



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Условия образования гололедных явлений на территории

Республики Башкортостан»

Исполнитель

Полякова София Михайловна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Волобуева Ольга Васильевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«17» июня 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Условия образования гололеда	5
1.1 Гололед как природное явление	5
1.2 Виды гололедных явлений, условия их образования	7
1.3 Опасность гололеда	11
1.4 Методы борьбы с гололедом	13
2. Методы прогнозирования гололеда	16
2.1 Синоптический метод прогноза	16
2.2 Метод Ягудина	18
3. Исследование условий образования и прогноз гололеда на территории Республики Башкортостан	21
3.1 Климат Республики Башкортостан	21
3.2 Годовой ход распределения случаев гололеда	23
3.3 Типовые синоптические ситуации при образовании гололеда	29
3.4 Прогноз гололеда	30
Заключение	37
Список используемой литературы	40

ВВЕДЕНИЕ

Теплая зима, ледяные дожди, резкие перепады температур или наступление весенней капели с ночными заморозками почти всегда сопровождается гололедицей или гололедом. Разница между этими явлениями заключается лишь в плотности образовавшегося льда на тротуаре, земле, проезжей части или взлетно-посадочной полосе. Гололедные явления представляют собой опасное и необходимое для изучения явление, которое наблюдается во многих регионах России.

Республика Башкортостан имеет умеренный климат с атлантико-континентальным характером, что приводит к резким изменениям погоды в осенне-зимний период. В эти месяцы на территории республики наблюдается усиление ветра, сильные осадки, налипание мокрого снега, гололед, метели, снегопады, туманы и морозы.

Образование гололеда является серьезной угрозой для жителей и экономики Республики Башкортостан. Изучение гололедных явлений имеет важное значение для разработки методов предотвращения и уменьшения их негативного воздействия на жизнь и экономику региона. Также важно разрабатывать технологии и методы борьбы с гололедом.

Следовательно, тема исследования является *актуальной*, так как гололедные явления являются важным и опасным явлением, которое требует постоянного изучения и контроля. От различных способов прогнозирования и разработки эффективных методов борьбы с гололедом зависит безопасность и комфортность жизни людей, а также экономический потенциал региона.

Цель – исследование условий образования гололеда на территории Республики Башкортостан.

Объект исследования – территория Республики Башкортостан.

Предмет – гололед как природное явление.

Задачи:

- рассмотреть условия образования, виды и опасность гололеда;
- описать методы прогнозирования гололеда;
- исследовать условия образования гололеда на территории Республики Башкортостан;
- апробировать метод прогноза гололеда для исследуемой территории.

Исследования проводились на основании информации из следующих источников: журнал штормовых предупреждений WAREP, синоптические карты за период 2018 – 2020 гг. (сайт Гидрометцентра России: <https://meteoinfo.ru/>), данные температурно-ветрового зондирования (сайт University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>), а также расписание погоды (https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Деме).

Структура работы включает в себя: введение, основную часть, состоящую из трех глав и заключение.

В первой главе рассматривается понятие гололеда как природного явления и его виды, условия образования и опасность гололеда. Во второй главе представлены методы прогнозирования гололеда (на примере метода Ягудина и синоптического метода прогноза). В третьей главе исследован климат Республики Башкортостан, годовой ход распределения случаев гололеда, типовые синоптические ситуации образования гололеда и апробирован метод прогноза гололеда.

ГЛАВА 1 УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОЛОЛЕДА

1.1 Гололед, как природное явление

Вид наземного обледенения определяют по текстуре отложения. Наиболее распространенными типами обледенения, с практической точки зрения, являются гололёд, изморозь, мокрый снег и замёрзшие мокрого снега.

Гололёд – ледяная корка, образующаяся при отрицательных температурах в результате намерзания капель дождя (тумана, мороси), покрывающая всю поверхность земли.

Намерзание льда происходит за счёт соударения переохлаждённых частиц воды с охлаждёнными поверхностями, вследствие замерзания формируется слой наледи. Выпадение мелких капель воды образуют матовую наледь.

Главная опасность гололеда заключается в том, что это явление создает очень скользкую и опасную поверхность, которая может быть практически невидимой, тем самым увеличивая риск образования чрезвычайных ситуаций.

Для предотвращения таких случаев, вызванных гололедом, ведется постоянный мониторинг окружающей среды, что позволяет произвести оценку опасности и риска, разработку защитных мероприятий и способы управления геологической и гидрометеорологической средой с целью недопущения (или минимизации) негативных проявлений опасных природных процессов.

Гололед - феномен, изучаемый не только в сфере метеорологии, но и геологии, вследствие того, что он может изменять поведение животных, цвет и консистенцию грунта.

Краткий обзор научных трудов авторов, занимающихся этой темой или смежным направлением, позволил выявить следующие особенности. Хромов С. П. изучал различные аспекты атмосферной динамики, необходимые для понимания процессов образования гололедных явлений [5]. Он занимался

исследованием гололеда в различных его проявлениях, в том числе влиянием гололеда на географию и экосистемы.

Он отмечал, что гололед может приводить к серьезным рискам для транспортной инфраструктуры и безопасности людей. Также указывал, что гололед может изменять топографию местности, например, вызывать существенные изменения в руслах рек и состоянии первичных водотоков. Это может привести к тому, что водные потоки изменят свои направления, образуя новые русла.

Таким образом, Хромов подчеркивал, что гололед - это естественное явление и его проявления могут иметь серьезные последствия для окружающей среды, транспортной инфраструктуры и жизни людей. Поэтому важно проводить исследования и разрабатывать меры для минимизации риска и уменьшения влияния гололеда.

Русин И.Н. и Арапов П.П. описывают основные принципы физики атмосферных процессов [4]. Они писали, что формирование гололеда может стимулировать деятельность некоторых геологических процессов, таких как образование склоновых процессов, падения с локальных высот, обвалы и селевые процессы. Это происходит из-за нарушения равновесия водного баланса и режима поверхностного стока, а также из-за формирования грунтовых течей и оползней.

Кроме того, образование гололеда может вызвать ухудшение гидрогеологических условий, так как гололед в процессе таяния усиливает процессы образования поверхностного стока, происходит перераспределение воды, изменения в режиме грунтовых вод и т.д.

Русин И.Н. подчеркивал, что гололед может привести к серьезным последствиям для прилегающей территории и для живых организмов, так как некоторые геологические процессы могут происходить в непосредственной близости от жилых домов, дорог, мостов и других сооружений.

Гареев А.М. и авторы описали основные тенденции и показатели изменения гидрометеорологических условий на территории Республики

Башкортостан. В их работах приводятся данные наблюдений за многолетний период времени [2]. Гареев А.М., Галимова Р.Г. - авторы справочника по климату Республики Башкортостан, в котором представлена информация о климатических условиях на территории республики, включая и данные о гололедных явлениях.

Акимов В.А. в своих исследованиях отмечал, что гололед является одним из наиболее серьезных факторов, угрожающих безопасности движения на дорогах. По его словам, гололед может привести к авариям и серьезным травмам для водителей, пешеходов и пассажиров [1].

Автор подчеркивал, что борьба с гололедом является важной задачей для инженеров-дорожников и государства в целом. Тем не менее обязанность по обеспечению безопасности на дорогах в первую очередь лежит на каждом участнике дорожного движения. Акимов подчеркивал, что каждый водитель и пешеход должен быть осведомлен о возможности образования гололеда и принимать меры предосторожности, чтобы избежать опасных ситуаций.

Таким образом, Акимов В.А. придавал важность проблеме гололеда и предлагал комплексный подход к ее решению, включающий использование современных технологий и принятие мер безопасности каждым участником дорожного движения.

Следовательно, мы можем установить, что особенности гололеда как природного явления довольно хорошо освещены в научных трудах отечественных ученых и исследователей.

1.2 Виды гололедных явлений, условия их образования

Существует много видов гололедных явлений, каждое из которых имеет свою специфику и отличается внешними характеристиками, образованием и опасностью. В таблице 1.2.1 представлены основные виды гололедных явлений и условия их образования [6].

Особое значение в образовании гололеда играет температура воздуха у поверхности земли. Обычно гололед образуется при температурах, близких к 0°C или ниже. Также важным фактором является наличие переохлажденного дождя или мороси. Переохлажденные осадки могут приводить к образованию гололеда на предметах, с которыми они контактируют. Гололед обычно бывает очень плотным и твердым, с плотностью отложений, которая колеблется в диапазоне от 0,4 до 0,8 г/см³.

Таблица 1.2.1 – Основные виды гололеда

Виды гололеда	Причины образования
Гололед	Дождь или туман при температуре ниже 0°C, замерзание капель дождя при контакте со льдом или землей.
Изморозь	Воздух с высокой влажностью, который замерзает на контакте с холодными поверхностями.
Обледенелый мокрый снег	Снег, который замерзает на поверхности из-за низкой температуры. Может образоваться из-за дождя, который замерзает на земле.
Гололедица	Образуется при температуре воздуха на уровне земли, находящейся в диапазоне от 0 до -10 °C, при прохождении облака, содержащего морозящие капли или капли дождя
Твердый налет	Влага в воздухе замерзает на поверхности, создавая твердый налет.
Внутримассовый гололед	Образуется из-за взаимодействия высокой влажности воздуха и низкой температуры поверхности.
Фронтальный гололед	Связанный с переходом атмосферного фронта. Теплая воздушная масса над плохо замерзшей поверхностью вызывает нагревание и таяние, а затем быстрое замерзание воздушной массы в момент прохождения фронта.

Помимо того, образование гололеда может быть вызвано наличием тумана и перемещения низких слоистых облаков при отрицательной температуре воздуха у поверхности земли. Туман и облака перемещаются на низкой высоте и могут содержать в себе переохлажденные капли воды, которые замерзают при контакте с различными предметами на земле.

Изморозь – это тонкий слой льда, образующийся на различных поверхностях при наличии влаги и низкой температуре. Образование изморози возникает при наличии влажности в атмосфере и снижении температуры до нуля и ниже. Например, образование ледяных отложений на воздушных судах происходит при температуре от -2 до -10 градусов Цельсия и относительной влажности не менее 70-80%.

Зернистая изморозь образуется при температуре от -3 до -8 °C. Плотность отложений зернистой изморози колеблется от 0,1 до 0,4 г/см³. Основной причиной образования зернистой изморози является намерзание на предметы капель переохлажденного тумана.

Кристаллическая изморозь образуется при температуре ниже -8 °C из переохлажденного тумана или морозящего дождя. При этом капли воздуха кристаллизуются и образуют характерные игольчатые кристаллы.

Кристаллическая изморозь бывает очень хрупкой. Плотность отложений кристаллической изморози обычно варьируется от 0,05 до 0,2 г/см³. Нарастание кристаллов происходит при низкой влажности воздуха, а образование дефектов в кристаллах может происходить при более высокой влажности.

Обледеленый мокрый снег образуется при температуре воздуха от 0,1 до 2 °C, когда выпадение снега происходит в мокром состоянии и затем быстро замерзает. Скорость ветра при образовании обледеленого мокрого снега обычно не превышает 6 м/с. По плотности отложений обледеленый мокрый снег может быть очень плотным и тяжелым, со значением до 1 г/см³.

Гололедица — слой снега или лёд, утрамбованный до твердого состояния, который образует скользкую поверхность. Гололедица возникает там, где перед понижением температуры воздуха стояла вода, или там, где вследствие

движения транспорта либо большого количества пешеходов выпавший снег уплотняется. Образование гололедицы связано с температурой воздуха и наличием атмосферной влаги в момент выпадения осадков. Гололедица обычно образуется при температуре воздуха на уровне земли, находящейся в диапазоне от 0 до -10 °С, при прохождении облака, содержащего морозящие капли или капли дождя.

Твердый налет образуется при низких температурах и высокой влажности воздуха. Он может накапливаться на различных поверхностях, включая здания, деревья, транспортные средства, линии электропередач и другие инфраструктурные объекты. Твердый налет обычно состоит из льда, снега, иногда смешанных с пылью и другими загрязнителями.

Факторы, влияющие на образование твердого налета, включают температуру воздуха, влажность, скорость ветра и наличие атмосферных загрязнений. Образование твердого налета на зданиях и других поверхностях обычно происходит при низкой температуре воздуха в диапазоне от -10 до -30 °С и высокой влажности воздуха свыше 70%. При этом частицы, связывая между собой водную пару, создают зерна льда.

Облачность, содержащая зерна льда, движется с ветром и может проникать в область низких температур, что приводит к быстрому росту гололеда. К примеру, толщина фронтального гололеда на телеграфных проводах может достигать до 10 см, а на воздушных судах - до нескольких сантиметров.

Скорость замерзания капель зависит от их размеров и температуры воздуха. От этого, в свою очередь, зависит и внешний вид гололеда – прозрачный или матовый.

Независимо от причин образования льда, его интенсивность возрастает по мере усиления ветра. Например, при скорости ветра 15-20 м/с гололед может образовываться в виде колючек, которые направлены в сторону ветра, что усиливает опасность его воздействия на поверхности объектов.

Наращение льда обычно происходит не менее 1 часа и не более 12 часов. Разрушение происходит в основном за счет испарения льда, которое при более

низких температурах протекает гораздо медленнее. Если возникают внезапная оттепель или сильный ветер, процесс разрушения может длиться 4-6 дней.

1.3 Опасность гололеда

Опасность гололеда заключается в его невидимости и неожиданности появления. Люди часто не замечают ледяную корку на дороге и не предпринимают меры предосторожности, что приводит к несчастным случаям. Кроме того, гололед может оказывать воздействие не только на земле, но и на объектах инфраструктуры, что повышает уровень риска возникновения аварий на электрических линиях и транспортных средствах [3].

Во-первых, гололед может стать причиной аварий на дорогах. При неправильном управлении автомобилем на скользкой дороге, водитель может потерять контроль над транспортным средством, что может привести к столкновению или опрокидыванию автомобиля. Аварии на дорогах из-за гололеда могут иметь серьезные последствия, включая травмы, потерю жизни, материальный ущерб и задержки в транспортном сообщении.

Во-вторых, гололед может причинять травмы пешеходам. Пешеходы могут скользить и падать на ледяной поверхности, что может привести к различным травмам, включая переломы костей, ушибы, растяжения связок и т.д. Травмы, вызванные гололедом, могут оказаться серьезными и требовать длительного лечения и реабилитации.

В-третьих, гололед может вызвать задержки в транспортном сообщении. При скользких дорогах транспортное сообщение может быть затруднено, что приводит к задержкам в доставке грузов и перевозке пассажиров. Эти задержки могут вызвать различные экономические и социальные проблемы, например, возникновение пробок, снижение производительности и т.д.

В-четвертых, это явление может привести к другим негативным последствиям, таким как повреждение инфраструктуры и ухудшение

экологической ситуации. Например, обработка дорог и тротуаров солевыми реагентами может повредить асфальт и окружающую среду.

Особое значение гололедные явления имеют для авиации. Проявление гололедных явлений может привести к значительному снижению безопасности полетов и возникновению аварийных ситуаций.

Они возникают в тех случаях, когда дождевые облака смешиваются с воздухом, который находится ниже нуля градусов, образуя ледяные кристаллы. Эти кристаллы прилегают к поверхности самолета и замерзают, образуя толстый слой льда.

Под воздействием гололедных явлений, лед скапливается на различных частях самолета, включая крылья, хвостовые поверхности и вторичные элементы. Это может привести к нарушению аэродинамических свойств самолета и вызвать потерю его контроля.

Для того чтобы предотвратить гололедные явления, многие авиакомпании на самолете используют различные методы и технологии. Например, на крылья и другие части самолета могут быть установлены обогреваемые элементы, которые предотвращают образование льда, пневматические системы обдува. Также могут использоваться специальные химические растворы, которые наносятся на поверхности самолета и предотвращают образование льда.

Чтобы снизить влияние образование льда на самолете во время полета, проводятся метеорологические исследования на различных тестовых полигонах и в лабораториях. Они позволяют определить наиболее опасные погодные условия для авиации, а также осуществлять контроль поставляемых материалов и технологий.

Специализированные метеорологические службы также играют важную роль в обеспечении безопасности полетов. Они предоставляют информацию о погодных условиях и состоянии аэродромов, благодаря чему пилоты могут принимать необходимые меры в интересах безопасности полета.

Поэтому, метеорология является неотъемлемой частью в авиационной промышленности. Она позволяет обеспечить безопасность и стабильность

полетов в любых погодных условиях, несмотря на высокие требования к точности и грамотности в работе.

В целом, гололедные явления являются серьезным вызовом для авиации, и требуют использования современных методов и технологий для обеспечения безопасности полетов. Кроме того, пилотам необходимо иметь достаточную квалификацию и опыт работы в таких условиях, чтобы правильно реагировать на возможные непредвиденные ситуации на борту самолета.

Таким образом, гололед является серьезной проблемой безопасности. Ежегодно происходят множество травм и случаев материального ущерба, связанных с гололедом. Однако, соблюдение предупредительных мер и правил безопасности может снизить риск падений и травм. Необходимо проводить постоянную проверку и очистку дорог и других объектов от снега и льда, а также информировать людей о возможных опасностях и призывать их к соблюдению мер предосторожности. Гололедные явления являются серьезным вызовом для авиации, которые необходимо учитывать при планировании и выполнении полетов. При этом, применение современных технологий и методов, которые позволяют предотвратить образование льда на поверхностях самолета, может значительно уменьшить возможные риски аварийных ситуаций.

1.4 Методы борьбы с гололедом

Для борьбы с таким опасным явлением как гололед существует множество способов, которые можно разделить на два основных вида [7]:

1. Механические;
2. Химические.

В различных областях хозяйства используются узконаправленные либо комбинированные методы борьбы с гололедными явлениями.

К механическим способам относятся:

1. Обработка территории песком – один из самых дешевых и распространенных методов борьбы с обледенением. Мелкие частицы песка

делают поверхность льда шероховатой, благодаря чему уменьшается скольжение. Для защиты поверхностей от льда достаточно посыпать 50-80 грамм на квадратный метр.

2. Гравий и каменная крошка не удаляет лед, но улучшает сцепление с поверхностью. Однако при использовании этого метода чистить дороги после или во время снегопада необходимо почти до асфальта. Также стоит отметить, что данный метод стоит дороже, нежели соль или песок, однако он экономичнее, ведь гравий и каменную крошку можно использовать повторно без вреда для экологии.

3. Метод Торгейра Ваа - песок смешивают с практически кипящей водой (до 100 °C) и разбрызгивают на тротуары и дороги. Горячая вода растапливает снег и лед, а после застывания благодаря песку, поверхность становится шероховатой и не скользит. Такая обработка возможна только с использованием специализированной техники, 1 раз в 3-7 дней или до нового снегопада.

4. Применение ручного труда или снегоуборочной техники для чистки снега и наледи. Метод больше подходит для уборки снежных масс, но малоэффективен для удаления гололеда, требует больших временных и трудовых затрат.

Преимуществом механического метода является его простота, однако у него много недостатков. Рассыпанный абразивный материал повышает коэффициент сцепления до 0,3, но твердые вещества задерживаются на поверхности на короткий период времени (не более 0,5 ч). Для восстановления сцепных свойств требуются частые посыпки и большое количество пескораспределителей. Для повышения эффективности распределяют подогретый абразивный материал, который проникает в ледяную корку и после примерзания придает поверхности некоторую шероховатость, снижая скользкость.

Химические методы борьбы включают в себя антигололедные реагенты. Принцип их действия основан на том, что точка замерзания природных осадков

выше, чем точка замерзания воды, в которую добавлены хлориды соли. Пропорции противогололедных реагентов разработаны таким образом, чтобы они оказывали минимально вредное воздействие на окружающую среду.

Виды антигололедных реагентов:

1. Жидкие (применяются для разрушения поверхностей из снега и льда, могут быть естественного и искусственного происхождения);
2. Гранулированные (твердые гранулы мелкой фракции пользуются особой популярностью);
3. Твердые (имеют высокую степень слеживаемости, поэтому хранить и перевозить их необходимо в закрытом виде).

На данный момент, особо востребованы композитные антигололедные материалы – смеси химических и фрикционных материалов. Помимо плавления льда, они мгновенно улучшают сцепление с поверхностью за счет увеличения шероховатости сразу после нанесения на дорожное покрытие.

ГЛАВА 2 МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГОЛОЛЕДА

2.1 Синоптический метод прогноза

Процессы, в которых прогнозируется гололед, характеризуются адвекцией теплого и влажного воздуха. По синоптическим условиям различают внутримассовый и фронтальный гололед [10].

Внутримассовый гололед обычно возникает в зонах адвекции теплого и влажного воздуха при отрицательной температуре в приземном слое. Обязательными условиями для его формирования являются:

- наличие слоистой облачности и выпадение морозящих осадков или небольшого дождя;
- отрицательная температура воздуха у поверхности земли.

Подобные условия создаются в холодное время года в теплом секторе циклона, а также на западной и северной перифериях антициклона (гребня). Если слоистые облака снижаются, достигая поверхности земли (адвективный туман), то гололед может возникать и без морозящих осадков в результате оседания на наземные предметы капель облачности или адвективного тумана.

Фронтальные гололеды наблюдаются в основном перед теплыми фронтами и теплыми фронтами окклюзии при выпадении переохлажденного дождя. Такие гололеды наиболее интенсивны и опасны. Когда теплая и влажная масса воздуха поднимается в холодную атмосферу, содержащую частицы пыли или аэрозолей, образуется облачность. При этом частицы, связывая между собой водную пару, создают зерна льда, которые становятся центрами образования наледи и капель гололеда.

Для фронтальных гололедов характерна резкая смена отрицательных температур перед фронтом на положительные за линией фронта, когда в холодном воздухе приземные температуры находятся в пределах от -1 до -8°C ,

а в теплом – от $+5$ до $+10^{\circ}\text{C}$. Как правило, сильное обледенение возникает при медленном смещении теплых фронтов ($20\text{—}25\text{ км/ч}$).

Независимо от причин образования гололеда, его интенсивность возрастает по мере усиления ветра.

Наиболее благоприятными метеорологическими условиями для образования гололеда являются [6]:

1. Переохлажденный дождь, морось, туман или низкая слоистая облачность в различном их сочетании;
2. Наличие слоя инверсии, с нижней границей на высоте около $500\text{—}1000\text{ м}$, а верхней – около 1500 м ;
3. Температура воздуха у поверхности земли от $0,5$ до -3°C , на уровне 850 гПа от 5 до -5°C ;
4. Температура воздуха на нижней границе первого от Земли слоя инверсии от $-0,5$ до -8°C ;
5. Суммарный дефицит точки росы в слое земная поверхность - 850 гПа $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$ и менее;
6. Очаг теплого воздуха на поверхности 850 гПа ;
7. Умеренные и сильные ветры в пограничном слое атмосферы.

Таким образом, можно отметить, что гололед – опасное явление для жизни и здоровья человека, а также для инфраструктуры. Благоприятные метеорологические условия для образования гололеда зависят от многих факторов и могут различаться в зависимости от конкретных атмосферных условий.

Все описанное выше относится к синоптическому методу прогноза гололеда. В оперативной практике для прогноза гололеда, кроме синоптического метода можно использовать и другие рекомендации, предложенные в различных регионах России. Например, на рисунке 2.1.1. изображен график для оценки возможности возникновения гололеда в вероятностной форме. На нем по вертикали отложена разность геопотенциальных высот уровней 1000 и 850 гПа , а по горизонтальной оси - вероятность возникновения гололеда.

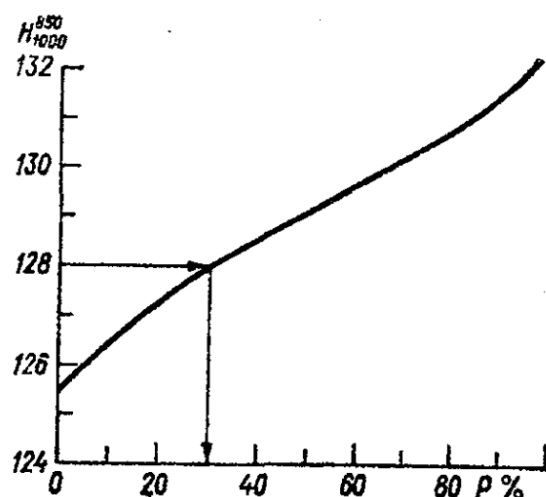


Рисунок 2.1.1 – График для определения вероятности возникновения гололеда

Таким образом, при прогнозе гололеда необходимо оценить синоптические условия, определить возможность выпадения осадков и их фазовое состояние, а также спрогнозировать температуру воздуха у поверхности земли.

2.2 Метод Ягудина

Наиболее распространён на практике метод прогноза гололеда, представленный Р.А. Ягудиным.

Гололёд наиболее вероятен при температуре воздуха у поверхности земли и на изобарической поверхности 850 гПа от 0 до -5°C . Показательным фактором образования гололёда является высота уровня кристаллизации, который можно косвенно оценить по уровню изотермы -10°C . Гололёд чаще образуется, когда высота изотермы составляет 2-3 км. Ниже 1,9 км осадки наблюдаются в основном в виде снега, а выше 3 км - в виде дождя, что исключает появление гололёда.

Для прогноза можно использовать графические связи между вероятностью гололёдных явлений, температурой у поверхности земли и на изобарической поверхности 850 гПа, а также высотой уровня кристаллизации (изотермы -10°C), приведённые на рисунках 2.2.1 и 2.2.2.

Расчёты производятся в тех случаях, когда ожидается прохождение фронтов, волн, адвекция тёплого и влажного воздуха, сопровождающиеся выпадением осадков.

Порядок прогноза по этому методу [8]:

1. На первом этапе, определяется траектория воздушных частиц на тот срок, когда ожидается прохождение тёплого фронта. Для этого используются фактическая и прогностическая карты на изобарической поверхности АТ-700.
2. Далее учитываются данные радиозондирования на том участке фронта, прохождение которого ожидается через данный район.
3. Определяются температура на изобарической поверхности 850 гПа и высота изотермы -10°C .
4. По рисунку 2.2.1 определяется возможность образования гололёда. Предполагаемую интенсивность обледенения оценивают по рисунку 2.2.2.
5. Если по одному из графиков прогнозируется гололёд, а по другому его отсутствие, то в прогнозе указывается возможность слабого гололёда.

Оправдываемость прогноза наличия гололеда по методу Ягудина составляет 65-70%, а его отсутствия - на 90-95%. Общая оправдываемость прогноза гололёда составляет 75-80%.

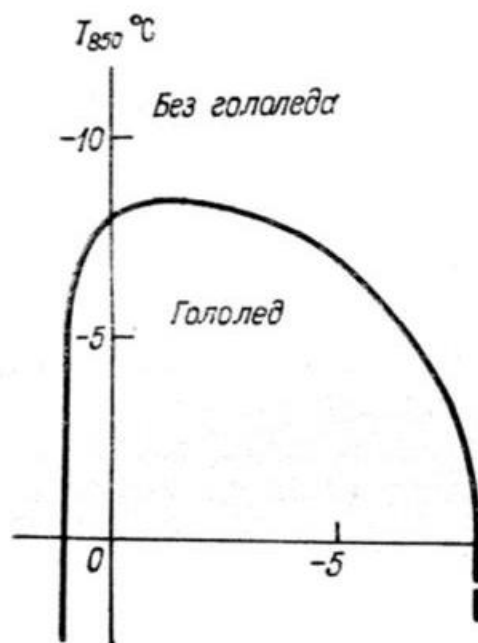


Рисунок 2.2.1 – Зависимость образования гололеда от температуры у поверхности земли ($T_z, ^\circ\text{C}$) и температуры на изобарической поверхности 850 гПа ($T_{850}, ^\circ\text{C}$)

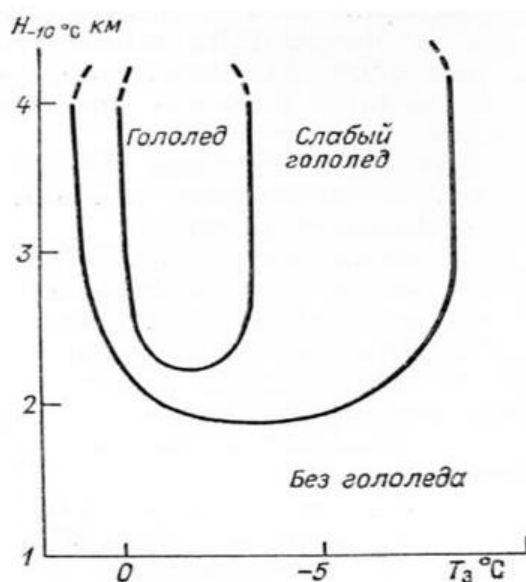


Рисунок 2.2.2 – Зависимость интенсивности гололеда от температуры у поверхности земли ($T_z, ^\circ\text{C}$) и высоты изотермы $-10\text{ }^\circ\text{C}$ ($H_{10}, \text{км}$)
(1 – умеренный гололед; 2 – слабый гололед)

ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ГОЛОЛЕДА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

3.1 Климат Республики Башкортостан

Территория Республики Башкортостан относится к умеренной климатической зоне с атлантико-континентальным климатом с достаточно влажным, тёплым летом и умеренно суровой зимой [11].

Основными климатообразующими факторами являются:

1. Положение Башкортостана в умеренном поясе;
2. Удаленность от морей и океанов;
3. Русская равнина на западе;
4. Уральские горы на востоке;
5. Влияние различных воздушных масс.

Разнообразный рельеф и наличие Уральского хребта, проходящего в меридиональном направлении, обуславливают существенные различия в температурном режиме и влажности на территории республики. Вытянутые с севера на юг, они являются естественной преградой преобладающему западному переносу воздушных масс. Такое положение заметно увеличивает увлажненность не только в горной части, но и на равнине [9].

Также на климат Башкирии, расположенной почти в центре материка, влияют Атлантический океан и материк. Влияние океана проявляется в преобладании западного переноса воздушных масс, благодаря которому сюда поступают основные запасы влаги. Влияние континента сказывается в основном на увеличении годовых и суточных амплитуд температуры воздуха, на непостоянстве выпадения осадков.

Среднемесячная скорость ветров — 3,4-5,2 м/с. Сильные ветры со скоростью в 15 м/с и более имеют высокую повторяемость в декабре, январе и марте.

Среднегодовая температура по Республике Башкортостан $+0,3^{\circ}$ в горах и $+2,8^{\circ}$ на равнине. Средняя температура января -18°C , июля $+18^{\circ}\text{C}$. Число солнечных дней в году колеблется от 287 в Аксёново и Белорецке до 261 в Уфе (наименьшее число дней приходится на зимний период, наибольшее — на летние месяцы).

Средний абсолютный минимум температуры воздуха составляет -42°C , абсолютный максимум $+38^{\circ}\text{C}$. Устойчивый переход температуры воздуха через 0°C происходит 4-9 апреля весной и 24-29 октября — осенью, в горных районах соответственно 10-11 апреля и 17-21 октября.

Для осенне-зимнего периода свойственен переход атмосферных процессов на зимний срок, который сопровождается резким изменением погоды в виде усиления ветра, сильных осадков, мокрого снега, гололеда, метелей, снегопадов, туманов и морозов, которые на территории республики встречаются практически ежегодно, в среднем 1-2 раза в месяц.

К тому же ощущается влияние Черного, Каспийского и Азовского морей, так как в этих районах образуются южные циклоны, которые несут значительные запасы тепла и влаги. В 70 % случаев такие циклоны проходят всю территорию республики и выходят в ее северо-восточной части. Подобные условия способствуют образованию неблагоприятных погодных явлений, в связи с тем, что в южных циклонах имеется ярко выраженная температурная асимметрия. Их перемещение по территории Республики Башкортостан обуславливается прежде всего, географическим положением и преобладающими направлениями воздушных потоков [12].

Согласно прогноза циклических чрезвычайных ситуаций к неблагоприятным метеорологическим явлениям на территории республики относят [3]:

- сильный ветер/сильный дождь, ливень/град/гроза;

- гололедно-изморозевые отложения/сильный ветер;
- сильный дождь/сильный ветер/понижение температуры воздуха при еще не закончившейся (осенью) вегетации;
- частые дожди;
- повышенная влажность воздуха;
- сильные осадки (мокрый снег) с установлением временного снежного покрова в аномально ранние (поздние) сроки [6].

3.2 Годовой ход распределения случаев гололеда

В данной работе рассматривается прогнозирование гололеда, как опасного природного явления, за основу взяты данные метеорологических станций Уфа-Дема, Чишмы, Кушнаренково (Рисунок 3.2.1).

Анализируем случаи возникновения гололеда на территории Республики Башкортостан за 2018-2020 годы. Данные взяты из телеграмм WAREP (штормовые телеграммы о начале, продолжении или окончании опасных или неблагоприятных явлений), поступающих со станций сети наблюдений Башкирского УГМС (Рисунок 3.2.2).



Рисунок 3.2.1 – Карта метеорологических станций Башкирского УГМС

На Рисунке 3.2.2 представлена сводная таблица годового хода распределения случаев гололеда на примере метеорологических станций наблюдательной сети Башкирского УГМС Уфа-Дема, Чишмы, Кушнареново за период 2018-2020 гг.

№	станция	дата		время		продолжительность, ч
		начало явл-я	окончание явл-я	начало явл-я	окончание явл-я	
1	28722, Уфа, Дема	17.01.2018	17.01.2018	4:45	9:50	5:05
2	28624, Кушнареново	17.11.2018	17.11.2018	8:47	9:45	0:58
3	28624, Кушнареново	17.11.2018	18.11.2018	11:35	4:29	16:54
4	28721, Чишмы	17.11.2018	18.11.2018	14:15	9:00	19:15
5	28722, Уфа, Дема	17.11.2018	18.11.2018	11:00	6:35	19:35
6	28624, Кушнареново	18.11.2018	18.11.2018	4:54	6:20	1:26
7	28722, Уфа, Дема	16.12.2018	16.12.2018	12:30	15:30	3:00
8	28722, Уфа, Дема	16.12.2018	16.12.2018	4:15	8:10	3:55
9	28722, Уфа, Дема	16.12.2018		12:18		
10	28722, Уфа, Дема	08.01.2019	08.01.2019	16:05	22:35	6:30
11	28722, Уфа, Дема	12.01.2019	13.01.2019	23:10	1:25	2:15
12	28722, Уфа, Дема	13.01.2019	13.01.2019	4:25	7:20	2:55
13	28721, Чишмы	13.01.2019	13.01.2019	5:33	8:40	3:07
14	28722, Уфа, Дема	07.03.2019	07.03.2019	2:10	5:05	2:55
15	28624, Кушнареново	22.03.2019	22.03.2019	1:33	4:10	2:37
16	28624, Кушнареново	09.04.2019	09.04.2019	1:43	5:00	3:17
17	28721, Чишмы	10.11.2019	11.11.2019	23:20	13:05	13:45
18	28722, Уфа, Дема	11.11.2019	11.11.2019	19:10	21:40	2:30
19	28624, Кушнареново	12.11.2019	12.11.2019	4:01	5:25	1:24
20	28624, Кушнареново	12.11.2019	12.11.2019	5:53	7:55	2:02

Рисунок 3.2.2 – Фрагмент сводной таблицы данных по телеграммам
WAREP

Для составления таблицы из журнала WAREP выбирались сообщения с кодом гололед (54). Устанавливалась дата сообщения о начале и отмене штормового предупреждения. Продолжительность гололедных явлений рассчитывалась исходя из разницы по времени поступления сообщений о начале и отмене штормового предупреждения.

По станциям Уфа-Дема, Чишмы, Кушнареново за период исследования 2018-2020 гг. были отобраны 44 случая образования гололеда (Таблица 3.2.1).

Таблица 3.2.1 – Количество гололедных явлений по месяцам за период 2018 - 2020 гг.

Год/месяц	янв	фев	мар	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя	дек
2018	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3
2019	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	8	6
2020	9	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ИТОГО	14	0	6	2	0	0	0	0	0	0	13	9

На Рисунке 3.2.3 отражен годовой ход распределения случаев гололеда за период 2018-2020 гг. Исходя из этих данных видно, что наиболее благоприятными месяцами для образования гололеда являются ноябрь, декабрь, январь и март.

На Рисунке 3.2.4 представлена повторяемость образования гололедных явлений за период 2018-2020 гг. на основании данных метеорологических станций Уфа-Дема, Чишмы, Кушнареново. Наибольшее число случаев образования гололеда наблюдается в осенне-зимний период. Максимальное число случаев за период исследования зафиксировано в январе - 14 (32%), минимальное – в апреле – 2 (4%).

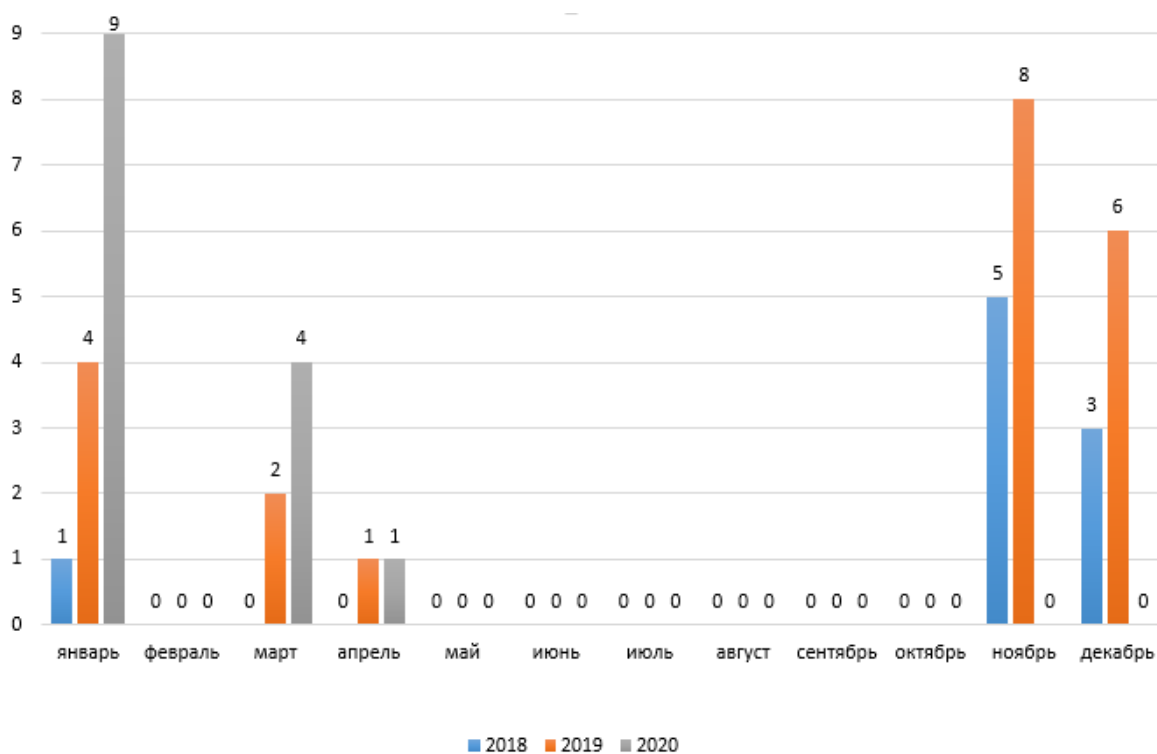


Рисунок 3.2.3 – Годовой ход распределения случаев гололеда за период 2018-2020 гг.

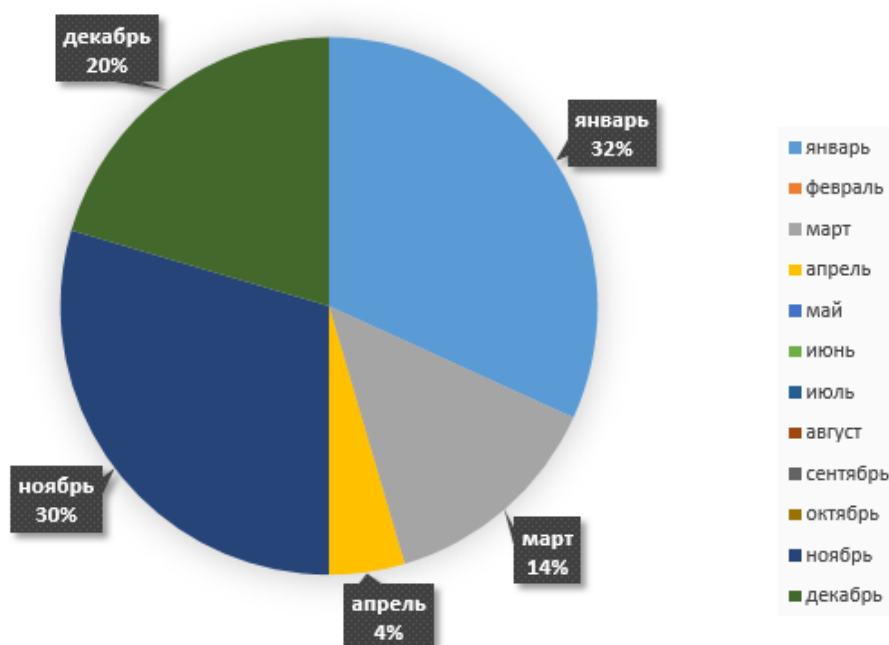


Рисунок 3.2.4 – Годовой ход повторяемости случаев гололеда за период 2018-2020 гг.

Далее была рассмотрена продолжительность гололедных явлений, которая напрямую зависит от температуры воздуха и продолжительности выпадения осадков. (Таблица 3.2.2).

Таблица 3.2.2 – Продолжительность гололеда по данным метеорологических станций Уфа-Дема, Чишмы, Кушнаренково за период 2018-2020 гг.

Продолжительность, ч	0:00-2:00	2:01-4:00	4:01-6:00	6:01-8:00	8:01-10:00	10:01-12:00	12:01-14:00	14:01-16:00	16:01-18:00	18:01-20:00
Количество явлений за 2018-2020 гг.	8	12	6	5	1	3	2	1	1	2

На Рисунке 3.2.5 показан продолжительности гололеда за исследуемый период. Средняя продолжительность гололеда в рассматриваемых 44 случаях составляет 5 часов 55 минут. Наибольшее число явлений длились в интервале от 2-х до 4-х часов.

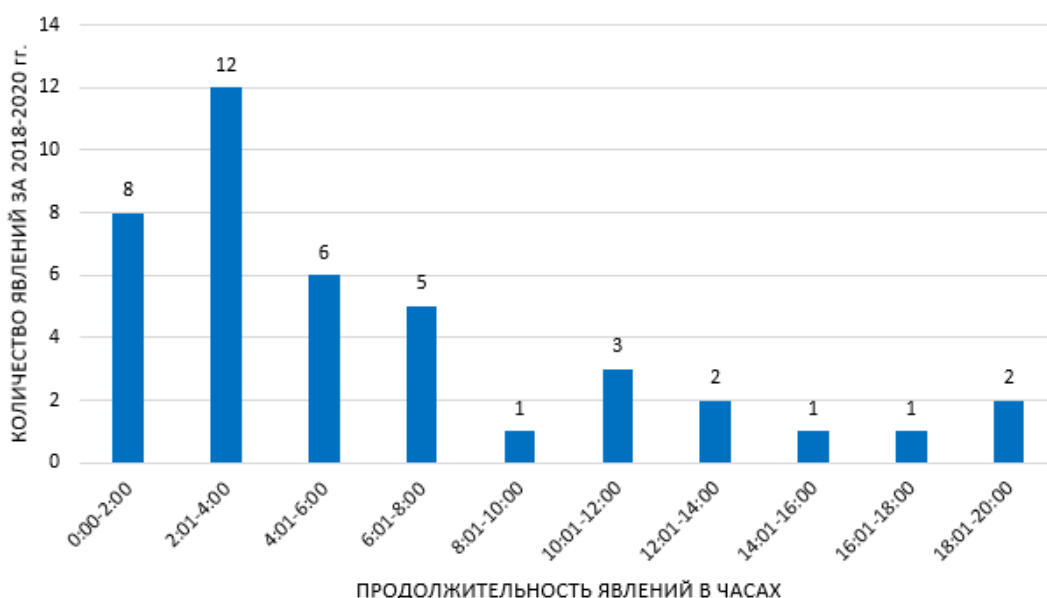


Рисунок 3.2.5 – Продолжительность гололеда по данным метеорологических станций Уфа-Дема, Чишмы, Кушнаренково за период 2018-2020 гг.

3.3 Типовые синоптические ситуации при образовании гололеда

Рассмотрим типовые синоптические ситуации за период 2018-2022 гг. которые способствовали образованию гололеда на исследуемой территории по данным метеорологических станций Уфа-Дема, Чишмы, Кушнаренково.

В Таблице 3.3.1, а также на Рисунке 3.3.1 отражено количество и повторяемость синоптических ситуаций за период 2018-2020 гг. по исследуемым метеостанциям Республики Башкортостан.

Таблица 3.3.1 Типовые синоптические ситуации при образовании гололеда за период 2018-2020 гг.

№	Синоптическая ситуация	Количество случаев	Повторяемость, %
1	гребень	4	9
2	ложбина	4	9
3	ложбина, теплый сектор	2	5
4	ложбина, теплый фронт	11	25
5	ложбина, фронт окклюзии	4	9
6	ложбина, холодный фронт	4	9
7	малоградиентное поле повышенного давления	5	11
8	передняя часть гребня	3	7
9	тыловая часть гребня	2	5
10	циклон	5	11

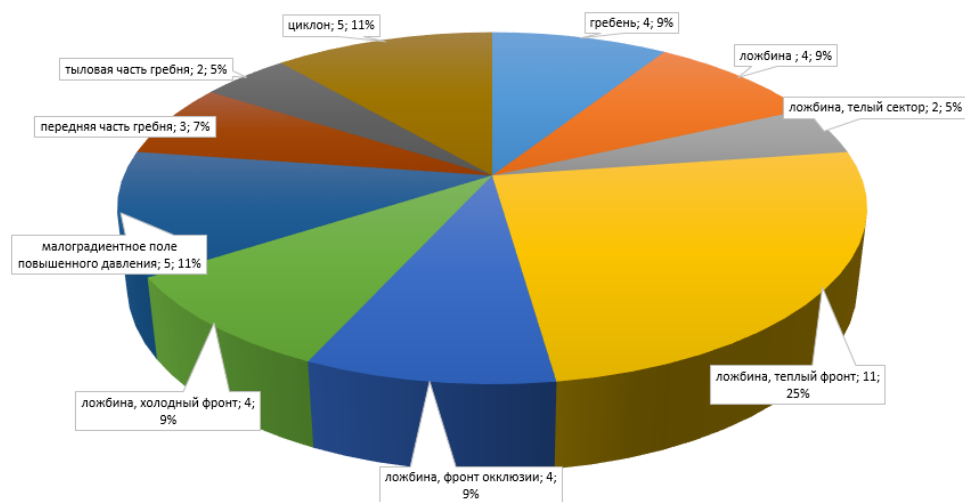


Рисунок 3.3.1 – Количество случаев и повторяемость синоптических ситуаций по данным станций Уфа-Дема, Чишмы, Кушнаренково за период 2018-2020 гг.

В результате, можно сделать вывод, что синоптические ситуации во время образования гололеда довольно разнообразны. Наиболее часто встречающейся является зона теплого фронта в ложбине (25%), к тому же стоит отметить, что больше половины случаев (57%) образования гололеда происходит именно в ложбинах. Остальное приходится на различные части гребня – 21%, а также циклона – 11% и малоградиентное поле повышенного давления – 11%.

Гололедные явления, в большинстве случаев, образуются в зонах теплых атмосферных фронтов при наличии инверсии температуры, когда температура у поверхности земли сохраняет отрицательные значения.

3.4 Прогноз гололеда

Как описывалось во второй главе, существует несколько методов прогноза гололеда. В ходе работы был рассмотрен метод Ягудина Р.А. и определено наличие или отсутствие инверсии за исследуемый период времени по данным радиозонда (Рисунок 3.4.1).

№	станция	дата		время		продолжительность, ч	Синоптическая ситуация	расчет гололеда по методу Ягудина			Наличие гололеда по методу Ягудина	Наличие инверсии
		начало явл-я	окончание явл-я	начало явл-я	окончание явл-я			Т у земли, °С	Т на АТ-850, °С	высота (км) при темпер -10°С		
1	28722, Уфа, Дема	17.01.2018	17.01.2018	4:45	9:50	5:05	передняя часть гребня	-9	-4	2,9	нет	нет
2	28624, Кушнаренково	17.11.2018	17.11.2018	8:47	9:45	0:58	ложбина	-3	-4	3,1	есть	есть
3	28624, Кушнаренково	17.11.2018	18.11.2018	11:35	4:29	16:54	циклон	-2	-4	2,5	есть	есть
4	28721, Чишмы	17.11.2018	18.11.2018	14:15	9:00	19:15	циклон	-2	-4	2,5	есть	есть
5	28722, Уфа, Дема	17.11.2018	18.11.2018	11:00	6:35	19:35	циклон	-2	-4	2,5	есть	есть
6	28624, Кушнаренково	18.11.2018	18.11.2018	4:54	6:20	1:26	циклон	-1	-2	3,2	есть	есть
7	28722, Уфа, Дема	16.12.2018	16.12.2018	12:30	15:30	3:00	гребень	-9	-10	1,5	нет	есть
8	28722, Уфа, Дема	16.12.2018	16.12.2018	4:15	8:10	3:55	гребень	-11	-9	2,1	нет	нет
9	28722, Уфа, Дема	16.12.2018		12:18			гребень	-9	-10	1,5	нет	нет
10	28722, Уфа, Дема	08.01.2019	08.01.2019	16:05	22:35	6:30	гребень	-17	-12	1,5	нет	нет
11	28722, Уфа, Дема	12.01.2019	13.01.2019	23:10	1:25	2:15	ложбина, холодный фронт	0	-5	2,2	слабый гололед	нет
12	28722, Уфа, Дема	13.01.2019	13.01.2019	4:25	7:20	2:55	ложбина	-1	-8	1,5	слабый гололед	нет
13	28721, Чишмы	13.01.2019	13.01.2019	5:33	8:40	3:07	ложбина	-1	-8	1,5	слабый гололед	нет
14	28722, Уфа, Дема	07.03.2019	07.03.2019	2:10	5:05	2:55	ложбина, холодный фронт	0	-5	2	слабый гололед	есть
15	28624, Кушнаренково	22.03.2019	22.03.2019	1:33	4:10	2:37	малоградиентное поле повышенного давления	-2	-5	2,7	есть	есть
16	28624, Кушнаренково	09.04.2019	09.04.2019	1:43	5:00	3:17	малоградиентное поле повышенного давления	4	-2	3,2	нет	нет
17	28721, Чишмы	10.11.2019	11.11.2019	23:20	13:05	13:45	тыловая часть гребня	-2	2	4	есть	есть
18	28722, Уфа, Дема	11.11.2019	11.11.2019	19:10	21:40	2:30	тыловая часть гребня	-2	4	4,5	есть	есть
19	28624, Кушнаренково	12.11.2019	12.11.2019	4:01	5:25	1:24	ложбина, теплый сектор	-1	1	4,3	слабый гололед	есть
20	28624, Кушнаренково	12.11.2019	12.11.2019	5:53	7:55	2:02	ложбина, теплый сектор	0	1	4,3	нет	есть

Рисунок 3.4.1 – Фрагмент сводной таблицы данных для прогноза гололеда за период 2018-2020 гг.

Для прогноза гололеда по методу Ягудина анализировались данные радиозондирования:

1. Определялась температура у поверхности земли;
2. Определялась температура на изобарической поверхности 850 гПа;
3. Определялась высота изотермы -10 °С;
4. По Рисунку 2.2.1 определялась возможность образования гололёда;
5. По Рисунку 2.2.2 определялась интенсивность обледенения.

В случаях, когда по одному из графиков прогнозируется гололед, а по второму нет, в таблице указан слабый гололед.

Температурная инверсия – это аномальное распределение температуры по высоте, когда вместо понижения температуры происходит ее повышение. В осенне-зимний период инверсия температуры в пограничном слое атмосферы

способствует образованию гололеда, так как напрямую влияет на фазовое состояние осадков.

На Рисунке 3.4.2 представлен пример температурно-ветрового зондирования за 12 ВСВ 17.11.2018 г. В этот день гололед начался в 11:35 и закончился 18.11.2018 г. в 04:29, длительность составила 16 часов 54 минуты.

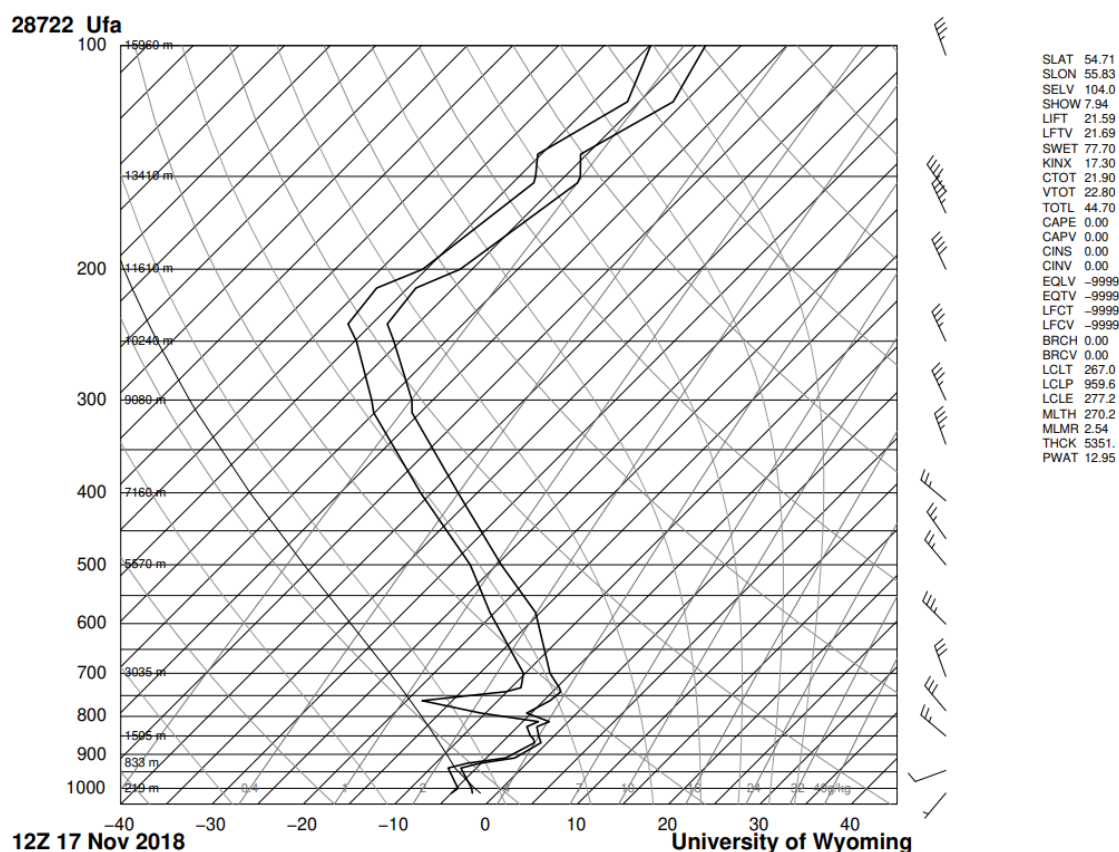


Рисунок 3.4.2 – Температурно-ветровое зондирование за 12 ВСВ 17.11.2018 г.

В данном случае мы наблюдаем две инверсии, имеющие довольно резкий ход температуры в пределах инверсионного слоя, с началом на уровне примерно 920 гПа. С высотой температура остается отрицательной - не пересекает нулевую изотерму.

Из рисунка 3.4.3 видно, что температура на уровне 850 гПа начинает понижаться. Если обратиться к методу Ягудина, то по значению температуры на

поверхности 850 гПа и по высоте минус десятой изотермы прогнозируется умеренный гололед.

PRES hPa	HGHT m	TEMP C
1015.0	104	-2.7
1000.0	219	-3.3
946.0	656	-6.3
939.0	715	-6.7
925.0	833	-5.1
910.0	962	-1.9
897.0	1077	-1.5
868.0	1338	-0.7
857.0	1440	-1.3
850.0	1505	-1.7
831.0	1685	-2.6
826.0	1733	-2.9
813.0	1858	-2.1
792.0	2065	-5.5
786.0	2125	-5.3
762.0	2369	-4.3
741.0	2589	-4.1
732.0	2685	-4.7
707.0	2957	-6.7
700.0	3035	-7.3
601.0	4201	-13.9

Рисунок 3.4.3 - Значения температур по высотам за 17.11.2018 г. 12 ВСВ

Синоптическая ситуация в анализируемый день была благоприятной для образования гололедных явлений (Рисунок 3.4.4). Она обусловлена южной периферией циклона. На синоптической карте за 12 ВСВ мы видим, что некоторое время назад по территории республики прошел теплый фронт, который принес с собой осадки в виде дождя. Фронт смещается на восток, температура воздуха у земной поверхности за 12 ВСВ – 3 °С.

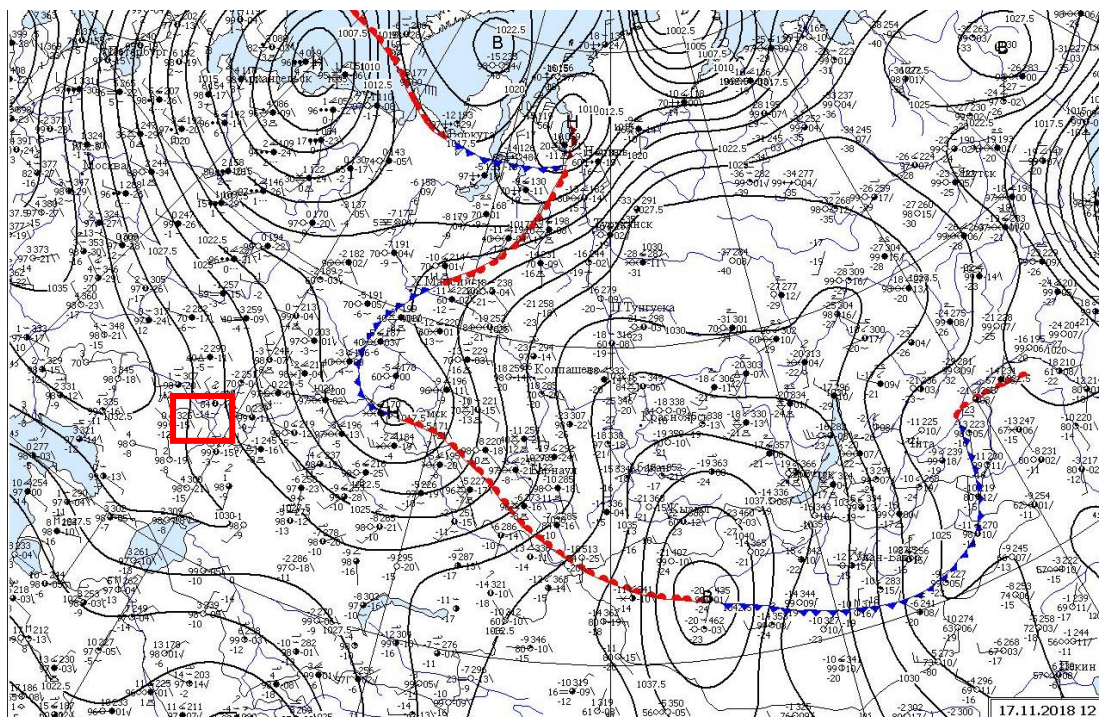


Рисунок 3.4.4 – Синоптическая карта за 17.11.2018 12 ВСВ

Исходя из данных метеорологической станции Уфа-Дема за 17.11.2018 с 11:00 по 18.11.2018 05:00, мы можем заключить, что на протяжении всего времени наблюдались осадки в виде мороси, а также небольшой ветер, дующий в основном с юга и юго-запада. При этом температура у поверхности земли оставалась ниже нуля. Все эти показатели напрямую связаны с образованием гололеда.

Метеостанция Дема, Россия, 28722, выборка с 17.11.2018 11:00 по 18.11.2018 05:00									
Местное время в Деме	T	Po	U	DD	Ff	WW	W1	W2	Td
18.11.2018 05:00	-1,8	756,1	89	Ветер, дующий с юго-юго-востока	1	Состояние неба в общем не изменилось.	Морось.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-3,4
18.11.2018 02:00	-1,8	756,9	92	Ветер, дующий с юга	2	Дымка.	Морось.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-2,9
17.11.2018 23:00	-2,0	757,9	94	Ветер, дующий с юга	2	Морось замерзающая слабая. Диаметр отложения при гололеде составляет 2 мм.	Морось.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-2,9
17.11.2018 20:00	-2,2	759,5	92	Ветер, дующий с юга	2	Морось замерзающая слабая.	Морось.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-3,4
17.11.2018 17:00	-2,6	760,8	90	Ветер, дующий с юга	1	Морось замерзающая слабая. Диаметр отложения при гололеде составляет 1 мм.	Ливень (ливни).	Морось.	-4,0
17.11.2018 14:00	-2,2	761,8	77	Ветер, дующий с западо-юго-запада	1	Состояние неба в общем не изменилось.	Ливень (ливни).	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-5,7
17.11.2018 11:00	-1,6	762,9	53	Ветер, дующий с запада	2	Ливневый снег слабый в срок наблюдения или за последний час.	Ливень (ливни).	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-10,1

Рисунок 3.4.5 – Архив данных погоды по метеостанции Уфа-Дема за 17.11.2018-18.11.2018 г.

Интересен для рассмотрения случай от 08.01.2019 г. В этот день гололед был зафиксирован в период с 16:05 по 22:35, продолжительность явления составила 6 часов 30 минут. При температуре у поверхности земли -17°C . Данные температурно-ветрового зондирования взяты за ближайший срок к зафиксированному гололеду (12 ВСВ 08.01.2019 г.).

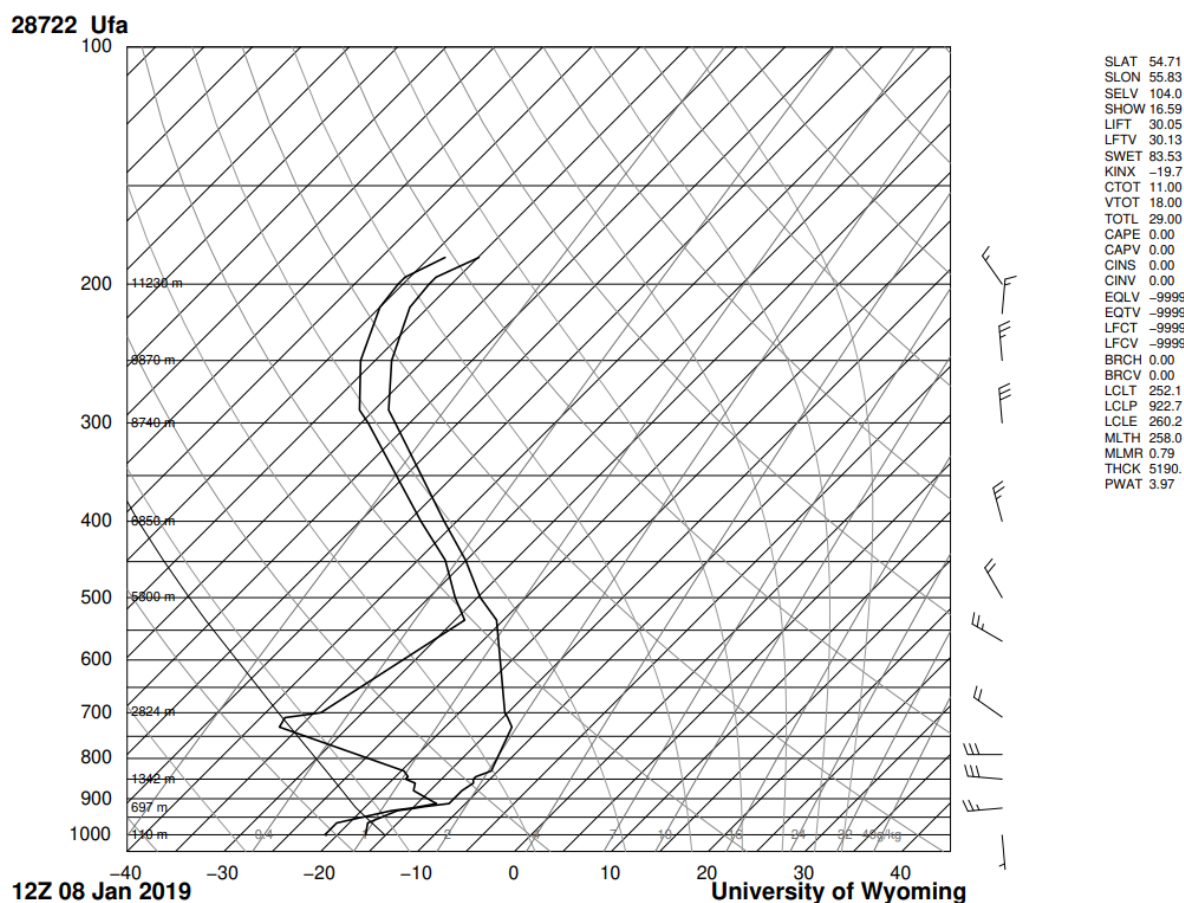


Рисунок 3.4.6 - Температурно-ветровое зондирование за 12 ВСВ 08.01.2019 г.

На Рисунке 3.4.6 мы можем видеть, что температура начинает постепенно повышаться на уровне примерно 930 гПа. Температура на поверхности 850 гПа ($-11,7^{\circ}\text{C}$) входит в слой инверсии, но «выпадает» из графиков расчета гололеда по методу Ягудина. Более точные значения распределения температуры с высотой отображены на Рисунке 3.4.3. Таким образом можем заключить, что данный метод не показателен в этом случае.

PRES hPa	HGHT m	TEMP C
1001.0	104	-17.1
1000.0	110	-17.1
966.0	370	-18.1
959.0	425	-17.7
932.0	640	-16.3
925.0	697	-14.7
921.0	730	-13.9
913.0	796	-11.7
881.0	1068	-11.7
879.0	1086	-11.7
860.0	1253	-11.3
850.0	1342	-11.7
844.0	1396	-11.7
830.0	1524	-10.7
791.0	1892	-11.6
730.0	2506	-13.1
710.0	2717	-14.5
709.0	2727	-14.6
700.0	2824	-15.3
568.0	4370	-23.3

Рисунок 3.4.7 - Значения температур по высотам за 08.01.2019 г. 12 ВСВ

Обратимся к синоптической карте (Рисунок 3.4.8) , на которой видно, что ситуация обусловлена гребнем антициклона, образующимся за счет смещения воздушных потоков на восток, и примыкающим к нему передней частью циклона. Погода здесь определяется холодной устойчивой воздушной массой, которая несет в себе осадки в виде снега, и приближающимся теплым фронтом.

Это подтверждается данными метеостанции Уфа-Дема за 08.01.2019 с 14:00 до 23:00 (Рисунок 3.4.9). На протяжении всего периода действия штормового предупреждения наблюдались осадки в виде снега или дождя со снегом, которые при отрицательной температуре у поверхности земли образовывали ледяную корку – гололед.

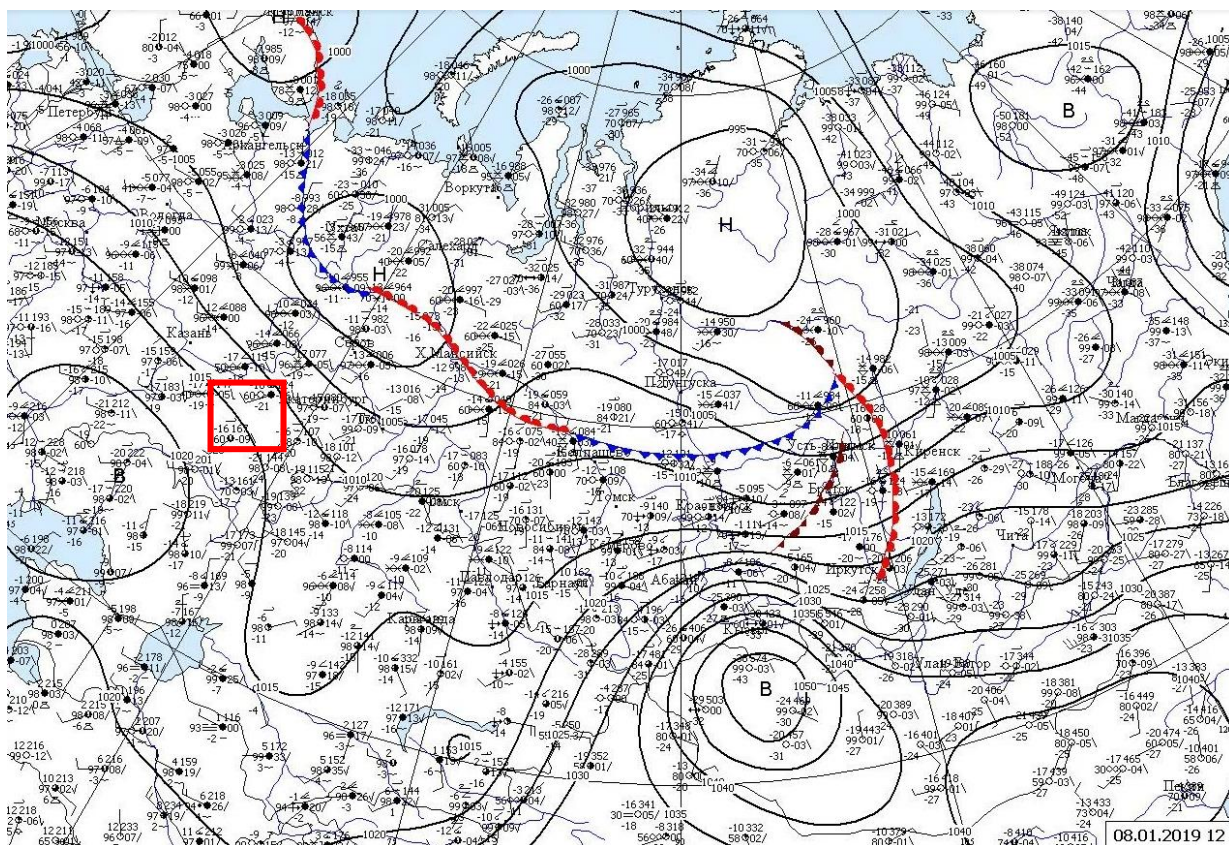


Рисунок 3.4.8 - Синоптическая карта за 08.01.2019 12 ВСВ

Метеостанция Дема, Россия, 28722, выборка с 14:00 по 23:00 08.01.2019									
Местное время в Деме	T	Po	U	DD	Ff	WW	W1	W2	Td
08.01.2019 23:00	-14,1	750,7	83	Ветер, дующий с юго-юго-запада	2	Снег непрерывный сильный в срок наблюдения.	Снег или дождь со снегом.	Дождь.	-16,4
08.01.2019 20:00	-15,9	750,2	79	Ветер, дующий с юга	2	Снег непрерывный слабый в срок наблюдения.	Снег или дождь со снегом.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-18,8
08.01.2019 17:00	-17,0	750,4	74	Ветер, дующий с юга	2	Состояние неба в общем не изменилось.	Снег или дождь со снегом.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-20,5
08.01.2019 14:00	-17,8	751,1	76	Ветер, дующий с юга	3	Состояние неба в общем не изменилось.	Снег или дождь со снегом.	Облака покрывали более половины неба в течение всего соответствующего периода.	-21,0

Рисунок 3.4.9 - Архив данных погоды по метеостанции Уфа-Дема 08.01.2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведено подробное исследование образования гололеда на территории Республики Башкортостан на основании данных метеорологических станций Уфа-Дема, Кушнаренково и Чишмы за период 2018-2020 гг. Описаны графический и синоптический методы прогноза гололеда.

Наибольшее число случаев гололеда зафиксировано в осенне-зимний период, которые длились от двух до четырех часов. Типичные для гололеда синоптические ситуации – это различные участки гребня, ложбины, циклона и малоградиентное поле повышенного давления. Образование гололеда чаще всего наблюдалось при температуре у поверхности земли $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на поверхности 850 гПа от $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также при южном и юго-западном ветрах. Часто наблюдается облачность, несущая различные виды осадков, которые также способствуют неблагоприятным погодным условиям.

В 61% случаев наблюдалась температурная инверсия в атмосфере, при этом стоит отметить, что чаще всего она не переходила через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Поставленные задачи были выполнены в полном объеме:

1. В первой главе были рассмотрены условия образования, виды и опасность гололеда;
2. Во второй главе описаны самые распространённые методы прогнозирования гололедных явлений;
3. В третьей главе описан климат Республики Башкортостан, проанализированы и систематизированы условия образования гололеда на исследуемой территории на основании данных из журнала WAREP за период 2018 – 2020 гг., всего за данный период было выявлено 44 случая;
4. Была проведена апробация прогноза гололеда методом Ягудина, который лучше всего использовать совместно с синоптическим методом, чтобы учитывались все особенности местности.

Значимость изучения гололедных явлений обусловлена тем, что они отрицательно влияют на работу различных отраслей хозяйственного комплекса.

Намерзая на различных поверхностях, они нередко приводят к порче деревьев, разрушению линий электропередач, блокируют работу железнодорожного, автомобильного транспорта и авиации.

Таким образом, мы еще раз подчеркиваем актуальность данной темы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Соколов Ю.И. Опасные гидрометеорологические явления на территории России Научно-популярное издание / Москва, 2009.
2. Гареев А.М., Галимова Р.Г. Справочник по климату Республики Башкортостан. Часть 1 Уфа: Риц башГУ, 2010. — 92 с
3. Долгосрочный прогноз циклических чрезвычайных ситуаций на территории Республики Башкортостан на осенне-зимний период 2018-2019 гг. <http://somgzrb.ru/wp-content/uploads/2018/09/Prognoz-OZP-na-2018-2019.pdf>
4. Русин И.Н., Арапов П.П., Основы метеорологии и климатологии Курс лекций - СПб.: изд. РГГМУ, 2008. - 199 с
5. Хромов С. П. Метеорология и климатология: [Учеб. для геогр. спец. вузов] / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Изд-во МГУ, 1994. - 518 с
6. Фрагмент из руководства по краткосрочным прогнозам погоды под редакцией д-ра физ.мат. наук Н. Ф. Вельтищева, <https://progemorroj.ru/what/v-kakih-usloviyah-obrazovanie-gololeditsy-naibolee-vozmozhno.html>
7. М. К. Пшембаев, Я. Н. Ковалев, В. Н. Яглов «Способы борьбы с зимней скользкостью»
8. URL: <https://flymeteo.org/stat/iceglaze.php>
9. URL: <http://www.meteorb.ru/meteorology/climatic-characteristics>
10. Данукалова И. Г., Синоптические условия образования гололеда на территории Башкирии. - Уфа, 1989
11. Горохольская В.З. «Синоптические процессы и явления погоды, влияющие на деятельность наземного транспорта в Республике Башкортостан», Москва, 2007 г. – 105 с.
12. О.В. Волобуева, О.Н. Топтунова, Я.В. Дробжева «Анализ выхода южных циклонов на территорию Республики Башкортостан», 2021 г.