и южный перенос снега наблюдается здесь крайне редко; их вызывают всего 2-3% метелей. В южной части Краснодарского края со сложным и горным рельефом картина ориентации снегонесущего переноса несколько иная. Здесь (Армавир, Ачишхо) метелеобразующими ветрами являются юго-восточные (42-50%) и отчасти восточные (13-16%) или западные (5-19%). Значительно реже наблюдаются меридиональный снегоперенос (северный и южный). Причем в Армавире он вообще отсутствует.

**Таблица 2.3**

**Вероятность (%) различных направлений снегопереноса метелями<sup>3</sup>**

Метеостанция	Направление ветра при метелях							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Тихорецк	4	32	44	1	1	7	9	2
Краснодар	6	64	14	1	2	6	6	1
Армавир		5	13	50		5	19	8
Ачишхо	5	5	16	42	11	4	5	12

<sup>3</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Таблица 2.4

**Вероятность (%) различных скоростей ветра при снегопереносе  
метелями<sup>4</sup>**

Метеостанция	Скорость ветра при метелях, м/с					
	< 6	6-9	10-13	14-17	18-20	> 20
Тихорецк	2,4	22,3	30,1	37,4	7,3	0,4
Краснодар	17,4	48,7	21,5	9,9	2,5	
Армавир	3,6	15,3	24,6	27,2	24,3	5,1
Ачишхо	30,2	41,6	12,2	9,3	6,7	

Из табл. 2.4 видно, что на большей части исследуемой территории (кроме горной и Краснодара) метели и снегоперенос при небольших скоростях ветра (< 6 м/с) образуются редко (2,4-3,6%) . Однако по мере продвижения с севера на юг и юго-восток вероятность метелей при таких ветрах становится все больше и на метеостанции Ачишхо достигает 30%. Объясняется это тем, что в этом направлении усиливается расчленение рельефа и как следствие - ослабление общего ветрового потока у земли [15, с. 212]. При таких условиях уменьшается вероятность больших скоростей и, наоборот, увеличивается повторяемость слабых и умеренных. Причем эта особенность ветрового режима должна проявляться не только в обычные дни, но и при метелях. Подобным же образом объясняется и причина повсеместного уменьшения метелей с высокими скоростями ветра (> 17 м/с), на которые приходится не более 7-8 %, за исключением Армавира, где за счет особенностей местоположения интенсивные ветры и метели наблюдаются гораздо чаще (29,4%). Таким образом, наиболее благоприятным для образования метелей и снегопереноса является диапазон ветров от 6 до 17 м/с. Его доля составляет от 90% и более от общего случаев с метелями на равнинной части края до 63% и менее на юго-востоке Западного Кавказа.

Практический интерес представляет также информация о режиме температуры воздуха при метелях. При оттепелях плотность снега увеличивается и препятствует его переносу, не вызывая существенных

<sup>4</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

трудностей для эксплуатации автомобильных и железных дорог. В тоже время известно, что при понижении температуры снег легче сдувается со снежного покрова.

**Таблица 2.5**

**Вероятность (%) различных температур воздуха (°С) при  
снегопереносе<sup>5</sup>**

Температура		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	Год
от	До											
<b>Тихорецк</b>												
-29,9	-25,0					1						0,4
-24,9	-20,0					1	2					1
-19,9	-15,0				13	13	22					14
-14,9	-10,0				35	28	36	6				29
-9,9	-5,0			14	35	38	24	53				34
-4,9	0			72	17	17	13	36				19
0				14		2	3	5				3
<b>Краснодар</b>												
-24,9	-20,0					18						4
-19,9	-15,0					10	16					8
-14,9	-10,0				5	31	30					19
-9,9	-5,0			33	28	31	33	28				31
-4,9	0			67	50	7	14	72				32
0					17	3	7					6
<b>Армавир</b>												
-24,9	-20,0					0,8						0,3
-19,9	-15,0					4	10					5
-14,9	-10,0				8	21	32	2				20
-9,9	-5,0			72	39	46	45	52				47
-4,9	0			14	45	27	11	43				26
0				14	8	0,8	2	3				2
<b>Ачишхо</b>												
-19,9	-15,0				2	2	2	3				2
-14,9	-10,0			10	24	17	14	23	2			17
-9,9	-5,0		19	21	27	50	46	52	68			44
-4,9	0		81	67	47	30	37	22	30	100	20	36
0				2		1	0,5				80	1

Поэтому при прочих равных условиях низкие температуры при метелях

<sup>5</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

создают на дорогах более сильные заносы, особо опасные для работы транспорта. Кроме того, отрицательные температуры в сочетании с сильными ветрами создают дополнительную опасность, так как быстро охлаждают организм человека и могут вызывать обморожение [4, с. 64].

Из табл. 2.5 следует, что чаще всего при метелях наблюдается температура воздуха от 0 до 15°C. Ее вероятность варьирует в пределах от 82% в Тихорецке и в Краснодаре до 97% в Ачишхо. Причем, почти везде (кроме самых южных районов) с вероятностью 5-15% метелевый перенос снега может осуществляться и при более холодной погоде (15-25°C). А в Тихорецке метели в нескольких случаях наблюдались даже во время сильных морозов, когда температура воздуха понижалась почти до - 30°C. В теплую погоду при положительной температуре метели образуются сравнительно редко, с вероятностью не более 3%. Хотя в условиях большого города (Краснодар) «теплые» метели повторяются в два раза чаще (6%).

### **2.3 Изменчивость метелей по территории и в годовом ходе**

Существенная зависимость метелей от местных условий (форм рельефа, высоты над уровнем моря, защищенности пункта, поверхности снежного покрова и др.) проявляется на исследуемой территории особенно отчетливо, так как помимо низменностей, равнин и предгорий, омываемых морями, здесь расположено множество высоких хребтов Кавказа и межгорных котловин. Такое разнообразие условий подстилающей поверхности, в свою очередь, сказывается на разнообразии климатов и на видовом составе растительного покрова. Все это приводит к значительной пространственно-временной изменчивости режима метелей, которую нетрудно заметить при анализе результатов климатической обработки многолетних наблюдений.

Из табл. 2.6 и рис. 2.4 видно, что диапазон распределения метелей по территории достаточно широк. На высокогорьях среднее годовое число дней с

метелью достигает 29 (Ачишхо), а на юге Краснодарского побережья Черного моря (Сочи) метели не наблюдаются вообще. На равнинной территории наиболее часто метелевая деятельность проявляется на северо-востоке края (Кущевская, Белоглинская, Сосыка, Тихорецк), в среднем более 10 дней в году.

**Таблица 2.6**

**Среднее ( $N_{cp}$ ) и наибольшее ( $N_{max}$ ) число дней с метелью и поземком ( $n_{cp}$ )**

№	Метеостанция	Месяц							$N_{cp}$ , Год	$N_{max}$ , год	$n_{cp}$ , год
		X	XI	XII	I	II	III	IV			
107	Ейск		0,1	1	3	2	0,8	0,1	7	22	1
108	Должанка		0,1	2	3	3	1	0,1	9	25	5
109	Кущевская		0,1	2	4	4	1	0,1	11	31	3
110	Старо-Минская		0,1	1	3	2	0,7		7	21	1
111	Камышеватская	0,04	0,1	1	2	2	0,8	0,2	6	20	1
112	Сосыка	0,1	0,6	2	5	5	3	0,3	16	45	0,9
113	Белоглинская		0,4	2	3	4	1	0,1	10	21	5
114	Каневская		0,1	0,6	2	2	0,8		6	14	2
115	Приморско-Ахт.		0,2	1	2	2	0,4	0,1	6	25	1
117	Тихорецк		0,2	2	4	4	2	0,1	12	27	4
118	Тимашевская		0,3	1	3	2	1	0,1	7	27	3
119	Демин-Ерик		0,2	0,5	2	2	0,9		6	17	0,8
120	Кореновск		0,2	0,8	2	2	1		6	25	2
122	Кропоткин		0,4	0,9	2	2	2	0,1	7	22	-
123	Первомайская		0,1	0,4	2	3	0,9		6	-	-
124	Темрюк		0,2	0,2	1	1	0,6		3	12	0,7
126	Славянск-на-К.		0,2	0,5	2	2	0,8		6	16	0,8
128	Усть-Лабинск		0,2	0,6	2	2	0,7	0,1	6	15	0,7
129	Тамань		0,1	0,1	1	1	0,4	0,1	3	23	0,5
130	Маяк Революц.			0,6	1	0,6	0,4		3	10	0,7
133	Краснодар		0,2	0,4	1	1	0,9		4	13	0,8
134	Майкоп		0,3	0,6	2	2	1	0,1	6	17	1
135	Краснодар Паш.		0,3	1	2	2	2		7	28	1
136	Армавир		0,6	2	4	4	2	0,1	13	36	4
137	Крымск		0,2	0,2	0,9	0,6	0,6		2	9	0,3
140	Мархотский П.		1	2	4	3	3		13	26	2
141	Белореченск		0,1	0,4	1	1	1		4	16	1
142	Новороссийск		0,3	0,5	1	1	0,8	0,1	4	14	-

Продолжение таблицы 2.6

143	Абрау-Дюрсо		0,2	0,1	0,5	0,4	0,4		2	9	-
144	Лабинск		0,1	0,2	0,9	1	0,6	0,1	3	12	-
145	Горячий Ключ				0,3	0,2	0,1		0,6	4	0,1
146	Геленджик		0,1	0,2	0,5	0,6	0,2	0,1	2	17	0,1
148	Отрадная		0,4	0,9	1	2	0,7	0,1	5	13	1
149	Джугба			0,1	0,8	0,6	0,3		2	10	1
150	Гойтх				0,6	0,8	0,4		2	7	1
151	Туапсе			0,2	0,6	0,3	0,2		1	11	-
152	Зубровый Парк		0,4	0,5	0,8	0,9	0,4	0,1	3	17	0,8
154	ГузERPиль		0,5	1	3	3	2	0,1	10	-	0,9
155	Ачишхо	0,7	2	4	7	7	6	2	29	66	4
156	Красная Поляна				0,3	0,3	0,2		0,8	4	0
157	Калиновое Озер.						0,7		0,7	1	0,07
159	Сочи, оп. Ст.				0,03	0,2			0,2	2	0
160	Адлер					0,1	0,1		0,2	2	0,06
	Среднее	0,01	0,1	0,8	1,9	1,9	1,0	0,1	6.0	18	1,4

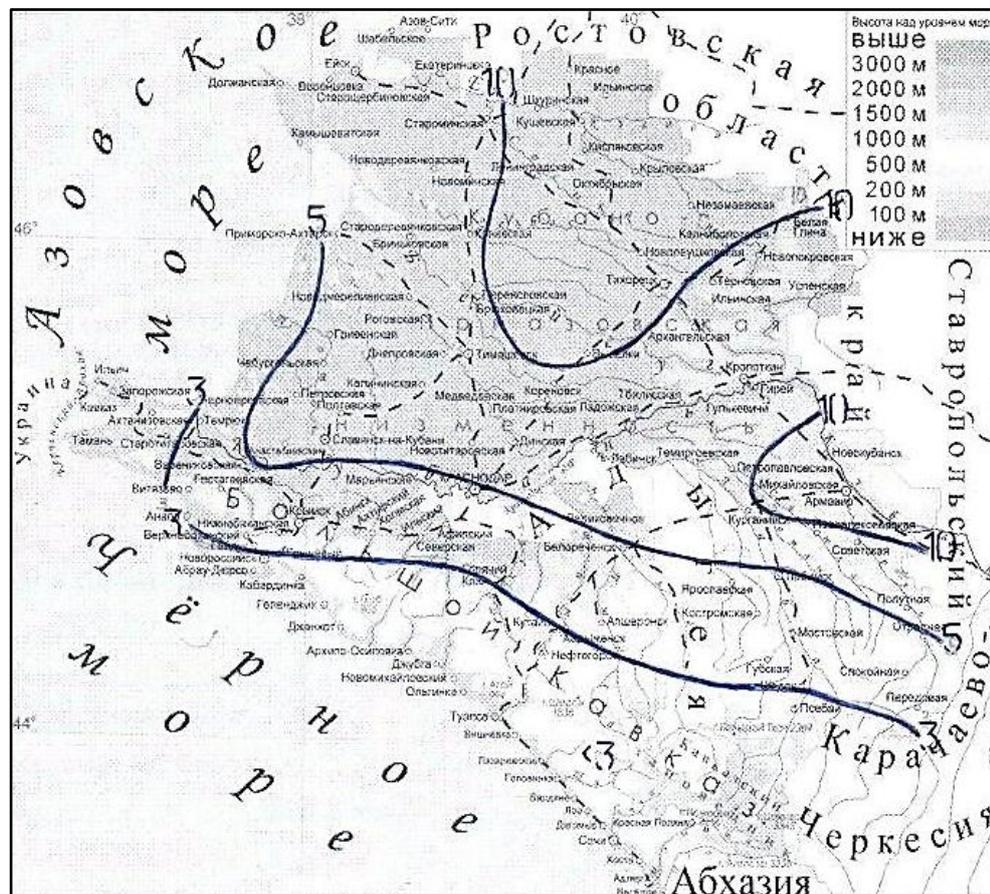


Рис. 2.4. Среднее годовое число дней с метелью [23, с. 164]

Этот район отличается наибольшей повторяемостью циклонов и отрицательных температур воздуха. По мере продвижения на юг, где сокращается холодный период, повышается его температура и ослабевает скорость ветра, условия для образования метелей становятся менее благоприятными. Условная граница, южнее которой количество метелей не превышает 5 дней в году, проходит от южного побережья Азовского моря до низовий р. Кубани, затем по ее долине до устья р. Белой. Далее граница пересекает р. Кубань, попадая в ее левобережье, проходит между Белореченском и Майкопом и уходит за пределы края в районе станицы Отрадной. На Таманском полуострове и Черноморском побережье метели отмечаются еще реже: от 3-4 дней в низовьях р. Кубани до 1-2 дней от Новороссийска до Туапсе. А южнее Туапсе единичные метели зафиксированы лишь в отдельные годы. На остальной территории Краснодарского края, занимающей южную часть Прикубанской низменности и юго-западную окраину Ставропольской возвышенности, метели наблюдаются в среднем 5-10 дней в течение года.

**Таблица 2.7**

**Повторяемость (%) различного числа дней за год с метелью<sup>6</sup>**

Метеостанция	Число дней с метелью за год														
	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70
Должанка		21	54	7	14	4									
Каневская	3	50	36	11											
Тихорецк		21	14	35	24	3	3								
Демин-Ярик	4	44	37	11	4										
Краснодар		76	16	8											
Майкоп	4	53	25	14	4										
Армавир		17	42	14	21	3			3						
Мархотск. П.		15	20	40	10	10	5								
Новороссийск	19	54	19	8											
Ачишхо				19	19	5	23	5	19				5		5

В среднем на весь Краснодарский край приходится по 6 дней с метелью

<sup>6</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

за год. По сравнению с метелями поземки, с переносом снега в непосредственной близости от снежного покрова, наблюдаются на Кубани, примерно, в 4,3 раза реже.

О том, насколько может отличаться количество дней с метелью в отдельные годы, свидетельствуют данные табл. 2.7. Из нее следует, что на пяти метеостанциях из десяти наибольшая вероятность годового количества дней с метелью (от 44 до 76%) приходится на градацию 1-5 дней. В других пяти пунктах наиболее вероятны градации 6-10 дней (42-54%) или 11-15 дней (35-40%) дней. Лишь на высокогорной метеостанции Ачишхо метели чаще всего наблюдаются 26-30 дней в году, причем диапазон межгодовой изменчивости их здесь тоже наибольший: от 1-5 до 66-70 дней. Из табл. 2.7 можно также заметить, что даже на тех метеостанциях, которые имеют благоприятные условия для образования метелей, они наблюдались не каждый год. Например, за весь период наблюдений на метеостанциях Каневская, Демин-Ярик и Майкоп таким годом с отсутствием метелей оказался всего один. Зато в Новороссийске, где в среднем за год отмечалось по 4 дня с метелью, их отсутствие зафиксировано в течение 5 лет.

Дополнением табл. 2.7, позволяющим более точно оценить верхний предел межгодового варьирования числа дней с метелью, являются значения  $N_{\max}$  в табл. 2.6, представляющие собой наибольшее годовое количество метелей (абсолютный максимум).

При сравнении их с соответствующими среднегодовыми данными ( $N_{\text{ср}}$ ) заметно, что для равнинных районов они в 2-4 раза больше. На южной части территории, где средняя повторяемость метелей не превышает двух дней за год, соотношение между наибольшими и средними значениями, как правило, гораздо больше (5-10). Тем не менее, общая картина распределения  $N_{\max}$  по территории при сравнении ее с распределением  $N_{\text{ср}}$  сохраняется. На северо-востоке Кубани, где среднее годовое число дней с метелью превышает 10 (Куцевская, Белоглинская, Сосыка, Тихорецк), наибольшее их число составляет 21-45. К югу на равнинной территории абсолютные максимумы

уменьшаются до 25-15 числа дней, а еще южнее в условиях пересеченной местности – до 15 дней и менее. На крайнем юге и на южном побережье Черного моря даже абсолютные максимумы обычно не превышают 5 дней в год с метелью.

**Таблица 2.8**

**Средняя суммарная ( $\tau_{\text{сум ср}}$ , час) и непрерывная ( $\tau_{\text{непр ср}}$ , час) продолжительность метелей<sup>7</sup>**

№	Метеостанция	М е с я ц							Год	
		X	XI	XII	I	II	III	IV	$\tau_{\text{сум ср}}$	$\tau_{\text{непр ср}}$
110	Старо-Минская		0,4	14	25	22	7		68	9,7
115	Приморско-Ахт.		0,6	6	14	14	5	0,9	40	6,7
117	Тихорецк		2	17	38	35	12	1	105	8,8
118	Тимашевская		2	5	19	17	9	0,3	52	7,4
122	Кропоткин	0,03	1	5	19	13	10	0,2	48	6,8
126	Славянск-на-К.		2	3	14	12	6	0,07	37	6,2
129	Тамань		0,9	0,5	9	14	2		26	8,7
134	Майкоп		1	3	11	8	6	0,1	29	4,8
135	Краснодар Паш.		2	5	14	23	16		60	7,5
136	Армавир		2	14	33	30	9	0,2	88	6,8
140	Мархотский П.	0,2	11	10	33	22	26		102	7,8
148	Отрадная		2	5	5	7	3	0,7	23	4,6
150	Гойтх			0,2	5	5	2		12	6,0
152	Зубровый Парк	0,3	2	3	8	6	2	0,3	22	7,3
154	ГузERPиль		2	7	18	21	13	0,4	61	6,8
155	Ачишхо	4	10	32	57	25	35	12	175	7,6
	Среднее	0,3	2,6	8,3	20,1	17,1	10,2	1,0	59,6	7,1

Степень опасности метелей для хозяйственной деятельности определяется не только их повторяемостью, но и продолжительностью. Анализ

<sup>7</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

табл. 2.8 приводит к выводу, что среднегодовая суммарная и непрерывная продолжительность метелей в основном соответствует их количеству. Поэтому к северу от р. Кубани метели наиболее продолжительны. В сумме за год они делятся от 100 до 40 часов при средней непрерывной продолжительности одной метели 10-8 часов. А на северо-востоке равнинной территории эти показатели метелей еще выше ( $\tau_{\text{сум ср}} > 100$  часов, а  $\tau_{\text{непр ср}} > 10$  часов. В южной части со сложным рельефом суммарная продолжительность уменьшается до 40-25 часов, а непрерывная – до 8 - 5 часов. Минимальная длительность метелей приходится на Черноморское побережье и межгорные долины Кавказа (суммарная - менее 25 часов, непрерывная – меньше 5-6 часов).

Помимо выявления особенностей образования и распределения метелей по территории научный и практический интерес представляет также оценка изменчивости их в годовом ходе. Табл. 2.8 позволяет сделать вывод, что почти на всей территории Краснодарского края метели начинают наблюдаться в ноябре. Лишь на двух метеостанциях, расположенных на северо-западе (Камышеватская и Сосыка), а так же на высокогорной метеостанции Ачишхо «сезон метелей» начинается с октября.

Однако в среднем по территории на эти два месяца приходится 0,11 дней с метелями, то есть всего 1,9% от общего числа дней за год. К середине зимы интенсивность метелевой деятельности нарастает.

Максимум дней с метелью наблюдается с января по февраль. На эти два месяца приходится более половины всех метелей за холодный период (65,4%). Остальные метели образуются в марте-апреле (18,9%) и в декабре (13,8%). Причем, оказывается, что интенсивность метелей (среднее многолетнее число дней с метелями по территории Кубани) во второй половине холодного периода (с января по апрель) более, чем на четверть (27,2%) выше, чем в первой половине (с октября по январь).

Годовой ход суммарной продолжительности метелей мало отличается от изменчивости числа дней с ними (табл. 2.8).

На большей части территории максимальная их длительность

наблюдается в январе: от 38 часов на северо-востоке до 10-15 в пересеченной местности и на побережье Азовского моря. На остальной территории максимум суммарной продолжительности метелей отмечается в феврале или в январе-феврале. На горных вершинах (Ачишхо, Мархотский Перевал) кроме основного максимума в январе прослеживается и вторичный в марте, когда суммарная длительность метелей увеличивается за счет увеличения их непрерывной длительности.

## Глава 3 Снегоперенос при метелях

### 3.1 Процессы, возникающие при переносе снега в приземном слое атмосферы

Выпадение твердых осадков из атмосферы очень редко происходит при безветрии. При спокойных снегопадах весь выпадающий снег сравнительно равномерно распределяется по поверхности дороги или железнодорожного пути. В таких случаях высота рыхлого слоя снега на ровной местности обычно не превышает 1-5 мм и лишь иногда - 10-20 мм, что не создает особых проблем для расчистки дороги и необходимости длительных простоев наземного транспорта. Совсем другая ситуация возникает на дорогах, когда выпадение снега из атмосферы (или при его отсутствии) наблюдается при ветрах различной силы. Даже незначительный ветер скоростью до 6-8 м/с образует слабую метель, которую называют поземком. Он сдувает обломки снежинок с поверхности сухого снега в слое атмосферы всего несколько десятков сантиметров от земли (не превышающем высоту уровня глаз человека) [7, с. 144]. Под действием такого слабого ветра над поверхностью снега появляются и стелятся тонкие, почти прозрачные, непрерывно меняющиеся снежные струйки, состоящие из метелевых частиц размером от 0,01 мм и более (рис. 3.1). Расстояние и объем переноса снега при поземке незначительны, поэтому самостоятельно он не вносит существенного вклада в образование снежных заносов [25, с. 127].



Рис. 3.1. Поземок на дороге [26]

Нередко поземок превращается в низовую метель. Такая метель, также как и поземок, наблюдается без снегопада (а иногда даже в солнечную погоду), но в отличие от него она образуется при усилении ветра до 10-15 м/с и более. Причем слой переноса снега при этом тоже увеличивается до нескольких метров, а при очень сильных ветрах может достигать несколько десятков метров.

Такая интенсивная низовая метель, при которой плотные снежные вихри, заполняющие все окружающее воздушное пространство, поднимают огромные массы снега и существенно снижают видимость, представляет опасность не только для движения транспорта, но и для жизни человека застигнутого ненастной погодой (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Низовая метель [26]**

Помимо выше рассмотренных явлений в атмосфере можно наблюдать случаи, когда одновременно наблюдаются и сильный ветер, и сильный снегопад.

Тогда снег, падающий сверху из облаков, перемешивается в приземных слоях воздуха со снегом, поднятым ветром с поверхности земли. Такие общие метели отличаются от низовых, прежде всего, более мощными снежными заносами, которые образуются не столько из-за переноса снега ветром из других мест сколько из-за обильных снегопадов (рис. 3.3).

Причем, характерные для них заносы и завалы из мокрого тяжелого снега представляют особую опасность для транспорта, систем связи, жилых и промышленных зданий.



**Рис. 3.3. Общая метель [26]**

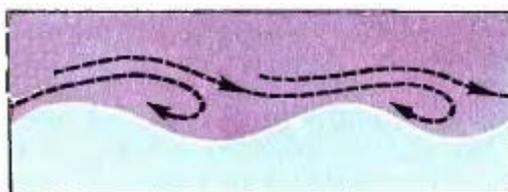
Исследование микроструктуры динамики частиц снега, поднимаемых ветром со снежного покрова при метелях, показало, что после отрыва они могут совершать три типа движения [10, с. 129]. В тонком приземном слое воздуха, имеющем толщину не более сантиметра, происходит «влечение» частиц вдоль поверхности снега. В слое до высоты порядка метра, а в отдельных случаях до нескольких метров, наблюдаются их «прыжки». Еще выше можно видеть лишь «витание» метельных частиц в воздушных потоках. Выявлено, что основная масса снега переносится при низовой метели в слое воздуха, верхняя граница которого находится на высоте всего 20-30 см, то есть не более метра от поверхности снежного покрова. Это свидетельствует о том, что прыжки (в переводе с итальянского «сальтация») метельных частиц являются основным типом движения при низовых метелях.



**Рис. 3.4. Волны на снегу после метели [26]**

При низовой метели на открытой равнинной местности формируются

снежные волны (рис. 3.4) . Зарождение их объясняется тем, что прыжки метельных частиц имеют вполне определенную среднюю дальность, где они скапливаются. Поэтому длина снежной волны соответствует длине прыжка. Чем больше скорость ветра, тем дальше сальтируют метельные частицы и тем более длинной будет снежная волна. Из наблюдений следует, что волны, возникающие на снегу после сильных метелей, имеют длину от нескольких метров до нескольких десятков метров (в зависимости от силы ветра). Но кроме сальтации на формирование волнообразного рельефа метельного заснеженного поля влияют и воздушные завихрения (рис. 3.5). В результате их гребни волн на снегу нарастают с подветренной стороны. В то же время под давлением ветрового потока и вследствие бомбардировки метельными частицами наветренные склоны гребней непрерывно выветриваются и, наоборот, теряют снежный покров. В результате возникает медленное перемещение гребней снежных волн по направлению ветра. Эти завихрения делают волнообразный рельеф снежного поля более выраженным, углубляя ложбины и увеличивая высоту гребней волн.



**Рис. 3.5. Схема завихрений на поверхности снега при метелях [26]**

Интенсивность образования и деформации снежных волн под влиянием ветра и атмосферной турбулентности определяет и другие важные параметры и процессы снегопереноса. Когда метельная частица вырывается из снега на наветренном склоне волны и пролетает какое-то расстояние по горизонтали, то, падая на соседние наветренные гребни, она выбивает из них несколько новых частиц снега. Постепенно, от прыжка к прыжку, общее число метельных частиц в атмосфере будет нарастать. Поэтому по мере развития метели будет расти и масса взвешенного в воздухе снега. Но в какой-то момент транспортирующая способность ветрового потока должна достичь своего предельного значения.

После этого, то есть, когда метель становится «насыщенной», количество метельных частиц в воздухе будет оставаться в среднем одним и тем же. Длина пути, на котором достигается насыщение метели снегом, называется длиной зоны разгона. В связи с тем, что по мере воздействия ветра на поверхность снежного покрова он уплотняется, длина зоны разгона метели растет. Она обычно составляет 100 - 500 м.

Для того, чтобы оценить, как далеко переносится снег метелью, следует иметь в виду, что зона разгона – лишь часть пути снегопереноса. В этой зоне в воздух поднимается больше снега, чем падает обратно на снежную поверхность. Поэтому постепенно снег все более выметается из зоны разгона, так что кое-где снежный покров может вообще исчезнуть. За пределами этой зоны, где транспортирующий поток метели становится насыщенным (максимальным), снег продолжает переноситься ветром дальше. Расстояние, на которое насыщенный поток перенесет снег перед его падением на землю, будет зависеть от нескольких факторов. Одним из них является процесс испарения летящих метельных частиц, вследствие чего предельная дальность их переноса ограничивается несколькими километрами. Но определяющими факторами являются скорость ветра и степень неоднородности (шероховатости) подстилающей поверхности. Чем сильнее насыщенный ветровой поток, тем дальше и больше переносится снега. Если же на пути метели встречаются какие-нибудь искусственные или природные препятствия, например, строения, заборы, деревья, кустарники холмы, благодаря которым горизонтальная скорость ветра уменьшается, то немедленно начинается активное выпадение снега на землю, образуя около них снежные заносы.

Во время интенсивной метели в атмосфере стремительно переносятся огромные массы снега. При этом наблюдается трение частиц о поверхность земли, о воздух, а также столкновения частиц друг с другом, что приводит к электризации метельных частиц. Поэтому на них могут накапливаться значительные заряды, способствующие увеличению напряженности электрического поля вблизи земной поверхности. Известно, что при грозе по

сравнению со спокойной и чистой атмосферой напряженность поля возрастает в сотни и тысячи раз. Примерно то же, хотя и в меньшей мере, может происходить с изменением электрического потенциала атмосферы во время очень сильной метели. Некоторые исследователи считают, что в подобных случаях метели являются дополнительными причинами, образования зимних гроз, сопровождающихся молниями. Причем, считается, что вследствие значительного ухудшения электроизоляционных свойств воздуха во время метели возникает повышенная вероятность «пробоя» на современных линиях электропередач. Но помимо косвенного влияния переноса снега метелями на зимние грозовые процессы выявлено, что при этом наблюдается и обратный эффект. Он заключается в том, что в зависимости от направления приземного электрического поля и знака зарядов, накапливающихся на метельных частицах, электрические силы будут либо «прижимать» частицы к земле, либо, напротив, «приподнимать» их над землей. Тем самым предполагается, что метельное электричество оказывает определенное влияние на характер и интенсивность снежных заносов. Однако этот эффект до конца не исследован и требует дальнейшего изучения. Электризация метельных частиц (частиц пыли) приводит к появлению дополнительных (электрических) сил, действующих на эти частицы. Тем самым метелевое электричество оказывает определенное влияние на характер и интенсивность снежных заносов. В зависимости от направления приземного электрического поля и знака зарядов, накапливающихся на метельных частицах, электрические силы будут либо «прижимать» частицы к земле, либо, напротив, «приподнимать» их над землей. Одно время возлагались надежды на то, что метелевое электричество будет способствовать приподниманию частиц вверх и тем самым уменьшит опасность снежных заносов. Однако, как показали исследования, в большинстве случаев наблюдается эффект «прижимания» частиц к земле. Метелевое электричество особенно опасно для современных линий электропередач. Вследствие значительного ухудшения электроизоляционных свойств воздуха во время метели возникает опасность пробоя.

### 3.2 Метод количественной оценки объемов переносимого снега при метелях

В предыдущей главе дан анализ распределения на Кубани статистических и временных характеристик метелей. Эти результаты исследований позволили создать климатическую модель их образования и пространственно-временной изменчивости. Они представляют интерес, главным образом, с научной точки зрения, так как их учет помогает оценить вероятность возникновения и развития этого опасного погодного явления, а, следовательно, повысить эффективность его прогноза. Вместе с тем, очевидно, что использование «напрямую» полученных нами статистических и вероятностных характеристик метелей при решении практических задач по метеорологическому обеспечению автомобильного и железнодорожного транспорта затруднительно. Опасность метелей проявляется в том, что они переносят ветром массы снега и откладывают их на дорогах, вызывая неблагоприятные для работы транспорта заносы. Поэтому необходимо количественно оценивать климатические параметры снежных заносов и, прежде всего, определять интенсивность и объемы переносимого снега при метелях.

Для этой цели ранее были проведены многие исследования и разработаны различные методы, из которых наиболее простым, использующим доступную исходную метеорологическую информацию, является метод, предложенный Д.М. Мельником [17, с. 7].

Согласно его расчет интенсивности переноса снега определяется как количество снега в граммах, переносимое снегонесущим потоком через площадку шириной 1 см и высотой 200 см за единицу времени (одну минуту). Очевидно, что она должна быть пропорциональна кинетической энергии ветра:

$$I = kmv^2/2 \text{ г/(см·мин)}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности,

$m$  – масса воздуха, проходящего через площадь сечения  $S = 200 \text{ см}^2$  за единицу времени,

$v$  – скорость ветра.

Подставляя в формулу выражение для массы воздуха как  $m = \rho v S$  (где  $\rho$  – плотность воздуха в  $\text{г/см}^3$ ), получим:

$$I = k\rho v^2 S/2 \quad (2)$$

Если учесть, что  $S = 200 \text{ см}^2$  и, что остальные величины (кроме  $v$ ) постоянные, то формулу можно представить в виде:

$$I = C v^3 \quad (3)$$

где  $C$  – коэффициент пропорциональности.

Таким образом, интенсивность переноса снега при метелях пропорциональна кубу скорости ветра.

Если перенос снега выразить в единицах объема ( $\text{м}^3$ ) на единицу пути ( $\text{м}$ ) в единицу времени (час) и принять плотность снега  $\rho = 0,17 \text{ г/см}^3$ , то:

$$C = 0,00046 \text{ м}^3/\text{пог. м.} \cdot \text{ч.}$$

Тогда окончательный вид формулы для определения интенсивности переноса снега будет:

$$I = 0,00046 \cdot v^3, \text{ м}^3/\text{пог. м.} \cdot \text{ч} \quad (4)$$

где  $v$  – скорость ветра на уровне 10 м над землей.

Кроме интенсивности переноса снега рассчитывается и общее количество (объем) переносимого снега за время метели:

$$Q = I \cdot \tau, \text{ м}^3/\text{пог. м.} \quad (5)$$

или, подставляя значение  $I$ , получим:

$$Q = 0,00046 \cdot v^3 \cdot \tau, \text{ м}^3/\text{пог. м.} \quad (6)$$

где  $\tau$  – непрерывная длительность метели в часах.

Приведенная методика расчетов интенсивности и объема снегопереноса не вызывает затруднений, если эти параметры требуется определить для конкретной метели. В этом случае необходимо лишь располагать информацией о ее непрерывной продолжительности, а также о ветре во время метели. Однако такие исходные данные по каждой метели за многолетний период обычно отсутствуют. Потребители метеопродукции, как правило, имеют доступ лишь к результатам метеорологических наблюдений, представленных в климатических справочниках в обобщенном виде. То есть в виде таблиц вероятностей и статистических характеристик (средних значений, дисперсий, коэффициентов вариации и др. параметров).

К сожалению, такая количественная информации непосредственно по снегопереносу в Климатических справочниках тоже не приводится. Тем не менее, для ее получения можно выполнить расчеты, располагая таблицами справочников. Например, для расчета средней интенсивности и среднего объема снегопереноса за зиму или за многолетний период следует использовать следующие формулы:

$$I_{\text{cp}} = (0,00046 / \sum p_i) \cdot \sum (\Delta_i v^3 \cdot p_i) \quad (7)$$

Где  $I_{\text{cp}}$  – средняя интенсивность снегопереноса в  $\text{м}^3/\text{пог. м.} \cdot \text{ч}$ ,

$\Delta_i v^3$  – куб середины  $i$ -ой градации скорости ветра при метелях (начиная с градации 6-9 м/с) в табл.5 раздела 3 (Метели) климатического справочника,

$p_i$  и  $\sum p_i$  – соответственно вероятность  $i$ -ой градации скорости ветра при метелях (начиная с градации 6-9 м/с) и сумма вероятностей всех градаций скорости ветра при метелях (кроме градации  $< 6$  м/с).

$$Q_{\text{ср}} = I_{\text{ср}} \cdot \tau_{\text{ср сум}}, \quad (8)$$

где  $Q_{\text{ср}}$  – средний объем за зиму или за многолетний период снеготранспорта в  $\text{м}^3/\text{пог. м}$ ,

$I_{\text{ср}}$  - средняя интенсивность снеготранспорта в  $\text{м}^3/\text{пог. м} \cdot \text{ч}$ ,

$\tau_{\text{ср сум}}$  – суммарная за зиму или за многолетний период длительность метелей в часах.

### 3.3 Особенности распределения снеготранспорта по территории

Используя рекомендуемые выше формулы, нами выполнены расчеты  $I_{\text{ср}}$  и  $Q_{\text{ср}}$ , результаты которых представлены в двух последних столбцах табл. 3.1. К сожалению, в справочниках информация о повторяемости различных скоростей ветра при метелях, необходимая для расчетов  $I_{\text{ср}}$  и  $Q_{\text{ср}}$ , приводится по весьма ограниченному числу метеостанций.

Для территории Краснодарского края таких пунктов всего четыре (Тихорецк, Краснодар Армавир Ачишхо). Разумеется, что проводить анализ распределения характеристик снеготранспорта по территории и делать какие-либо выводы, привлекая для этого лишь четыре пункта наблюдений, практически невозможно.

Поэтому с целью расширения списка метеостанций, которые можно дополнительно использовать для климатической обработки данных по метелям, нами рассмотрен вопрос о возможности выполнения косвенных расчетов параметров переноса снега.

Обычно методика косвенных расчетов основана на статистической связи искомой величины с различными метеорологическими или климатическими факторами [13, с.97].

Причем, эта связь должна быть достаточно тесной, иначе погрешность косвенных расчетов будет существенной, а, следовательно, и неприемлемой для решения прикладных задач при метеорологическом обеспечении потребителей.

Таблица 3.1

Средние годовые значения характеристик условий местоположения МС (высота над уровнем моря  $H$ ; класс местоположения МС по В.Ю. Милевскому  $K$ ), скорости ветра ( $V_{cp}$ ), метелей ( $N_{cp}$ ;  $\tau_{sum\ cp}$ ;  $\tau_{непр\ ср}$ ) и переноса ими снега ( $J_{cp}$ ;  $Q_{cp}$ )<sup>8</sup>

Метеостанция, (МС)	Условия местоположения МС		$V_{cp}$ , м/с	Характеристики метелей			Характеристики Снегопереноса	
	$H$ , м	$K$ , балл		$N_{cp}$ , Дни	$\tau_{sum\ ср}$ , час	$\tau_{непр\ ср}$ , час	$J_{cp}$ , м <sup>3</sup> /пог. м · ч	$Q_{cp}$ , м <sup>3</sup> /пог. м
Волгоградская область								
Урюпинск	98	7а-8а	4,5	24	192	7,7	1,0	193
Серафимович	124	6а-9а	4,7	20	127	6,4	0,9	115
Эльтон	5	7б	3,9	15	102	4,9	0,6	64
Ростовская область								
Ростов-Дон	66	7б	4,6	13	97	8,1	1,3	123
Целина	111	6а-7а	5,1	12	138	11,5		116*
Астраханская область								
Верхний Бас.	34	5б, 7б	4,4	13	80	6,2	0,8	65
Астрахань, Г	-22	6б-7б	4,4	14	32	6,5	1,2	39
Калмыкия								
Яшкуль	-7	7б	4,3	12	86	7,2	0,7	63
Башанта	87	6б-7б	5,4	13	130	10,0	1,4	185
Нарын-Худук	-19	6б-7б	4,7	4	36	9,0	1,3	47
Краснодарский край								
Тихорецк	77	6б-7б	5,1	12	105	8,8	1,2	123
Краснодар	29	6б-7б	2,5	5	60	7,5	0,6	36
Армавир	158	7а-8а	4,9	13	88	6,8	1,8	155
Ачишхо	1880	4γ	2,3	29	175	7,6	0,8	135
Старо-Минс.	38	5б, 6б	3,4	7	68	9,7		57*
Приморско-А	5	(5-7)б	5,4	6	40	6,7		34*
Тимашевская	20	5б, 6б	4,1	7	52	7,4		44*
Кропоткин	105	(5-7)б	2,9	7	48	6,8		40*
Славянск-на.	7	5б, 6б	3,4	6	37	6,2		31*
Тамань	13	7а, 8а	5,4	3	26	8,7		22*
Майкоп	212	6б, 7б	2,9	6	29	4,8		24*
Мархотск. П.	432	7а, 11а	9,3	13	102	7,8		86*
Отрадная	443	(5-7)б	2,7	5	23	4,6		19*
Гойтх	325	6в, 4γ	3,4	2	12	6,0		10*

<sup>8</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

**Продолжение таблицы 3.1**

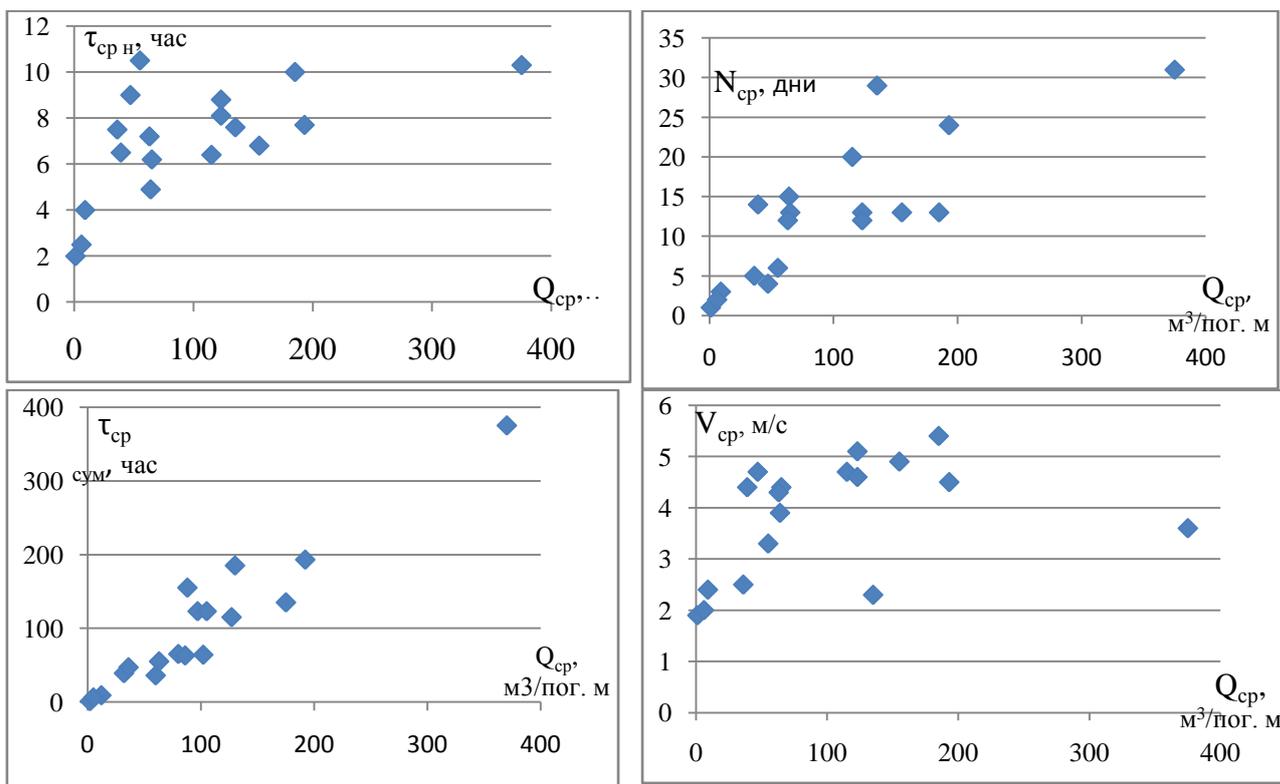
Зубровый П.	1442	4γ	1,4	3	22	7,3		19*
Гузерибль	668	4γ	1,5	10	61	6,8		51*
Ставропольский край								
Благодарное	158	7б	3,3	6	63	10,5	0,9	55
Кисловодск	890	6в	2,4	3	12	4,0	0,8	9
Бермамыт	2583	8а	3,6	31	370	10,3	1,0	375
Арзгир	78	4в, 5в	3,2	4	48	12,0		40*
Светлоград	131	5в, 6в	3,6	6	48	8,0		40*
Ставрополь	473	8а	4,4	16	130	8,1		109*
Прикумск	116	(5-7)б	4,2	11	77	7,0		65*
Курсавка	411	(4-6)в	3,3	14	125	8,9		105*
Овцесовхоз	89	7б	3,5	6	37	6,2		31*
Дивное	86	(5-7)б	3,7	11	82	7,4		69*
Черкеск	525	(5-7)б	3,0	11	69	6,3		58*
Республика Северная Осетия - Алания								
Владикавказ	668	4γ, 5б	1,9	1	2	2,0	0,6	1
Чеченская республика								
Грозный	123	6б, 7б	2,0	2	5	2,5	1,1	6

Примечание: результаты расчетов в последнем столбце табл. 3.1, отмеченные \*, получены косвенным способом

В связи с этим в качестве потенциальных факторов, влияющих на величину переноса снега метелями, нами рассмотрены следующие: средняя непрерывная и суммарная длительность метелей, среднее число дней с метелями и средняя скорость ветра в данном пункте. Причина предварительного выбора именно этих характеристик не случайна. Из анализа процессов, благоприятных для образования и развития снежных заносов, проведенного нами в предыдущих главах дипломной работы, было установлено, что наиболее интенсивный перенос снега наблюдается в местах, где велика повторяемость, продолжительность метелей и скорость снегонесущего потока. При этом учитывалось и то, что предложенные нами четыре параметра для оценки их влияния на снегоперенос приводятся в справочниках для сравнительно большого количества метеостанций (на Кубани для 16 МС).

На следующем этапе создания косвенного метода расчета было

необходимо из предварительно рассмотренных четырех факторов выбрать один, наиболее информативный. С этой целью, используя программы Microsoft Excel 2010, нами построены соответствующие графики связи  $\tau_{\text{непр ср}}$ ,  $\tau_{\text{сум ср}}$ ,  $N_{\text{ср}}$  и  $V_{\text{ср}}$  с  $Q_{\text{ср}}$  (рис. 3.1). Причем, для обеспечения более надежной статистической зависимости  $Q_{\text{ср}}$  от этих параметров при построении графиков дополнительно использовались результаты расчетов  $Q_{\text{ср}}$ , выполненные нами еще по 14 метеостанциям региона Северного Кавказа (имеющих необходимую информацию для «прямых» расчетов  $Q_{\text{ср}}$ ).



**Рис. 3.6. Зависимость среднегодового объема снеготранспорта ( $Q_{\text{ср}}$ ) при метелях от их непрерывной ( $\tau_{\text{ср н}}$ ), суммарной ( $\tau_{\text{ср сум}}$ ) продолжительности и числа дней с ними ( $N_{\text{ср}}$ )<sup>9</sup>**

Визуальный анализ распределения точек (квадратиков) на графиках рис. 3.6 позволяет сделать вывод, что наибольший их разброс соответствует взаимосвязи  $Q_{\text{ср}}$  и  $V_{\text{ср}}$ . Немного плотнее распределились точки зависимости объема снеготранспорта ( $Q_{\text{ср}}$ ) от непрерывной продолжительности метелей ( $\tau_{\text{непр ср}}$ ) и числа дней с ними ( $N_{\text{ср}}$ ). Причем на всех этих графиках прослеживается

<sup>9</sup> Диаграммы составлены по данным, полученным в процессе исследования

нелинейная связь. В то же время даже глазомерно нетрудно заметить, что наиболее тесную связь (причем линейную) с  $Q_{cp}$  обеспечивает суммарная продолжительность ( $\tau_{сум\ ср}$ ) метелей. Для количественной оценки этой связи были рассчитаны коэффициент корреляции ( $r$ ) и его погрешность ( $\sigma_r$ ):

$$r = \frac{\sum [(Q_i - Q_{cp}) \cdot (\tau_{i\ сум} - \tau_{ср\ сум})]}{[(n - 1) \cdot \sigma_Q \cdot \sigma_\tau]} \quad (9)$$

где  $\sum$  - сумма по  $i$  (количеству всех используемых в расчетах метеостанций),  
 $Q_i$  и  $\tau_{i\ сум}$  - соответственно годовые значения объема снеготранспорта и суммарной продолжительности метелей,

$$\sigma_Q = [\sum (Q_i - Q_{cp})^2 / (n - 1)]^{1/2}, \quad \sigma_\tau = [\sum (\tau_{i\ сум} - \tau_{ср\ сум})^2 / (n - 1)]^{1/2} \quad (10)$$

где  $\sigma_Q$  и  $\sigma_\tau$  - соответственно средние квадратические отклонения объема снеготранспорта и суммарной продолжительности метелей за год,

$n$  - количество метеостанций.

$$\sigma_r = (1 - r^2) / (n - 1)^{1/2} \quad (11)$$

Результаты расчетов по вышеприведенным формулам показали, что коэффициент корреляции между  $\tau_{ср\ сум}$  и  $Q_{cp}$  составляет 0,84, а его погрешность - 0,07 ( $r = 0,84 \pm 0,07$ ).

Таким образом, регрессионное уравнение для восстановления значений среднего за год объема снеготранспорта при метелях по известной среднегодовой суммарной продолжительности ( $\tau_{сум\ ср}$ , час) будет иметь вид:

$$Q_{cp} = (0,84 \pm 0,07) \cdot \tau_{сум\ ср}, \quad \text{м}^3/\text{пог. м} \quad (12)$$

Используя полученное нами уравнение регрессии, были выполнены косвенные расчеты средних объемов снеготранспорта еще для 12 метеостанций

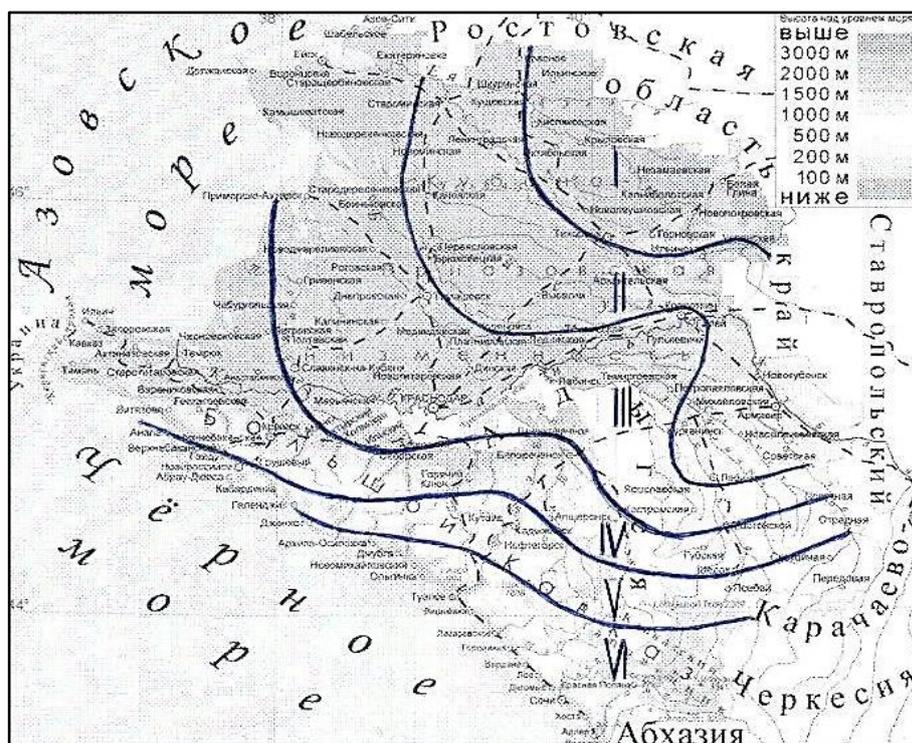
Кубани. Кроме того, для уточнения схемы распределения этого параметра по территории края регрессионная зависимость использовалась также для расчетов  $Q_{cp}$  в отдельных пунктах сопредельных регионов (табл. 3.1).

Из табл. 3.1 следует, что на Кубани интенсивность снеготранспорта колеблется от  $0,6 \text{ м}^3/\text{пог. м} \cdot \text{ч}$  в Краснодаре, где наблюдаются сравнительно небольшие скорости ветра ( $V_{cp} = 2,5 \text{ м/с}$ ), до  $1,2 \text{ м}^3/\text{пог. м} \cdot \text{ч}$  в Тихорецке и даже до  $1,8 \text{ м}^3/\text{пог. м} \cdot \text{ч}$  в Армавире. В этих пунктах средние скорости ветра в 2 раза выше ( $V_{cp} = 4,9 - 5,1 \text{ м/с}$ ), чем в Краснодаре.

Еще больше меняется от пункта к пункту количество снега, переносимое ветром при метелях (табл. 3.1). Так на метеостанции Гойтх, расположенной на возвышенной территории (325 м) западных предгорий Кавказа, но защищенной почти со всех сторон препятствиями, находящимися выше 10 м (выше высоты установки ветроизмерительного прибора), за зиму переносится всего  $10 \text{ м}^3/\text{пог. м}$  снега. Это объясняется рядом факторов, основными из которых помимо защищенности является сравнительная близость пункта от побережья Черного моря. Лишь в Сочи и на другой местности, расположенной рядом, где метели наблюдаются реже, чем один раз в 5 лет, снеготранспорт еще меньше или близок к нулю. В тоже время на метеостанциях Тихорецк, Армавир и Ачишхо метели за холодный период переносят более  $100 \text{ м}^3/\text{пог. м}$  снега. Каждый из этих пунктов имеет свои основные причины, которые приводят к усиленному снеготранспорту.

В Тихорецке и Армавире ими являются длительные периоды с отрицательной температурой воздуха и сильные ветры, а в Ачишхо – условия местоположения на вершине горы. В результате выполненного анализа распределения снеготранспорта нетрудно заметить общую тенденцию уменьшения его величины с северо-востока территории на юго-запад. Похожая закономерность отмечается и на рис. 3.7, где представлена особенность изменчивости по территории числа дней с метелью.

Именно в этом направлении повышается температура воздуха, уменьшается повторяемость циклонов и ослабевает скорость ветра.



**Рис. 3.7. Схематическое районирование Кубани по режиму метелей и объему снегопереноса [23, с. 158]**

**Таблица 3.2**

**Схематическое районирование Кубани по режиму метелей и снегопереноса<sup>10</sup>**

№ Района	Характеристика районов	Параметры метелей и снегопереноса		
		Среднегодовое число дней с метелью	Среднегодовая суммарная длительность метелей, ч	Среднегодовой снегоперенос, м <sup>3</sup> /пог. м
1	СВ часть Прикубанской низменности (южная граница по линии: Куцевская–Челбаская–Тихорецк–Успенская). ЮВ оконечность Закубанской равнины	> 10	> 100	> 100
2	Центральная и ЮВ части Прикубанской низменности. Восточная часть Закубанской равнины (южная граница по линии: Староминская–Каневская–Тимашевская–Лабинск)	7,5-10	60-100	50-100

<sup>10</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Продолжение таблицы 3.2

3	Ейский полуостров, северная и центральная части Приазовской низменности, ЮЗ часть Прикубанской низменности, С и ЮВ части Закубанской равнины (южная граница по линии: Приморско-Ахтарск-Славянск-на-Кубани-Краснодар-Бело-реченск- Мостовское-Отрадная)	5-7,5	35-59	30-50
4	Таманский полуостров, ЮЗ часть Приазовской низменности, З и Ю части Закубанской равнины, СВ предгорья хребтов Кавказа (южная граница по линии: Анапа-Горячий Ключ-Апшеронск-Передовая)	3-5	24-34	20-30
5	ЮЗ предгорья Кавказского хребта до границы с Карачаево-Черкесией в верховьях р. Большая Лаба	2-3	8,5-23	10-20
6	Побережье Черного моря от Геленджика до Сочи, ЮЗ предгорья Кавказского хребта до границы с Карачаево-Черкесией в районе верховий р. Большая Лаба	< 2	< 8,5	< 10

Выявленные особенности пространственно-временной структуры метелей и связанного с ними снегопереноса позволили провести схематическое («фонное») районирование территории Краснодарского края по климатическому режиму этих опасных явлений (табл. 3.2 и рис. 3.2).

## Заключение

В результате выполненной работы сделаны следующие основные **выводы**:

1. На территории Кубани образование и развитие опасных метелей связано с несколькими типами синоптических процессов, среди которых можно выделить четыре:

- выход на Черное море южных циклонов и наличие отрога обширного сибирского антициклона;
- выход южных черноморских циклонов и расположение антициклона на западе России;
- продвижение к востоку или северо-востоку западных циклонов;
- образование и воздействие на погоду «ныряющих» северо-западных и северных циклонов;

2. В дипломной работе установлено, что в пунктах, расположенных на ровной местности, но окруженных невысокими многочисленными (Старо-Минская, 5б-6б) или даже единичными (Дивное, 6б-7б) препятствиями метели продолжаются на 5-21% меньше, чем там, где нет препятствий (Яшкуль, 7б). Наоборот, на выпуклой поверхности с отсутствием (Элиста, 8а) и даже наличием аналогичных препятствий (Ремонтное, 6а-7а и Целина, 7а-8а) метели продолжаются дольше, чем на открытом ровном месте (Яшкуль, 7б) на 140 - 235%;

3. Кроме защищенности местности на метелевую деятельность оказывает влияние высота над уровнем моря. Полученные результаты свидетельствуют, что число дней с метелями растет от 6 на высотах 90-100 м (Усть-Лабинск, Первомайская) до 29 на уровне около 2000 м (Ачишхо);

4. В результате климатологической обработки данных наблюдений установлено, что в правобережной равнинной части бассейна реки Кубани (Краснодар, Тихорецк) направление снегопереноса почти в 80% всех случаев осуществляется ветрами восточного и северо-восточного направлений. В

южной части Краснодарского края со сложным и горным рельефом метелеобразующими ветрами являются юго-восточные (42-50%) и отчасти восточные (13-16%) или западные (5-19%);

5. Наиболее благоприятным для образования метелей и снегопереноса является диапазон ветров от 6 до 17 м/с. Его доля составляет от 90% и более от общего случаев с метелями на равнинной части края до 63% и менее на юго-востоке горного Кавказа;

6. Чаще всего при метелях наблюдается температура воздуха от 0 до 15°C (от 82% в Тихорецке и в Краснодаре до 97% в Ачишхо). Значительно реже (5-15%) метелевый перенос снега осуществляется при более холодной (15-25°C) погоде и очень редко (не более, чем в 3%) при положительной температуре;

7. Опасность метелей связана, главным образом, с переносом большого количества снега и образованием снежных заносов на дорогах. Поэтому в дипломной работе выполнены расчеты средней интенсивности и среднего за год объема снегопереноса. Анализ распределения результатов расчета и изменчивости статистических характеристик метелей позволил впервые для данной территории произвести ее схематическое районирование. Всего выделено 6 районов с различной повторяемостью, продолжительностью метелей и различным объемом переносимого снега (табл. 3.2). Наиболее активная метелевая деятельность наблюдается в 1-ом и во 2-ом районах, занимающих большую часть центральной и восточной части Прикубанской низменности. Здесь в среднем наблюдается от 7, 5 до 10 и более дней с метелями за год, суммарная продолжительность которых составляет 60-100 и более часов, а объем переносимого снега – 50-100 и более м<sup>3</sup>/ пог. м. В этих районах необходимо в первую очередь проводить мероприятия по снегозащите в первую очередь.

## Список использованной литературы

1. Аккуратов В.Н. Прогноз наступления лавинной опасности по величинам метелевого переноса и температурного сжатия снега. // Вопросы использования снега и борьба со снежными заносами и лавинами. - 1956. - С. 167-183.
2. Альтшуллер З.Е. О коэффициенте насыщенности метели в горных районах // Труды НИИЖТ. - 1974. - Вып.159. - С. 128-140
3. Бялобжеский Г.В. Борьба со снегом на автомобильных дорогах. // Вопросы использования снега и борьба со снежными заносами и лавинами. - 1956. - С.82-89.
4. Головина И.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. – СПб.: Изд-во РГГМИ, 1993. – 90 с.
5. Голубев В.Н., Петрушина М.Н., Фролов Д.М. Закономерности формирования стратиграфии снежного покрова // Лед и снег. - 2010.- Вып. 1 (109). - С.58-72.
6. Гришин И.С. Связь метелевого переноса с продолжительностью метелей // МГИ. - 1973. - вып.21. - С. 96-101
7. Дробышев А.Д, Кошинский С.Д. и др. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала. Ч.1. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 383 с.
8. Дробышев А.Д. Оценка влияния местных условий на ветровой режим юго-востока Западной Сибири// Анализ и прогноз гидрометеорологических элементов. Вопросы охраны атмосферы.- Пермь, ПГУ, 1994. - С. 96-111.
9. Дробышев А.Д. Энергия солнца и ветра в Краснодарском крае, условия ее утилизации. Монография. – СПб.: РГГМУ, 2014. – 276 с.
10. Дюнин А.К. Механика метелей. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963. – 378 с.
11. Дюнин А.К. Структура метелевого снега и закономерности снеговетрового потока // Вопросы использования снега и борьба со снежными заносами и лавинами. - 1956. - С. 106-119.

12. Дюнин А.К., Комаров А.А., Исаенко Э.П. Особенности формирования снежного покрова в горах под действием метелей // Проблемы гляциологии Алтая. Материалы научной конференции, Томск. - 1972. - С. 78-79.
13. Кобышева Н.В. Косвенные расчеты климатических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 182 с.
14. Котляков В.М., Пламм М.Я. К методике метелемерных измерений // МГИ. - 1965.-Вып.11. - С.187-191.
15. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.
16. Мельник Д.М. Количественная оценка переноса снега при метелях. - Л.: ГИМИЗ, 1967. - 29 с.
17. Мельник Д.М. О законах переноса снега и их использовании в снегоборьбе. // Техника железных дорог – 1952. - № 11. - С. 5 - 7.
18. Михель В.М. К методике климатической характеристики метелей. // Труды ГГО. – 1975. - вып. 334. – С. 119-127.
19. Михель В.М., Руднева А.В., Липовская В.И. Переносы снега при метелях и снегопадах на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 204 с.
20. Нагалецкий Ю.Я., Чистяков В.И. Физическая география Краснодарского края: учеб. пособие. – Краснодар: «Северный Кавказ», 2003. – 256 с.
21. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат. Ч. 1-6. Вып. 13, 1990. - 724 с.
22. Справочник по климату СССР. Выпуск 13, ч. 3. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 331 с.
23. Справочник по климату СССР. Выпуск 13, ч. 5. Облачность и атмосферные явления. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 363 с.
24. Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 320 с.
25. Хромов С.П. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.
26. Электронная энциклопедия «Википедия». [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 12.02.2016).