



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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

бакалаврская работа

На тему Влияние погодно-климатических условий на эксплуатацию
автомобильных дорог

Исполнитель Кириченко Дмитрий Тихонович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Абанников Виктор Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.О.Заведующий кафедрой 
(подпись)

Доктор физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«16» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Физико-географические характеристики и особенности климатического обслуживания автотранспортной отрасли	5
1.1 Особенности местоположения, рельефа и гидрографии	5
1.2 Климатические факторы.....	12
1.3 Автотранспортная отрасль и её климатическое обеспечение	16
Глава 2. Анализ режима метеорологических характеристик	25
2.1 Температурный режим воздуха и почвы	25
2.2 Режим осадков.....	32
2.3 Анализ режима опасных явлений для автотранспортной отрасли	38
Глава 3. Оценка специализированных метеорологических и климатических параметров для обеспечения автодорожной сферы	42
3.1 Расчёт температурного режима эксплуатации автомобильных дорог ...	42
3.2 Дальность видимости и особые явления на автомобильных дорогах	45
3.3 Расчёт особенности снегопереноса для определения специальных дорожных конструкций	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Погода и климат оказывают колоссальное влияние на практически все аспекты деятельности человека. Климат формирует общие условия существования, определяя географическое распределение населения. Погодные условия, в свою очередь, влияют на повседневные решения и экономическую активность.

В сельском хозяйстве климат является определяющим фактором для выбора культур, урожайности и сроков посева и сбора урожая. Засухи, наводнения, заморозки и другие экстремальные погодные явления могут приводить к колоссальным потерям урожая и продовольственному кризису.

Актуальность темы данной работы обусловлена возрастающей ролью метеорологического обеспечения транспортной деятельности в условиях изменяющегося климата и интенсификации транспортных потоков. Безопасность и эффективность функционирования всех видов транспорта – автомобильного, железнодорожного, авиационного и водного – напрямую зависят от точного прогнозирования погодных условий и своевременного предоставления информации о метеорологических опасностях.

Транспортная инфраструктура также сильно зависит от погоды. Снегопады, гололед, сильные дожди и туманы затрудняют движение транспорта, приводят к авариям и задержкам.

Целью данной работы является разработка и совершенствование методов метеорологического и климатологического обеспечения в транспортной отрасли для повышения безопасности и экономической эффективности его работы. В процессе написания будут решаться такие задачи как проведение анализа существующих методов прогнозирования опасных метеорологических явлений, влияющих на транспортную инфраструктуру, разработка и анализ климатических данных для конкретных транспортных маршрутов, рассчитаны критические значения явлений для зимнего периода и предложены

ны рекомендации по организации движения, водителей, дорожных служб и проектировщиков.

Объектом исследования являются процессы метеорологического воздействия на транспортную инфраструктуру и транспортные потоки. Предметом исследования выступают методы и технологии метеорологического обеспечения транспортной деятельности, направленные на снижение рисков и повышение эффективности работы транспортного комплекса.

В работе использованы методы анализа и синтеза, статистической обработки данных. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных рекомендаций для повышения безопасности и эффективности работы транспортных предприятий, а также для снижения экономических потерь, связанных с неблагоприятными метеорологическими явлениями.

Глава 1. Физико-географические характеристики и особенности климатического обслуживания автотранспортной отрасли Омской области

1.1 Особенности местоположения, рельефа и гидрографическая сеть Омской области

Годом образования Омской области считается 1918 год, с 1934 года окончательно установилось внутригосударственное образование, сформировавшее в себе 32 района.

Данную область окружают другие субъекты Российской Федерации (Тюменская, Томская и Новосибирской области), также Омская область имеет на юге государственную границу с Казахстаном, особенностью является существенное преобладание равнины.

Омской область растянулась с севера на юг примерно на 600 километров, и в половину меньше с запада на восток.

Северной точкой области являются координаты $58^{\circ}34'$ северной широты и $76^{\circ}07'$ восточной долготы. Самым северным поселком является Малая Бича, с очень незначительным населением. На юге крайняя часть области попадет озеро Силетитениз и Кызыл-Как имеющие координаты $54^{\circ}26'$ северной широты и $72^{\circ}27'$ восточной долготы). Самая южная деревня – Голубовка, расположенная на $53^{\circ}30'$ с. ш. и $74^{\circ}24'$ в. д. [1].

Крайняя восточная точка находится возле озера Большие Кучалы ($76^{\circ}19'40''$ восточной долготы, и $56^{\circ}10'$ северной широты). Деревня Ельничное, лежащая в долине реки Уй, является самым восточным поселением с координатами $77^{\circ}10'$ восточной долготы, и $56^{\circ}43'$ северной широты. Западной конечной точкой области является мыс Иртыша его координаты - $71^{\circ}31'$ восточной долготы и $57^{\circ}34'$ северной широты. На западе крайним местом является село Кайнаул с координатами $70^{\circ}26'$ восточной долготы и $67^{\circ}45'$ северной широты. [1].

Омская область довольно крупный регион в сравнении с другими субъектами, занимающих равнинную часть Западной Сибири 141,1 тыс.кв.км., что даже крупнее некоторых стран (Сан-Марино, Монако, Тувалу и др.)

Географическое положение Омской области уникально, благодаря её богатой природе. Как уже было сказано ранее область находится на равнине между двумя разветвлениями реки Иртыш. Наличие именно равнинной местности вызвано широкой зональностью, влияющей на минеральный состав почв и как следствие всей флоры и фауны. Солнечная радиация оказывает сильное воздействие на данный регион и изменяется по широте, образуя различные и в тоже время уникальные природные зоны. Но границы не имеют конкретного места перехода поэтому невозможно ощутить резкое изменение климата [2].

Географическое положение играет важную роль не только в сфере природных явлений, область находится близко к территориальному центру страны и включает в себя важные узлы автодорог и железнодорожную сеть. К тому же речное судоходство приносит значительный вклад в экономику региона. Омская область является как поставщиком различной продукции, так и покупателем, к тому же через неё проходят транспортные потоки, связывающие Омск с другими регионами и способствующие экономической взаимосвязи с республикой Казахстан, Уралом, Поволжьем и др.

В разное время историки и археологи спорили о происхождении равнины, на которой в том числе находится и Омская область, а ведь это одна из самых широких равнин мира. Какой-то период времени ученые думали, что гладкая поверхность следствие различных слоев океанических отложений. В последствии было установлено, что это не так.

Океанические осадки были покрыты речными наносами и озёрными отложениями. Появилась новая гипотеза о создании данного рельефа из-за подпрудного бассейна, образовавшегося в морозный период, где в течении большого количества времени накапливались слои различных глинистых отложений. Ученые пришли к выводу, что данная территория не являлась лед-

никовой и посчитали, что Западно-Сибирская равнина на территории Омской области это «Озерная равнина».

Сейчас при помощи современных изысканий обнаружены речные или аллювиальные отложения. Многочисленные речные системы древности и сформированные потребностью речного транспорта за последние столетия, оказали влияние не только на микроклимат, но и сыграли существенную роль в формировании климата через изменение рельефа. Хотя данная теория не оправдывает создание идеально ровной местности, она все же является приоритетной. В ее доказательство можно привести перепады высот, превышающие сотню метров [1,2].

Само значение слово рельеф идет от латинского "relevo", означающее поднятие чего-либо. Так над морями и океанами поднимались равнины, плоскогорья и горы. На самом же деле рельефу можно дать более внятную характеристику. Это поверхность, состоящая из резких и не очень перепадов относительно искомой точки земли, подверженных влиянию эндогенных и экзогенных геологических процессов, на протяжении тысячелетий.

За 30 миллионов лет охватывающий неоген и четвертичный период, территория Омской области в среднем поднялась до более чем на что метров. Эти изменения происходили постепенно и неравномерно. Так на севере этот процесс происходил куда сильнее чем на юге (почти в два раза). Это конечно тоже повлияло на климат, в большей степени из-за уменьшения осадконакопления и сдвига берегов различных рек в южную часть.

За все время неогена и четвертичного периода, постоянно происходило изменение рельефа из-за сдвига земной коры, особенно в период около 11 тысяч лет назад именно тогда поднималась северная часть региона. Позже, около четырехсот тысяч лет назад поднялась центральная и южная част Омской области, но все же не на ту вы соту как северная, хотя это в какой-то степени сыграло роль в незначительном понижении на севере (5-10%) [1].

В итоге образовалось довольно равномерное склонение с севера на юг, давшее начало новому формированию речной сети, озер и различных водоё-

мов. Здесь началось образование долины реки Иртыш. Обмелел левый берег и вырос правый, это происходило уже в среднечетвертичный период. В результате долины начали постепенно заполняться мелкими реками (ответвлениями от Иртыша). Параллельно с этим шел процесс оседания отдельных участков что приводило к образованию озер. Особенностью мест северной части области стало образование озерно-аллювиальных отложений. [3].

В эпоху Геоцена, из четвертичного периода, тектоническое движение также привело к увеличению высоты местности. Климатически изменения здесь были наиболее существенны. Холод преобладал в начале данной эпохи примерно до 10 тысяч лет назад. К середине примерно 5тысяч лет назад произошло увеличение среднегодовой температуры, концу данной эпохи вновь похолодало. Такая изменчивость температурного режима привело к увеличению глубины рек и появлению в них песчаных отложений.

Вернувшись к вопросу поднятия берегов реки Иртыш, стоит отметить, что левый берег поднимался примерно на 4 мм за год, была сформирована узкая пойменная долина в 5-15 километров на которую особое влияние как раз и оказали аллювиальные отложения 10-14 метров. Правый берег поднимался значительно большими темпами за год - 7-8 мм. Это сказалось на формировании пойм притоков. Аккумулятивными процессы связаны с образованием левых притоков, в то время как правые являлись результатом эрозионно-аккумулятивных свойств.

В Омском Прииртышье скорость поднятия левого берега Иртыша составляла менее 4,4 мм в год, что обусловило формирование узкой пойменной долины (3-12 км) с мощностью аллювиальных отложений 12-16 метров. На правом берегу поднятие происходило быстрее (5-6 мм в год), что отразилось на строении пойм притоков: левые притоки характеризуются аккумулятивными процессами, а правые - эрозионно-аккумулятивными [4].

Примером данных процессов может служить размывание левобережной стороны реки Тары, к северу от которой рельеф поднимается довольно быстрее.

В голоцене поднятия почвы ускорили эрозийное расчленение рельефа, в частности в местах с довольно большой влажностью в особенности правых берегов главной реки Омской области [4].

Ландшафты плоского типа распространяются на большинстве равнин в большей степени к юго-востоку от реки Иртыш. Характерные для этих мест замкнутые понижения занимают почти треть водораздельных пространств. Большинство ученых связывают их образование с процессами просадки грунтов и выносом частиц подземными водами, хотя существуют теории о древнем мерзлотном происхождении некоторых западин. Типичные размеры этих округлых форм микрорельефа не превышают метровой глубины, а более крупные впадины часто заполнены водой, образуя цепочки озер в центральных районах левобережья. Когда влажность воздуха максимальна в западинах наблюдается скопление солёных почв, в связи с чем большую часть территории занимают болотистые местности.

Равнины, на которых образуются болота чаще наблюдаются со стороны правого берега Иртыша, там находятся болота особого типа верховых. Но болотистая местность также хорошо распространена и на левом берегу, это низкие болотные формирования [3].

Увалистые равнины с пологими склонами формируют ландшафты вблизи Иртыша на участках Тобольского плато, Тара-Туйской низменности и Прииртышской возвышенности. Эти территории, испытывающие активные поднятия, отличаются наиболее интенсивным эрозионным расчленением - густой сетью речных долин, оврагов и балок. Здесь зафиксированы максимальные показатели плотности овражной сети (до двух вершин на квадратный километр) и глубины врезания водотоков (до 77 метров). Сочетание обильного увлажнения с крутыми склонами создает идеальные условия для развития оврагов, оползней и других эрозионных процессов [3].

Наиболее выразительные гривны ландшафты с чередованием линейных возвышенностей и понижений встречаются в древних долинах около озер Ик, Салтаим и Тенис, вдоль русла Оши, на террасах Саргатского района

и в Алаботинской долине. Гривы протяженностью 2-5 км при ширине 300-1200 метров ориентированы преимущественно в западно-восточном направлении. Их относительные высоты обычно составляют 5-6 метров, лишь местами достигая 10-метровой отметки [5].

Возникновение гривных форм рельефа связано с деятельностью талых ледниковых вод в четвертичный период. Эти линейные возвышенности четко ориентированы в соответствии с направлением древних водотоков, что подтверждается геоморфологическими исследованиями. В основании грив обнаруживаются характерные горизонты глинистых окатышей - свидетельство водной транспортировки материала.

Дальнейшее формирование рельефа происходило в условиях резко континентального климата сартанской ледниковой эпохи (20-14 тыс. лет назад), когда преобладали интенсивные эоловые процессы. Об этом наглядно свидетельствует состав гривных отложений: практически полное отсутствие слюд при высокой концентрации кварцевых частиц. В современный период межгривные понижения стали зоной активного засоления и заболачивания, где часто встречаются озера различной степени минерализации.

Склоны грив подвержены интенсивным процессам плоскостного смыва и дефляции, местами развивается линейная эрозия. На плоских вершинах наблюдаются суффозионно-просадочные явления, связанные с выносом мелкоземом подземными водами. Степень расчлененности территории варьирует: наиболее выражена она в Прииртышском увале (до 21 м перепада высот) и котловине озера Эбейты (до 67 м) [4].

Около 74% площади области занимают слаборасчлененные равнины с минимальной плотностью эрозионных форм. В степных и лесостепных ландшафтах преобладает озерно-западинный тип рельефа, где на некоторых участках насчитывается до 20 и более западин на 100 км². Современная динамика рельефа определяется как естественными экзогенными процессами (эрозия, дефляция, суффозия), так и интенсивной хозяйственной деятельностью, особенно в зоне освоенных сельскохозяйственных территорий [2].

Речная эрозия в Омской области проявляется преимущественно в виде бокового размыва, который активно воздействует на русло Иртыша и его притоков. Особенно интенсивно разрушаются аллювиальные пойменные и надпойменные террасы, а также высокие правые крутые берега.

Береговая линия больше всего страдает в период половодья (около 70% за год). Это напрямую зависит от осадков и скорости таяния снега, ведь при увеличении объемов воды увеличивается количество и масштаб разрушений берегов [2,3].

В пример можно привести все тот же Иртыш, левый берег которого, около поселка Черлак сдвинулся за 40 лет на 225 метров. В результате чего пострадали поселки: Черняево, Курманово, Бергамак, Новотроицкое. Властями были затрачены большие средства и проведены строительные работы для сохранения береговой линии.

Исторические хроники сохранили свидетельства катастрофического обрушения в 1878 году, когда у села Серебряное на протяжении километра в реку сполз 60-метровый участок берега, образовав напротив новый остров. [2,3].

Антропогенное воздействие на южные территории Омской области привело к значительному усилению эрозионных процессов, особенно в условиях интенсивного хозяйственного освоения без должного учета природных особенностей рельефа. Наиболее остро эта проблема проявляется в развитии овражной сети, спровоцированной целым комплексом нерациональных землеустроительных мероприятий.

Концентрация поверхностного стока через искусственные линейные объекты – специальные каналы, мелиоративные каналы, валы на границах пашни, ошибки в выборе мест для высадки лесополос, когда их высаживали около склонов – это и является причиной образования эрозии. [3].

Удивительно, но иногда даже природоохранные мероприятия могут сказываться на самой природе, если при их реализации не учитывается комплекс местных ландшафтных закономерностей. Это свидетельствует о необ-

ходимости тщательного геоэкологического обоснования любых видов хозяйственной деятельности в регионе, особенно в условиях растущей антропогенной нагрузки на природные системы.

Типичным примером негативных последствий нерационального природопользования стало освоение водосборной площади озера Ульжай в Черлакском районе. В 1950-х годах сплошная отвальная распашка целинных степных земель спровоцировала масштабную ветровую эрозию. К концу 1960-х пыльные бури стали регулярно заносить ценную лечебную грязь озера слоем эоловых наносов [4].

Предпринятые меры по борьбе с дефляцией (переход на безотвальную вспашку) не учитывали комплексного воздействия на экосистему. Это привело к новым проблемам - резкому увеличению поверхностного стока талых вод в направлении озера. В результате сформировалась разветвленная овражная сеть с длиной промоин 400-900 метров, где боковые отвершки ежегодно прирастают на 20 метров. Массовый смыв почвенных частиц в водоем вновь поставил под угрозу уникальные лечебные свойства ульжайских грязей.

Этот случай наглядно демонстрирует, что в Омском Прииртышье, где рельеф исторически формировался под воздействием тектонических процессов, климата и поверхностных вод, антропогенный фактор стал важнейшим геоморфологическим агентом. При этом преобладание равнинных ландшафтов ограничивает рекреационную привлекательность региона.

1.2 Климатические факторы

Климатические особенности оказывают значительное воздействие на жизнедеятельность человека и его экономическую активность. В каждой сфере экономики связанной так или иначе с природой есть запрос на климатическое обеспечение, начиная от сельского хозяйства и заканчивая дорожно-транспортной отраслью. Так же внимание уделяется климату при строительстве различных сооружений надземного и подземного типов.

Климат определяет местоположение территории на карте земли, это связано с углом падения солнечных лучей, и как следствие разным прогревом земной поверхности. Если говорить только о широте, то Омск находится, например на одном уровне с Челябинском, Калининградом и Петропавловском, но в связи с различием долготы, особенностями рельефа и местности климат сильно отличается. Особое влияние на климат вносит тип атмосферной циркуляции, который представляет собой движение воздушных масс на довольно больших территориях, но имея также и локальные особенности [4].

В прошлом веке климатологом и доктором географических наук Б.П. Алисовым была создана система, классифицирующая климаты на различных долготах и широтах. Согласно ей, Омская область расположена в умеренном климатическом поясе, с характерными признаками лесов и степей.

Для данной местности характерны западные ветра, с приносимыми ими воздушными массами, хотя в большей степени на климат оказывает влияние Арктика и субарктические воздушные массы.

Как летом, так и зимой земля в данном регионе прогревается довольно быстро летом, но также быстро и остывает в холодное время года, это связано с нахождением области на Западно-Сибирской равнине, в географическом центре Российской Федерации. Эта местность удалена от морей и океанов поэтому не испытывает их влияния, но так как с севера и юга она не имеет высоких рельефных особенностей то подвержена постоянному тектоническому воздействию.

На территорию Омской области так же оказывает влияние климат Казахстана, приносящий теплые воздушные массы, которые перемешиваются с субарктическими, в результате чего образующиеся фронтальные зоны принимают довольно большую высоту, все это приводит к образованию циклонов на континенте - совершенно не характерных для общего погодообразования земли [4].

При увеличении одной из воздушных масс другая соответственно теряет свою значимость в погодообразовании, значимость воздушной массы

определяют региональные особенности, на которых она зарождается. Как двух одинаковых снежинок, так и двух одинаковых переносимых объёмов воздуха с идентичными свойствами вряд ли получится встретить в природе, в связи с постоянным взаимодействием с различными факторами. Таким образом на территории Омской области формируется уникальная особенность взаимодействия трех воздушных масс.

Основную часть холодного климата несёт в себе арктические воздушные массы, отличающиеся суровостью температурного режима, высокой относительной влажностью и довольно большой дальностью видимости в них. Влияние этих масс не имеет сезонного хода и может сказываться на погоде и летом и зимой.

В полосе между 35 и 60 градусами северной широты формируются воздушные массы умеренного типа, как континентального, так и морского полярного происхождения. Континентальный воздух, зарождающийся над просторами Евразии, отличается небольшим содержанием влаги, особенно если сравнивать с воздушными массами, образующимися в европейской части России. Морской воздух, формирующийся над Атлантическим океаном, наоборот, характеризуется повышенной влажностью, более мягкой зимой и умеренным летом, в отличие от его континентального аналога. В Западную Сибирь он проникает под воздействием западных воздушных течений.

Тропические воздушные массы достигают Омска из районов большой Азии и Средиземноморских территорий, двигаясь через Прикаспийскую низменность и казахстанские территории с южного направления. В летние месяцы они приносят с собой жару и незначительную влажность, а зимой приводят к значительным потеплениям, которые иногда сопровождаются осадками в виде дождя.

Помимо основных типов воздушных масс, на климат в Омске оказывает влияние арктический воздух, представляющий собой комбинацию характеристик арктического воздуха атлантического океан, формирующегося к северу от 60° с.ш. и атлантического воздуха из-за сказывающихся потоков

Гольфстрима. Он идет со стороны Скандинавского полуострова и южной части северных морей с северо-западными потоками, пересекая европейскую часть России и Урал.

В областях с низким или высоким атмосферным давлением формируется устойчивый воздух и незначительными колебаниями, является причиной ясной морозной погоды, часто с туманами, в январе и безоблачной жаркой погоды в июле.

Для климата Омска наиболее типично преобладание умеренного континентального воздуха, который наблюдается приблизительно 138 день в году. Значительно реже отмечается приход арктических воздушных масс с моря (15 дней).

Различные виды воздушных масс обладают уникальными характеристиками и разделены между собой фронтальными зонами. Фронт – это переходная область, где происходят резкие изменения значений метеорологических параметров, в частности, температуры и влажности. Характерна значительная облачность, значительно усиливаются осадки, происходят масштабные изменения давления, скорости и направления ветра.

Как холодные, так и теплые, фронты наблюдаются на протяжении всего года с приблизительно равным количеством. Хотя летом теплые фронты встречаются реже, чем холодные, что объясняется их разрушением в дневное время из-за сильного нагрева большой территории земли [4].

В Омской области преобладают циклонические вихри, приходящие с запада и северо-запада. Атлантические циклоны, движущиеся под воздействием западных воздушных потоков, зачастую отличаются значительной глубиной и активностью, обуславливая выпадение дождей и возникновение гроз в летний период, а в зимний – обильные осадки в виде снега и метели. Так называемые "ныряющие" и местные циклоны наблюдаются значительно реже. Среди антициклонов, оказывающих влияние на погодные условия в Омской области, наиболее типичным является сибирский антициклон, значительно превышающий в зимние месяцы свое количество по сравнению с лет-

ними. С наступлением холодов возрастает роль приземного антициклогена и усиливается воздействие Сибирского антициклона. В зимнее время антициклон приносит ясные, морозные дни, сопровождающуюся туманами и инеем, а в летний период – засушливую и знойную жару. В половине случаев для погоды Омска характерно слабо выраженное барическое поле, что приводит к уменьшению облачности, морозной зимы и теплым летом. В летний период иногда наблюдаются недели проливных дождей, вызванные обширной, но малоподвижной депрессией, появляющиеся в пределах территории Западной Сибири.

1.3 Автотранспортная отрасль и её климатическое обеспечение

Транспортная система Омской области, являясь важной составляющей региональной экономики, обеспечивает перемещение как грузов, так и пассажиров. Регион характеризуется развитой транспортной инфраструктурой, включающей в себя практически все виды транспорта, за исключением морского: автомобильный, железнодорожный, речной (внутренний водный), трубопроводный и воздушный.

Основной объем перевозок внутри области, как грузовых, так и пассажирских, приходится на автомобильный транспорт. Железнодорожный транспорт преимущественно задействован в транспортировке транзитных грузов и пассажиров. Воздушный транспорт играет роль в обеспечении дальних и транзитных пассажирских перевозок. Ключевым транспортным узлом области является город Омск.

Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования в Омской области в 2022 году составила 24 050,4 км, из которых 14 079,2 км имеют твердое покрытие. Это составляет 58,5%, что ниже среднего показателя по России (70,8%) и Сибирскому федеральному округу (71,6%).

Значительное количество населенных пунктов области (589) связаны с районными центрами лишь грунтовыми дорогами, не имея доступа к дорогам

с твердым покрытием. Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет в среднем 100 км на 1000 км² территории (по данным на 2022 год). Сеть автодорог включает в себя федеральные трассы, такие как Р-254 «Иртыш», Р-402, А-320, 52А-1 и 52А-5, а также дороги регионального значения, например, 52К-1, 52К-2, 52К-3 и другие [7].

Учитывая значительные вариации климата, типов почв и гидрологических условий на территории России, разработка проектов земляного полотна и дорожных конструкций не может быть унифицирована для всех регионов. Для учета этих региональных особенностей применяется дорожно-климатическое районирование.

В основу деления территории России и близлежащих стран на дорожно-климатические зоны положено естественноисторическое районирование, которое принимает во внимание общие черты климатических, гидрологических и геоморфологических показателей [6].

На территории Российской Федерации выделяется пять зон, различающихся по климату.

Первой зоной является область распространения вечной мерзлоты, характеризующийся избыточным увлажнением верхних слоев почвы из-за близкого расположения мерзлого слоя. Испарение здесь ограничено из-за короткого теплого периода.

Второй зоной являются регионы с повышенным увлажнением грунтов, обусловленного большим объемом осадков, довольно низкой испаряемостью и высоким уровнем подземных вод. Коэффициент увлажнения превышает 1.

Третьей зоной является местность с особенностью периодического увлажнения. Коэффициент увлажнения колеблется от 1 до 0,6.

Четвертая зона – зона недостаточного увлажнения, характеризующаяся умеренной влажностью верхних слоев почвы из-за высокой испаряемости и ограниченного количества осадков. Уровень грунтовых вод находится на большой глубине. Коэффициент увлажнения составляет 0,6-0,3.

Пятая зона - довольно сухая зона с малым увлажнением грунтов, связанным с сильным испарением. Коэффициент увлажнения не превышает 0,3-0,12. Однако весной на орошаемых участках и при высоком уровне грунтовых вод возможно переувлажнение.

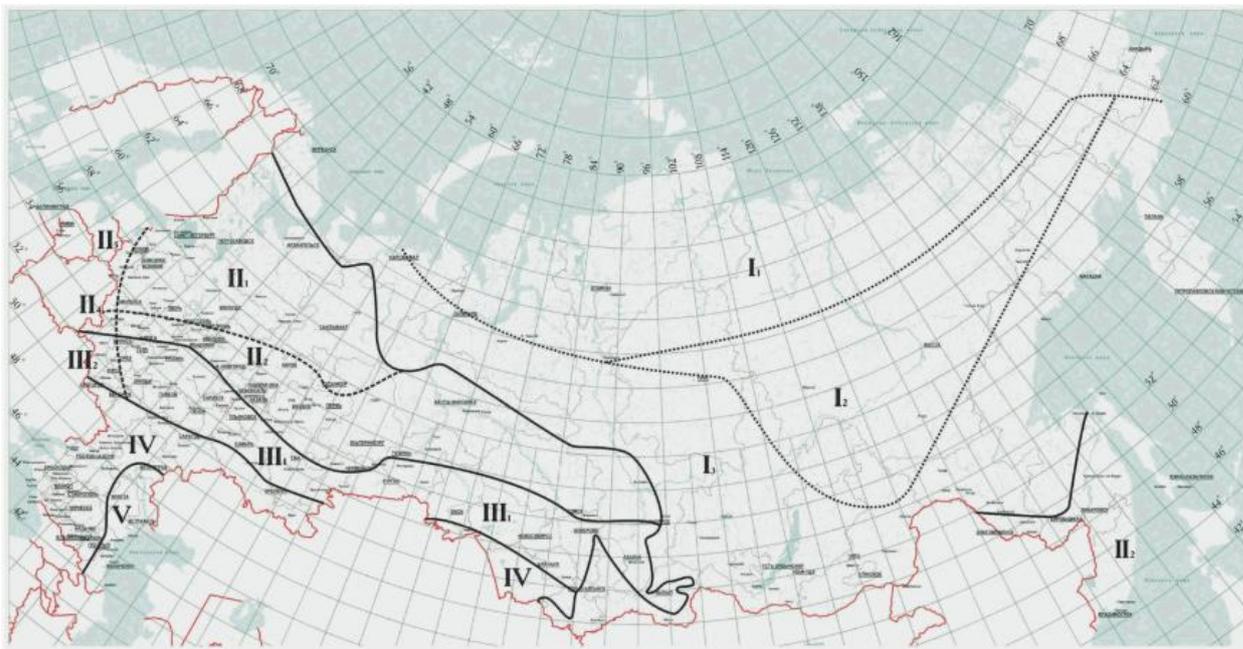


Рисунок 1.1 - Дорожно-климатическое районирование РФ

В пределах региона Омска выделяются три различных дорожно-климатических зоны, вторая, третья и четвертая, одна равнинная подзона и восемь дорожных районов, что обусловлено разнообразием географических условий.

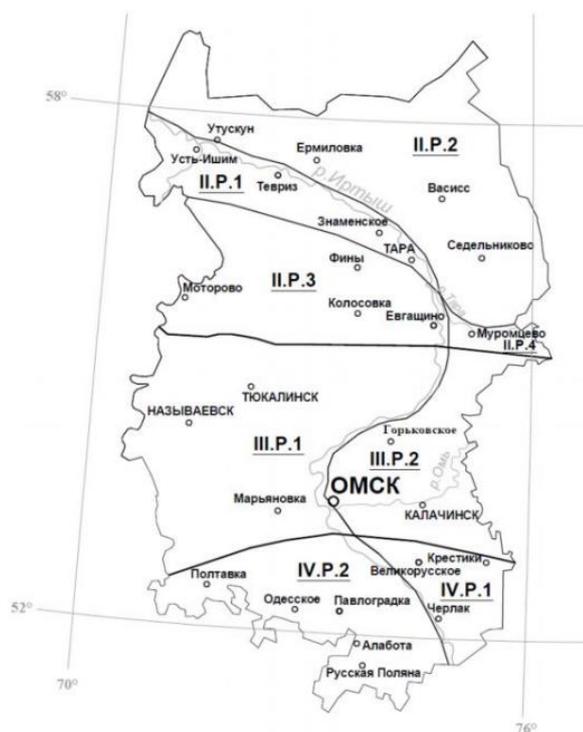


Рисунок 1.2 - Карта дорожно-климатического районирования Омской области: II, III, IV – дорожно-климатические зоны; 1–4 – номера дорожных районов, выделенных на территории Омской области; P – вид подзоны рельефа

Надежность и устойчивость грунтов в данном регионе в значительной степени зависят от природных факторов, климатических особенностей, гидрогеологической обстановки, а также от степени насыщенности грунта влагой. Для установления расчетных показателей влажности грунтов, составляющих земляное полотно, практикуется проведение замеров на действующих трассах или специальных полигонах.

Однако, учитывая неоднородность дорожной сети в России, не всегда представляется возможным выполнить необходимые замеры влажности почв, земляного полотна на всех территориях. К тому же, сжатые сроки инженерных изысканий зачастую препятствуют сбору грунта в наиболее показательный период. Поэтому, при строительстве различных участков дорог, определение расчетной влажности грунтов земляного полотна нередко базируется на применении математического моделирования [6].

Существенное влияние на эксплуатационные характеристики дорог и автомагистралей оказывают климатические факторы: температурные изменения, включая экстремальные значения, объемы выпадаемых осадков и условия их испаряемости, направление и сила ветра, глубина промерзания грунта и толщина снежного покрова. От них зависит длительность строительного периода и необходимость использования новых технологий при ремонте и обслуживании дорог для поддержания их функциональности.

Изменения климата приводят к сезонности, что к примеру приводит к снижению прочности дорожных сооружений весной, в это время в некоторых регионах снижают транспортную нагрузку для сохранения дорожного полотна и предотвращения дорожных происшествий. Постоянное воздействие опасных погодных явлений, таких как сильные дожди, снежные переносы и особенно гололед, способствует постепенному разрушению компонентов дорожной конструкции [9].

Температура, включающая среднемесячные и экстремальные значения, даты перехода через ноль и частоту таких переходов, определяет длительность сезонов, методы ремонта и обслуживания дорог, условия образования гололеда, состояние снежного покрова и вероятность заносов. В сильные морозы риск обледенения снижается, но сухой снег легко переносится ветром, увеличивая вероятность заносов. Переход температуры через нулевую отметку увеличивает риск гололеда и гололедицы в переходные периоды.

Температура влияет на эксплуатацию и на само качество дорог. Сказывается сильное влияние ветра, при условиях такового и образовавшегося гололеда, особенно это опасно на равнинной местности, где водитель может не справиться с управлением, на больших скоростях и попасть в аварию. Ветер играет главную роль в снегопереносе. Снег, дождь со снегом, град, туманы и метели, могут стать ключевым звеном в формировании гололеда или гололедицы. Количество осадков первостепенный фактор снежных заносов, формирования льда и количества снега на дорогах, к тому же эти явления сказываются на дальности видимости.

Снежные заносы ухудшают сцепление с дорогой, в следствии чего водителям приходится уменьшать скорость, создавая заторы на дорогах и остановки в движения, уменьшению ширины дорожной части и ухудшению сцепления сцепления с поверхностью. Даже опытные водители иногда не в состоянии справиться с такими стихиями природы, иногда банально не хватает времени реакции, особенно на большой скорости [8,18].

Гололедица и снежные заносы замедляют трафик и снижают пропускную способность автодорог, что приводит к удорожанию транспортных услуг. Атмосферные осадки и туман приводят к ухудшению видимости, что также сказывается на скорости движения, пропускной способности и затрудняет оценку ситуации на дороге.

В связи с ростом интенсивности автомобильного трафика, первостепенное значение приобретает обеспечение безопасности на дорогах. Приоритет здоровья и благополучия всех участников дорожного движения над любыми экономическими выгодами является фундаментальным принципом. Этот принцип заложен в основу действующих нормативных документов, а также учитывается при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог.

Любые работы на дорогах должны осуществляться таким образом, чтобы не снижать уровень безопасности. Несмотря на то, что погодные условия оказывают влияние на безопасность дорожного движения, ключевые элементы дорожной инфраструктуры разрабатываются с учетом стандартных метеорологических условий. Несоблюдение этих стандартов может негативно сказаться на безопасности.

Погодные факторы воздействуют на дороги и автовладельцев с различной продолжительностью с большими временными интервалами, такими как устойчивый снежный покров или низкие температуры, до кратковременных явлений, например, тумана и иногда гололедицы. Именно кратковременные явления оказывают наиболее существенное влияние на частоту и тяжесть до-

рожно-транспортных происшествий, ведь к ним практически нельзя быть готовым.

В условиях гололеда и гололедицы на трассе значительно увеличивается дистанция для остановки автомобиля, а также возрастает вероятность потери управления, что, в свою очередь, повышает риск возникновения аварийных ситуаций. Статистические данные указывают на то, что неблагоприятные дорожные условия являются причиной от 13% до 16% всех дорожных происшествий. При этом приблизительно 50% этих аварий происходит в зимний период и связана с метеорологическими факторами, ухудшающими сцепление шин с дорожным покрытием и ограничивающими дальность видимости [15].

Оценка безопасности дорожного движения производится на основе анализа и учета дорожно-транспортных происшествий на определенном участке дороги. Учет ДТП происходит при учете причин, обусловленных погодными условиями: малый коэффициент сцепления с дорожным покрытием, уменьшение ширины проезжей части из-за снежных сугробов, если очистка проезжей части была меньше нормы. Присутствие снежных валов, затрудняющих обзор на перекрестках, а также плохая видимость из-за атмосферных явлений.

Величина тормозного пути автомобиля определяется множеством технических характеристик транспортного средства, состоянием водителя и природными условиями. Основными показателями является скорость, состояние дорожного покрытия и исправность тормозной системы. Например, при резком торможении легкового автомобиля, движущегося со скоростью 40 км/ч, по сухому асфальтовому покрытию для полной остановки потребуется 28 метров. Однако при скорости 60 км/ч тормозной путь увеличится до 47 метров. По существующим данным увеличение скорости в два раза приводит к увеличению тормозного пути в четыре раза.

На дистанцию, необходимую для полной остановки транспортного средства, влияет целый ряд факторов. Ключевыми среди них являются

начальная скорость движения, характеристики дорожного покрытия, а также состояние тормозной системы и другие переменные. Например, легковой автомобиль, резко затормозивший на сухом асфальте при скорости 50 км/ч, завершит остановку приблизительно через 36 метров. Однако, если при тех же начальных условиях дорога окажется покрыта влажной грунтовой смесью, тормозной путь увеличится до 48 метров (см. таблицу 1.1).

Таблица 1.1 - Изменение тормозного пути в зависимости от покрытия.

Скорость движения, км/ч	Остановочный путь при различных состояниях и типах покрытия, м					
	Асфальтобетонное покрытие		Грунтовое покрытие		Уплотненный снег	Обледенелое покрытие
	сухое	мокрое	сухое	мокрое		
10	5,0	5,7	5,4	6,0	6,4	9,3
20	11,0	14,0	12,0	16,0	16,7	28,6
30	18,0	20,0	19,0	22,0	25,0	32,0
40	28,0	31,0	29,0	34,0	40,0	51,0
50	36,0	43,0	38,0	48,0	57,0	75,0
60	47,0	57,0	51,0	64,0	77,0	105,0

Существенное влияние на длину тормозного пути оказывает коэффициент сцепления, величина которого варьируется в зависимости от внешних условий, таких как температура окружающего воздуха и наличия осадки. Для безопасности автодорог в зимние месяцы принимаются и внедряются механизмы, направленные на борьбу со снежными заносами на дорогах, как на этапах разработки, так и после введения в эксплуатацию. [6, 15].

Службы по дорожной расчистке осуществляют работы в соответствии с установленными стандартами с целью создания безопасного передвижения в тяжёлых природных условиях. Также проводятся специальные мероприятия, включающие оперативное оповещение водителей об актуальном состоянии дорожного полотна, применение дополнительных средств оповещения о рекомендованных параметрах движения ими являются дорожные знаки и указатели временных положений. По документации о дорожно-транспортном обеспечении дорожные организации имеют право на получение метеорологических сводок для оптимального планирования дорожных работ.

По мимо видимых метеорологических параметров необходимо принимать во внимание скорость потери влаги через испарение. При планировании

автомобильных магистралей ключевое значение приобретают метеорологические сведения, и классификации района прохождения дороги по климатической зоне недостаточно. Нужно проводить детальное изучение климатических условий, используя информацию, предоставляемые ближайших метеостанций, и сопоставлять их с общей информацией о дорожно-климатического районирования [6].

При создании проекта основания дороги, покрытия и прочих элементов учитываются общие климатические данные области строительства, глубина нахождения подземных вод, высота снежного покрова, глубина промерзания почвы и другие параметры.

При разработке дорожных проектов, включая основание, покрытие и прочие компоненты, принимаются во внимание общие климатические условия региона, горизонт грунтовых вод, толщина снежного покрова, уровень промерзания земли и иные факторы. Для вычисления объемов поверхностного водоотвода, водопотребления в водотоках и дренажных системах необходима информация о годовом соотношении снега и дождя, количестве, протяженности и повторяемости, а также сведения о среднемесячных и среднегодовых значениях с преобладанием дождей.[6].

При проектировании дорожной конструкции, в особенности при применении минеральных материалов, необходим учет годовой температуры данной местности, а также максимумы, минимумы и средние значения.

При проектировании конструкций подземного назначения нужно опираться на учет гидрологических и геофизических изысканий, метеорологи же в свою очередь могут назвать главную характеристику при таком проектировании - глубину промерзания.

Глава 2. Анализ режима метеорологических характеристик Омской области

2.1 Температурный режим воздуха и почвы

Температура – ключевая физическая характеристика воздушной массы, играющая определяющую роль в формировании погоды и климата. Тепловая энергия, содержащаяся в воздухе, является причиной многообразия атмосферных явлений и лежит в основе всех метеорологических процессов.

Был проведен анализ температур за последние 30 лет с 1994 по 2024 год. В результате чего выяснилось, что температура воздуха Омской области подвержена значительным колебаниям в различные временные периоды: от года к году, от месяца к месяцу и в течение суток.

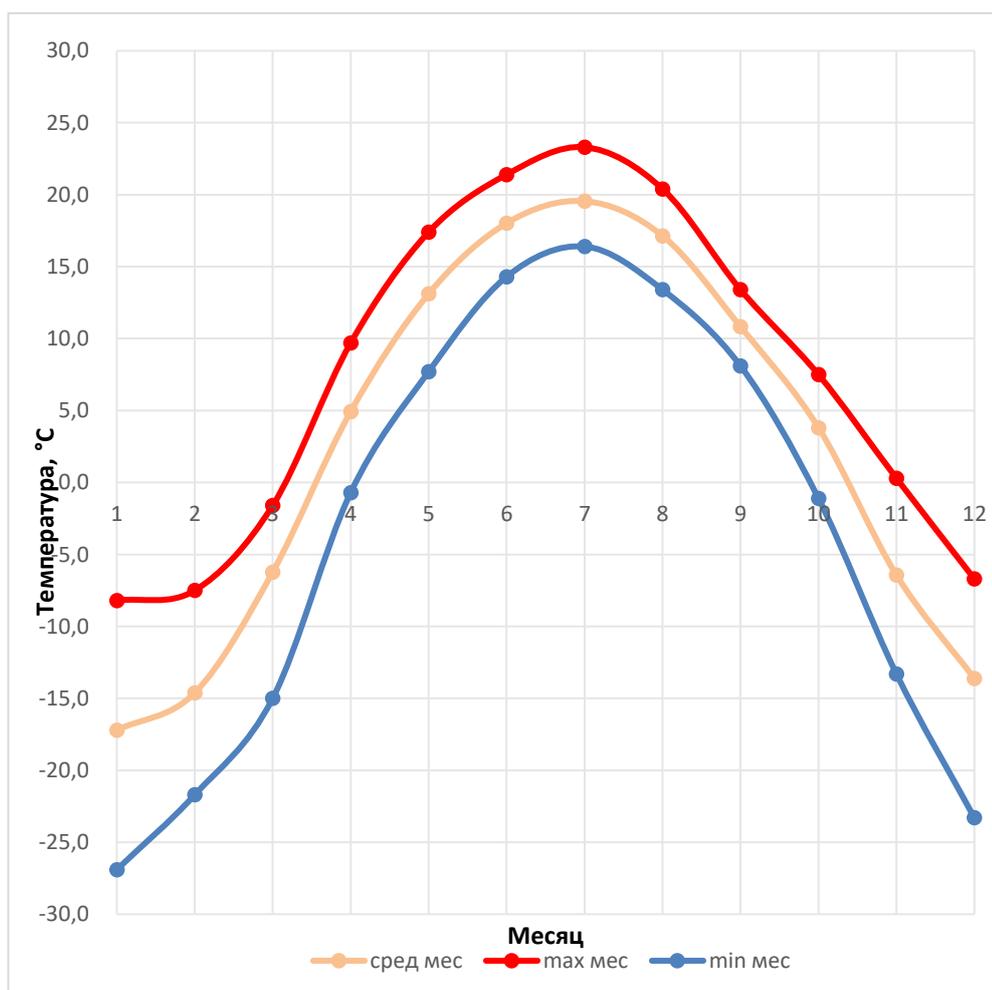


Рисунок 2.1 - Годовой ход температуры воздуха

Суточные температурные изменения наиболее заметны в зимний период, в то время как в летние месяцы они менее выражены. Типичная суточная амплитуда в тёплое время года составляет 4-7°C, а зимой этот диапазон увеличивается до 8-13°C (см. рисунки 2.2 и 2.3).

На графике 2.3 изображены суточные колебания температуры в январе. Самые низкие температуры обычно наблюдаются в утренние часы, непосредственно перед восходом солнца, а пик температуры приходится на 2-3 часа после полудня.

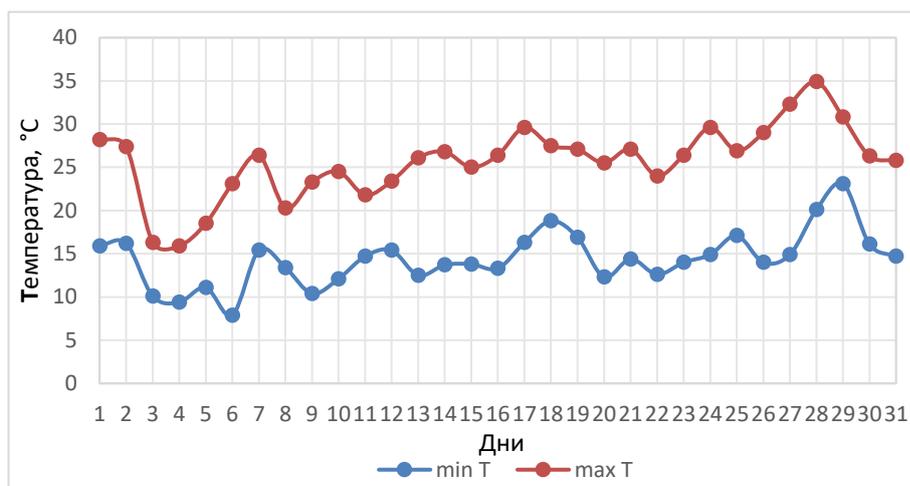


Рисунок 2.2 - Суточные колебания в июле

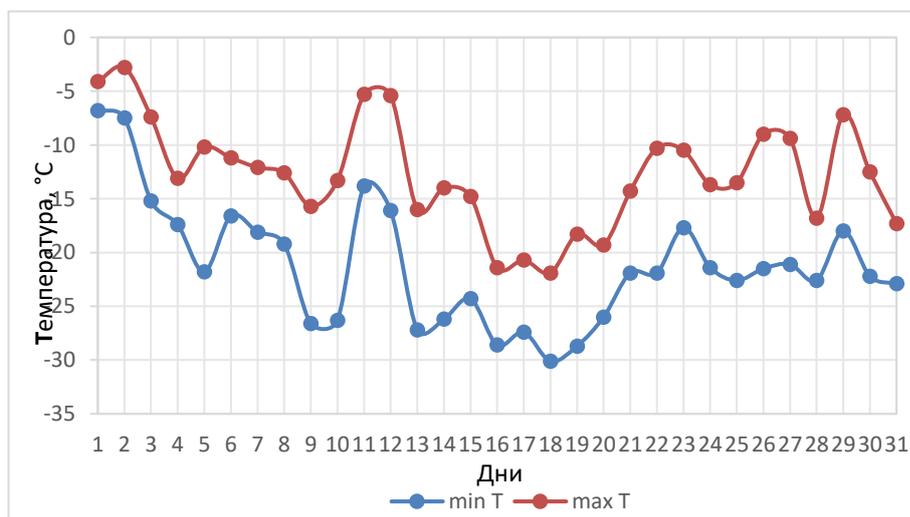


Рисунок 2.3 - Суточные колебания в январе

Наиболее значительные температурные колебания происходят при безоблачной погоде. Изменение температуры от суток к суткам (разница между среднесуточными показателями) зимой в 1,5-2 раза превышает аналогичный показатель для лета (летом не более 2-3°C, зимой до 4-5°C).

Наиболее часто встречается суточная изменчивость в пределах 1-2°C, при этом зимой преобладают тенденции к понижению температуры, а летом – к повышению.

Среднегодовая температура составляет примерно 2,4 градуса. Возможны отклонения от этого значения. Самая низкая среднегодовая температура (0,3°C) была зарегистрирована в 1996 году, а самая высокая (5,1°C) – в 2020 году.

Значительна также изменчивость среднемесячных температур, особенно зимой. Например, в январе 2006 года средняя месячная температура воздуха составила -26,9°C (что типично для арктического побережья), а в январе 2002 года – только -8,2°C. Подобные экстремальные значения встречаются редко. В большинстве случаев средняя месячная температура воздуха в январе находится в диапазоне -16...-21°C.

В самые суровые зимние месяцы, такие как январь и февраль, абсолютный минимальный температурный порог может достигать отметки в -42°C. Экстремальные морозы, когда термометр показывает -40°C и ниже, происходят в среднем один раз за десятилетие (например, в феврале 1994-го, январе 2006-го, а также в феврале и декабре 2012-го и декабре 2023-го). Как правило, наиболее холодным является январь.

Более широкий спектр температурных изменений в зимний и весенний периоды обусловлен активизацией атмосферных процессов, что приводит к частой смене воздушных масс. В летний период, напротив, температурная изменчивость снижается из-за уменьшения циклонической активности и общего прогрева воздушных масс. В этот период температурный режим становится более устойчивым, а колебания менее выраженными.

В течение большей части года положительные температурные отклонения обычно незначительно превосходят отрицательные, особенно это заметно в летние месяцы, когда разница между ними становится существенной.

Температурные показатели демонстрируют заметные колебания при переходе от одного месяца к другому, особенно в межсезонье. Весеннее по-

тепление происходит достаточно быстро. Если при переходе от января к февралю температура повышается незначительно, всего на $2,6^{\circ}\text{C}$, то при переходе от марта к апрелю среднемесячная температура увеличивается уже на $8,7^{\circ}\text{C}$, примерно так же, как и от апреля к маю – на $8,2^{\circ}\text{C}$. Апрель – первый месяц после зимы, когда устанавливается стабильная положительная температура ($4,9^{\circ}\text{C}$). Температура растет на $3-4^{\circ}\text{C}$ каждое десятилетие.

Подъем температуры продолжается до июля, хотя и с меньшей интенсивностью, всего на $1,5^{\circ}\text{C}$ от июня к июлю. В конце мая или начале июня происходит пересечение среднесуточной температуры отметки в 15°C . Тем не менее, в Омске сохраняется вероятность заморозков даже в мае. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 20°C в Омске обычно не наблюдается.

Самый теплый месяц – июль, когда типичные среднесуточные температуры колеблются от 19 до 21 градуса Цельсия. Впрочем, эти показатели подвержены значительным колебаниям: так, в 1998 году было зафиксировано $23,3^{\circ}\text{C}$, а в 2014 – всего $16,4^{\circ}\text{C}$. Абсолютный максимум температуры был отмечен в 2023 году и составил $38,9^{\circ}\text{C}$, а минимум – $4,3^{\circ}\text{C}$ в 2001 году. В течение летних месяцев нередки периоды сильной жары с дневными температурами, превышающими 30 градусов.

С наступлением августа температура постепенно снижается, и этот процесс становится более заметным с приближением осени, предвещая наступление зимних холодов. Переход среднесуточной температуры через нулевую отметку обычно происходит в середине октября. Первые заморозки в Омске чаще всего наблюдаются в начале октября, хотя примерно раз в десять лет они могут наступить лишь в конце месяца. Наиболее резкое похолодание происходит в период с октября по ноябрь – на $10-11$ градусов Цельсия. Стоит отметить, что осеннее снижение температуры происходит менее интенсивно, чем весенний рост. Ноябрь становится первым месяцем с отрицательной среднемесячной температурой ($-6,4^{\circ}\text{C}$). Период с отрицательной средней температурой длится 5 месяцев.

Важно помнить, что температурные данные обычно фиксируются на высоте двух метров над землей, и температура у самой поверхности может существенно отличаться.

Атмосфера поглощает незначительную часть солнечной энергии, основная часть которой уходит на нагрев почвы. Летом, в дневное время, нижние слои атмосферы нагреваются сильнее из-за тепла, исходящего от земли. Ночью, особенно при отсутствии ветра, распределение температуры может меняться на противоположное. В связи с этим, весной и осенью заморозки в приземных слоях воздуха и на поверхности почвы ощущаются острее, начинаются раньше осенью и заканчиваются позже весной [4,12].

Температура почвы определяется целым рядом факторов, таких как микрорельеф местности, ориентация по сторонам света, структура и состав почвы, уровень влажности, наличие растительности летом и снежного покрова зимой. Тем не менее, существует очевидная взаимосвязь между температурой почвы и температурой воздуха.

В холодное время года средняя температура поверхности грунта незначительно отличается от температуры окружающего воздуха. Обычно разница не превышает одного градуса Цельсия, при этом почва, как правило, немного прохладнее. В летний сезон это различие увеличивается, достигая 3–5°C, когда почва становится теплее воздуха. Уже в апреле, после таяния снега, верхние слои грунта начинают прогреваться быстрее атмосферы, и их температура превышает температуру воздуха на 1–3°C. Максимальные средние значения температуры поверхности почвы (отражающие дневной нагрев) и воздуха в летние месяцы могут значительно различаться, доходя до 17°C.

В летние дни почва может нагреваться до 35–40°C, а в периоды засушливых ветров – даже до 50°C, как это было, например, в июле 1998 года. При этом минимальные температуры в июне и августе могут опускаться до -2, -4°C, а в июле – почти до 0°C. С увеличением глубины колебания температуры в почве становятся менее резкими и более стабильными. Даже на неболь-

шой глубине температурный диапазон в грунте существенно меньше, чем в воздухе.

В отличие от атмосферы, температурный режим почвы имеет свои особенности. Наибольшие температурные колебания наблюдаются не зимой, а в теплое время года. При этом сезонные изменения температуры с глубиной происходят с задержкой во времени.

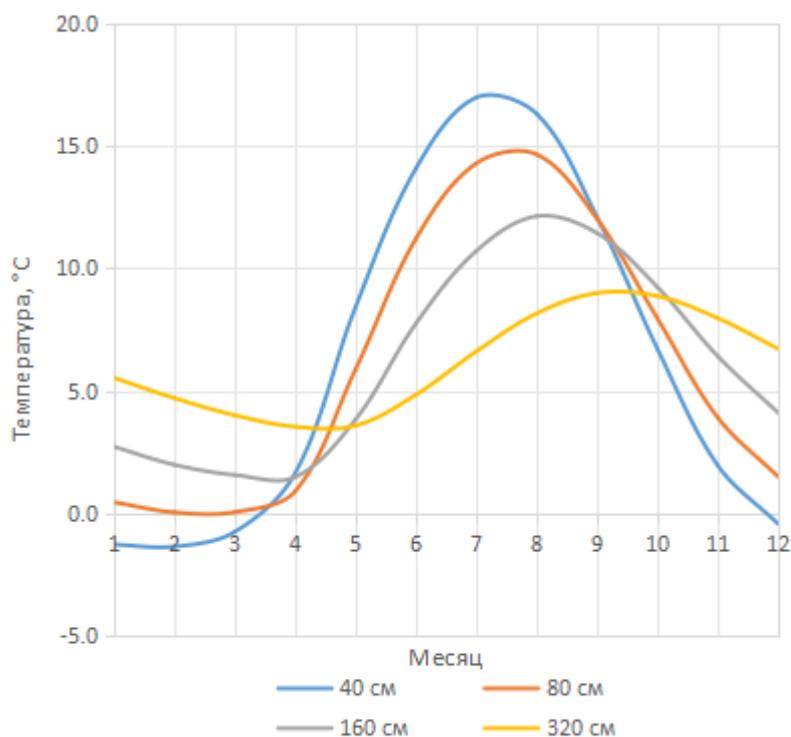


Рисунок 2.4 - Годовой ход температуры на глубинах

Наиболее интенсивное повышение температуры до глубины 40 см отмечается в апреле-мае, после пересечения отметки 0°C в середине марта. Это связано с процессами заморзания и оттаивания почвы, а также с изменениями ее влажности. Влажность влияет на снижение температуры с глубиной в летние месяцы и на поддержание более высокой температуры зимой. Таким образом, зимой температура почвы с глубиной увеличивается, а летом – уменьшается.[4].

Самая высокая температура на глубине 40 см фиксируется в июле (максимум 20,8°C), на 80 см – в августе, на 1,6 метрах – в сентябре, а глубже 3,2 метров – в октябре. На глубине 2 метра и ниже среднегодовая месячная температура всегда выше нуля. Аналогичная картина наблюдается и для ми-

нимальных температур. Для воздуха и глубины до 20 см самая низкая температура отмечается в январе, на 80 см – в феврале, на 2 метрах – в апреле, а глубже 3 метров – в мае. Суточные колебания температуры с глубиной ослабевают и почти исчезают на глубине около метра, но годовая изменчивость остается значительной.

Почвенные заморозки – явление более частое и интенсивное, чем заморозки в воздухе. Они раньше начинаются осенью и позже завершаются весной, из-за чего безморозный период в почве ощутимо короче. В верхних слоях почвы (до 40 см) отрицательные температуры преобладают с ноября, достигая максимума в январе-феврале, и отступают к началу апреля.

Первые заморозки в среднем и по крайним датам наступают позже с увеличением глубины, поскольку почва остывает постепенно от поверхности вглубь, что обусловлено её теплопроводностью. Последние весенние морозы могут не демонстрировать подобного запаздывания, так как нагрев почвы весной происходит как сверху, так и снизу. Длительность периода без морозов увеличивается по мере углубления в почву.

В зимний период на продолжительность периода без морозов в районе Омска, глубину проникновения нулевой температуры в почву и глубину промерзания значительное влияние оказывают высота снежного покрова, его распределение и время образования. На участках без снега промерзание (и проникновение 0°C) происходит значительно глубже, чем под снегом. В снежные зимы промерзание менее глубокое, чем в малоснежные. К примеру, в зимы 1994-1995, 2001-2002, 2007-2008, 2016-2017 годов обильные снегопады сдерживали максимальное промерзание [5].

Снежный покров менее 20 см в окрестностях Омска не обеспечивает достаточной защиты от промерзания. Глубина проникновения 0°C, часто называемая строителями "глубиной нулевой изотермы", определяет толщину слоя почвы с минусовыми температурами и может отличаться от глубины промерзания, поскольку замерзание грунта происходит при температурах ниже 0°C, в зависимости от состава почвы.

Обычно глубина проникновения 0°C превышает глубину промерзания. Однако из-за различий в высоте снежного покрова на метеостанции и в полевых условиях, эта закономерность может быть нарушена.

2.2 Режим осадков

Первостепенную роль в формировании режима увлажнения территории играют атмосферные осадки. Их объем, вид и пространственное распределение определяются, в основном, циркуляцией воздушных масс в атмосфере и географическим положением местности. Степень увлажнения региона во многом зависит от влаги, поступающей с запада. Атлантические воздушные массы достигают Омской области, значительно теряя влажность, проходя над Западной Европой, европейской частью России и Уральскими горами, что делает их существенно более сухими.

Осадки, приносимые арктическими воздушными массами с севера и тропическими потоками с юга, имеют меньшее значение. Арктический воздух содержит мало влаги, а тропический редко проникает в область, при этом связанные с ним осадки обычно наблюдаются в узких фронтальных зонах. В результате, общее количество осадков в Омске ниже, чем на аналогичных широтах в европейской части страны: в 1,5 раза меньше, чем в Уфе, в 1,7 раза меньше, чем в Москве, и почти в 2 раза меньше, чем в Минске.

Выпадение осадков в основном обусловлено прохождением циклонов и атмосферных фронтов, в то время как внутримассовые осадки встречаются редко. Осадки выпадают из облаков в различных формах: дождь, снег, снежная крупа или град. Однако они также могут образовываться на поверхности земли и различных объектах непосредственно из водяного пара, содержащегося в воздухе, в виде росы, инея, изморози или гололеда, которые также называют наземными гидрометеорами.

Осадки, выпадающие из облаков, подразделяются на обложные, моросящие и ливневые. Обложные осадки, такие как дождь и снег, формируются

в слоисто-дождевых и высокостристых облаках и, как правило, выпадают продолжительное время и охватывают большие площади. Морозящие осадки связаны со слоистыми облаками и представляют собой очень мелкие капли или снежинки, едва заметные и почти неощутимые при касании кожи. Ливневые осадки выпадают из кучево-дождевых облаков в виде крупных капель в теплое время года или крупных хлопьев снега зимой. Они начинаются и заканчиваются внезапно, охватывают узкие полосы местности и характеризуются быстрыми изменениями интенсивности [1].

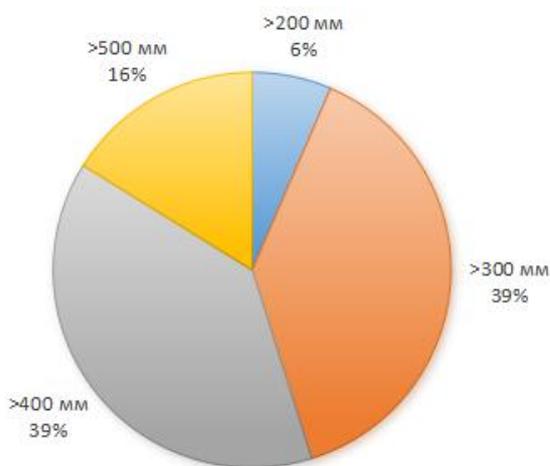


Рисунок 2.5 - Среднегодовое количество осадков.

Объем выпавших осадков, как за год, так и за месяц, характеризуется существенной непостоянностью. В среднем за тридцатилетний период годовая сумма равна 416 мм. Приблизительно один раз в шестилетие фиксируется превышение отметки в 500 мм, в то время как в большинстве лет количество осадков колеблется в пределах 340-460 мм. Максимальный годовой объем, зафиксированный в течение тридцатилетних наблюдений, пришелся на 2009 год (591 мм), а минимальный – на следующий, 2010 год (286 мм).

В течение года условно выделяют холодное полугодие (с ноября по март), для которого характерно преобладание твердых осадков, и теплое (с апреля по октябрь) с доминированием жидких форм. В Омске более 80% годовой нормы приходится на теплый период, и лишь около 20% – на холодный.

Распределение осадков в течение года типично для регионов с континентальным климатом и характеризуется резким переходом от незначитель-

ных зимних значений к обильным летним. Наибольшее среднемесячное количество наблюдается в июле (68 мм), а наименьшее – в феврале (18 мм).

Изменчивость месячных сумм осадков довольно велика, особенно в летние месяцы. Так, июльские значения варьируются от 8 мм (в 2012 году) до 167 мм (в 2024 году). По мнению специалистов Омского бюро погоды, засушливые периоды в летнее время связаны с усилением меридионального переноса воздушных масс. Антициклональная область над южной частью Западной Сибири и Казахстаном поддерживается поступлением сухого воздуха с севера. Формирование области высокого давления может быть обусловлено влиянием азорских антициклонов. Недостаток осадков в зимний период также обусловлен активным антициклоногенезом над Казахстаном и югом Западной Сибири. Обильные летние осадки, напротив, связаны с зональными процессами, когда Западная Сибирь и Казахстан оказываются под воздействием высотной ложбины.

В зимнее время года на объём выпадающих осадков значительное воздействие оказывают циклонические явления, переносящие влагу из южных и центральных районов Западной Сибири. Часто это происходит в виде последовательных циклонов, сформировавшихся над Чёрным, Средиземным морями или в Атлантическом океане. В такие годы сибирский антициклон ослабевает, и ось высокого давления, соединяющая его западную часть с азорским максимумом, сдвигается к югу от Казахстана. [5]

Омский регион характеризуется недостаточным уровнем увлажнения, поэтому важно учитывать и дни с минимальным количеством осадков, так называемые дни со следами осадков. В среднем за год таких дней насчитывается около 25, а дней с осадками, превышающими 0,1 мм, еще больше.

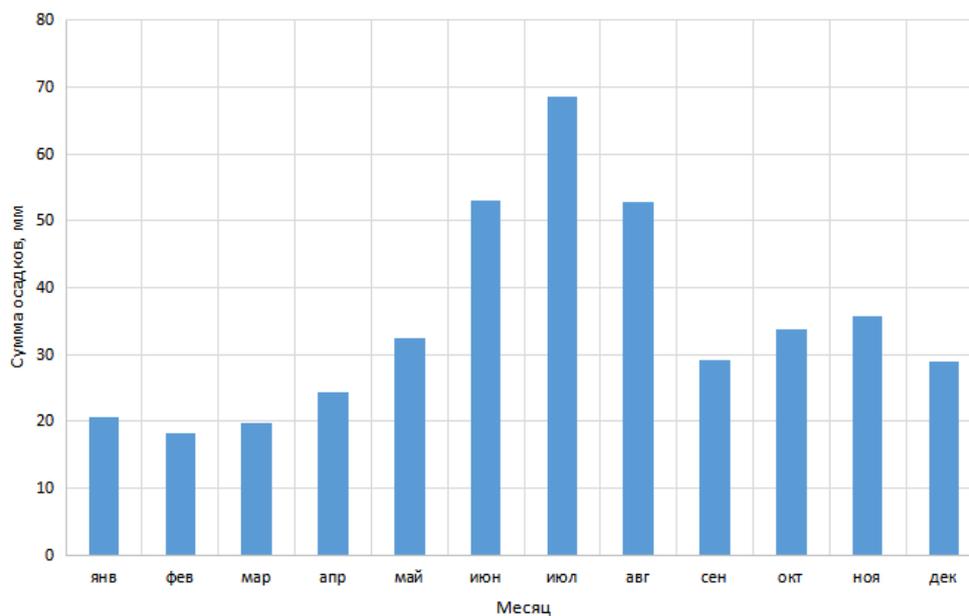


Рисунок 2.6 - Средний годовой ход осадков

По своему внешнему виду осадки классифицируются на твёрдые, жидкие и смешанные. К твёрдым атмосферным осадкам относятся снег, ледяная и снежная крупа, а также снежные зёрна. Их выпадение наиболее вероятно в период с октября по апрель, однако возможно и в мае, и в сентябре [5].

Летом чаще всего наблюдаются ливневые дожди, продолжительность которых обычно не превышает 3-4 часов. В редких случаях длительность отдельного дождя может быть значительной. Например, в июле 2024 года Омск столкнулся с необычайно сильными ливнями. Только 17 июля выпало 92 мм осадков, что существенно превысило обычные показатели: 174% от месячной нормы и 438% от нормы за декаду.

Хотя зимой в Омске выпадает меньше осадков, они оказывают большое влияние на жизнедеятельность человека из-за формирования снежного покрова. Несмотря на это, снежная масса играет важную роль, защищая почву от сильного промерзания. Она служит накопителем влаги, постепенно отдавая её почве. В период таяния снегов снежный покров может содержать до четверти годового запаса влаги [5].

Информация о параметрах снежного покрова играет ключевую роль в решении широкого спектра практических задач. Она необходима для оптимизации планирования работ по уборке снега, расчета величины снеговой

нагрузки на строительные конструкции, а также для определения глубины промерзания почвы при проектировании и строительстве трубопроводных систем, фундаментов зданий и автомобильных дорог. Чрезмерное скопление снега, особенно во время сильных снегопадов и метелей, может существенно затруднить движение автомобильного и железнодорожного транспорта [4].

В Омске, по данным многолетних наблюдений (за период 30 лет), в среднем отмечается около 158 дней в году с наличием снежного покрова. Устойчивое залегание снега сохраняется в течение приблизительно 149 дней, что соответствует периоду в пять месяцев. В особо холодные и снежные зимы продолжительность этого периода может достигать почти шести месяцев (например, в зимний сезон 2017-2018 гг. – 175 дней), в то время как в теплые зимы она сокращается до 4,5 месяцев (зима 2006-2007 гг. – 142 дня).

Как правило, в Омске первый снег выпадает в середине октября, хотя в отдельные годы наблюдались и более ранние сроки – в начале октября, например, в 1998, 2006, 2006 и 2017 годах. Зачастую первый снег не приводит к образованию устойчивого покрова и тает из-за оттепелей. В годы с продолжительной и теплой осенью образование устойчивого снежного покрова происходит в первой или второй декаде ноября, а при раннем наступлении зимы этот срок может сместиться на третью декаду октября (1996, 2009, 2015 и 2017 годы). Даты образования первого и устойчивого снежного покрова подвержены значительным колебаниям и зависят от конкретных погодных условий.

После установления устойчивого снежного покрова его высота постепенно увеличивается, причем в начале ноября этот процесс происходит медленно, а к концу ноября – началу декабря – наиболее интенсивно. В ноябре, как правило, формируется санный путь при высоте снега около 10 см.

В последние недели января и в феврале скорость увеличения толщины снежного покрова снижается. Нередки случаи, когда в этот период глубина снега остается неизменной на протяжении 10-20 дней или даже уменьшается на 1-2 см вследствие уплотнения. Максимальной высоты снежный покров

обычно достигает в марте (45 см и более), но примерно раз в четыре года превышает отметку в 60 см. В отдельные годы пик высоты снега приходится на другие зимние месяцы, чаще всего на январь или февраль.

Для Омской области, особенно для её степных районов, характерна крайне неоднородная картина распределения снежного покрова. Наряду с зонами накопления снега – сугробами, образующимися в углублениях рельефа или возле растительности, существуют участки с минимальным снежным покровом. В пределах города, за исключением зеленых зон, парков и придомовых территорий, снег подвергается уборке, что делает измерения снежного покрова в городской среде приблизительными. В годы с малым количеством осадков толщина снежного покрова не превышает 35 см (например, в сезоны 2005-2006 и 2008-2009), тогда как в снежные годы может превышать 70 см (февраль 2003, март 2024).

Во второй половине марта, под воздействием потепления, происходит интенсивное таяние снега, процесс, идущий значительно быстрее, чем его накопление зимой: уменьшение высоты снежного покрова составляет 10 см и более за декаду. В это время типичны дневные оттепели и выпадение жидких осадков, приводящие к уплотнению снега. Скорость таяния снега сильно варьируется в зависимости от местности. На открытых и возвышенных участках таяние происходит быстрее, чем в защищенных низинах [4].

Обычно устойчивый снежный покров исчезает в начале апреля, но приблизительно раз в десять лет это может произойти в конце марта, или же снег может продержаться до 20 апреля и позже. Самые ранние и поздние даты схода снега были зафиксированы 22 марта 2006 года и 22 апреля 1998 года, соответственно.

Весенние похолодания, вызванные вторжением арктических воздушных масс, часто сопровождаются снегопадами, но снег тает быстро. Иногда снег выпадает даже при наличии листвы на деревьях или во время цветения кустарников и деревьев. Подобные поздние снегопады наблюдались 16 мая 2017 года и 12 мая 2013 года. В 1999 году устойчивый снежный покров со-

шел к 10 апреля, а спустя несколько дней почва полностью очистилась от снега. Однако позже, в мае, несколько раз выпадал снег, и однажды (7 мая) снежный покров толщиной в несколько сантиметров продержался сутки.

В Омске, несмотря на продолжительные и холодные зимы, обильные снегопады (увеличение высоты снежного покрова более чем на 10 см за сутки) происходят не каждый год, а примерно раз в 6-7 лет. Наиболее вероятны сильные снегопады с октября по апрель, но чаще всего они наблюдаются с декабря по март, обеспечивая наибольший суточный прирост высоты снега – около 8 см. Во время таких снегопадов преобладают ветры юго-западного и северо-восточного направлений, а температура воздуха колеблется от -5 до -10°C. При сильных морозах (ниже -20°C) интенсивные снегопады случаются редко.

Как правило, интенсивные снегопады длятся не менее четырех часов, а в большинстве ситуаций – свыше двенадцати часов. Наибольшая продолжительность снегопада, достигавшая 24 часов, была зафиксирована два раза. Один из этих случаев произошел в марте 2023 года, когда за 24 часа выпало 9,5 мм осадков, что привело к увеличению высоты снежного покрова на 13 сантиметров.

2.3 Анализ режима опасных явлений для автотранспортной отрасли

В холодное время года, особенно в условиях тумана, морозящих или обычных дождей при отрицательных температурах, на различных поверхностях, таких как линии электропередач, ветви деревьев и почва, преимущественно с наветренной стороны, формируется гладкий, прозрачный или полупрозрачный ледяной слой, известный как гололед. Также может образовываться рыхлый, зернистый лед, называемый зернистой изморозью [2].

Тип образующегося льда – гололед или изморозь – определяется размером капель и скоростью их замерзания. Крупные капли замерзают медленнее и растекаются, образуя гололед. При более низких температурах (ниже -

3°C) мелкие капли замерзают быстро, не успевая растечься, из-за чего между кристаллами льда остаются воздушные включения, формируя бугристую структуру зернистой изморози. В морозную и тихую погоду при высокой влажности часто формируется кристаллическая изморозь - белые ажурные кристаллы, особенно характерные для Омска [4,5].

На дорогах гололедица возникает при замерзании воды после оттепели или при замерзании осадков на холодной поверхности. Гололедица обычно имеет локальный характер, и ее распространение не всегда зависит от общих погодных условий.

Примером сильного гололеда в Омске и области стало событие 10 апреля 2014 года, когда резкое похолодание и снегопад привели к образованию гололеда на дорогах. Ситуация усугубилась тем, что многие водители уже сменили зимние шины. Это привело к транспортному коллапсу и росту числа ДТП.

Гололед чаще всего наблюдается при дожде, мороси или мокром снеге при температуре от 0 до -5°C и при ветре южных направлений со скоростью 2-9 м/с.

В холодное время года при усилении ветра часто наблюдаются снежные метели – это явление, когда ветер переносит снежные массы у самой земли.

Существует несколько разновидностей метелей. При общей метели сильный ветер поднимает и переносит снег, и трудно понять, падает ли снег с неба или его поднимает с поверхности земли. Низовая метель – это когда ветер переносит сухой снег на высоте, превышающей рост человека. Поземок же – это перенос снега непосредственно над землей, обычно до двух метров. Если ветер усиливается, поземок может перерасти в низовую метель. Поземок чаще всего наблюдается при более низких температурах, когда снег становится сухим и легко рассыпается [4].

В районе Омска метели могут происходить с октября по май, хотя в мае это случается не каждый год. Наиболее активный период метелей приходится

на декабрь-январь, когда в среднем фиксируется 8-10 дней с метелью и столько же с поземком. Отклонения от средних показателей до ± 10 дней встречаются более чем в половине случаев.

Частота и интенсивность метелей сильно зависят от зимних условий, а именно от особенностей атмосферной циркуляции. В некоторые годы число дней с метелью может превышать 60, а с низовой метелью быть примерно таким же (как, например, зимой 2023-2024 гг.), в то время как в другие годы их число едва достигает до 20 (как, например, зимой 2007-2008 гг.).

Метели могут возникать в любое время суток, но чаще всего это происходит во второй половине дня. Продолжительность отдельных метелей может варьироваться от нескольких минут (10-15 минут) до двух суток и более. Например, в Омске была зафиксирована метель, которая продолжалась непрерывно больше суток (с 29 по 30 декабря 2023 г.). В среднем, общая продолжительность метелей в Омске за год составляет более 250 часов, а максимальная – 387 часов. В среднем, метель длится около 6 часов в день, когда она наблюдается.

Продолжительность метелей резко возрастает в период с октября по ноябрь и так же резко сокращается с марта по апрель. Особенно опасны метели, продолжающиеся 12 часов и более. Повторяемость таких метелей за зиму составляет примерно четверть от общего количества метелей.

Чаще всего (более чем в половине случаев) метели наблюдаются при температуре от -5 до -15°C . При очень низких температурах (-25°C и ниже) метели случаются реже, но они наиболее опасны, так как при таких температурах снег становится мелкозернистым, рыхлым и легко переносится даже небольшим ветром. Во время оттепелей снег становится более плотным и менее подвижным.

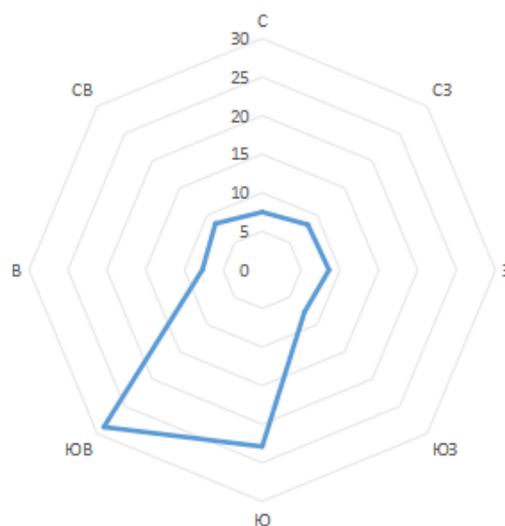


Рисунок 2.7 - Роза повторяемости ветра, % (декабрь - февраль) за 30 лет.

Снежные бураны могут возникать при любом направлении воздушных потоков, однако наиболее часто они фиксируются при южном и юго-западном ветре (рисунок 2.7), доминирующем в зимние месяцы (при обычной скорости ветра от 6 до 9 метров в секунду). Бураны при скорости ветра ниже 6 м/с – явление редкое.

Выявлено, что при идентичной скорости ветра, в зависимости от характеристик снежного покрова и прочих условий, могут наблюдаться как не-сильные поземки, так и мощные общие метели. Для любого бурана характерно горизонтальное перемещение снежных масс, но сила этого перемещения и общее количество переносимого снега будут варьироваться в зависимости от внешних факторов.

Глава 3. Оценка специализированных метеорологических и климатических параметров для обеспечения автодорожной сферы

3.1 Расчёт температурного режима эксплуатации автомобильных дорог

Как уже было сказано ранее, температура окружающей среды оказывает значительное влияние на работу автотранспорта, его техническое состояние, безопасность и эффективность эксплуатации.

В зимний период наиболее неблагоприятный диапазон температур для работы автотранспорта начинается при переходе -10°C . При температурах ниже возможно, увеличение износа двигателя из-за затвердевания моторного масла, замерзание тормозной жидкости, значительно теряет заряд аккумулятор, уменьшается давление в шинах и эластичность резины, вследствие чего уменьшается сцепление с дорожным покрытием [17,20].

В летний период пагубное влияние на транспортные средства оказывают температуры выше 30°C . В такие дни возможен перегрев двигателя в следствие закипания охлаждающей жидкости, сильный нагрев тормозных дисков приводит к деформации, шины расширяются их резина размягчается и быстро изнашивается [20].

Это же температурное значение в 30°C , является и серьезной проблемой для дорожного покрытия (асфальт), которое под нагрузкой от тяжелого транспорта размягчается и продавливается, образуя колеи.

Чтобы определить, насколько сильно в последнее время регион подвержен превышению температуры для транспортной отрасли, требуется собрать информацию о среднегодовых температурах за каждый месяц и максимальных, минимальных суточных температурах. В качестве основы для вычислений используем архив метеорологических данных города Омска за 2020-2024 год.

Таблица 3.1 - Среднемесячная температура за 2020-2024 гг.

год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2020	-10	-7,5	-1,6	9,7	17,4	16,1	21,1	19,3	11,4	5,1	-5,1	-14,6
2021	-20,7	-17,3	-7,6	4,7	17,4	16,9	20,6	19,1	9,5	4,1	-6,7	-10,2
2022	-14,3	-11,6	-8,6	7,5	15,3	17,3	19,9	16,8	11,3	4,5	-8,7	-16,2
2023	-12,4	-14,4	-2,9	4,5	13,3	18,6	22,5	17	12,6	5,6	-1,8	-14,1
2024	-16,4	-15,1	-5,2	6	9,9	19,9	19,8	16,9	10,9	3,7	-5,6	-9,3
Сред. мес. за 5 лет	-14,8	-13,2	-5,2	6,48	14,7	17,8	20,8	17,8	11,1	4,6	-5,6	-12,9

Анализируя полученную информацию, вычисляем среднегодовую температуру за 5 лет.

Формула расчета:

$$T_{\text{ср}} = \sum T_i / 12 \quad (1)$$

T_i – среднемесячная температура.

Подставляя значения, получаем:

$$T_{\text{ср}} = (-14,8) + (-13,2) + (-5,2) + 6,5 + 14,7 + 17,8 + 20,8 + 17,8 + 11,1 + 4,6 + (-5,6) + (-12,9) = 41,7$$

Вычисляем среднее $T_{\text{ср}} = 41,7 / 12 = 3,5$

Таким образом, среднегодовая температура в Оренбургской области равна 3,5°C.

Для расчета среднего количества дней с критическими температурами, влияющими на транспортную отрасль, проведем расчет средних показателей за те же 2020 - 2024 год, используя архивные данные с метеостанции Омск. Получим суточные данные, в которых температура превышала значения в -10°C и 30°C и посчитаем сумму таковых дней в году.

Таблица 3.2 - Количество дней с превышением температурных показателей для автотранспортной отрасли

год	< -10°C	> 30°C
2020	84	24
2021	112	27
2022	115	20
2023	87	17
2024	104	14
сред. знач.	100	20

Изучив полученные данные, можно сделать следующие выводы:

Продолжительность превышений максимальных значений температур для эксплуатации автотранспорта в зимний период составляет примерно 100 дней в году, эти значения от года к году могут варьироваться в пределах 15%, чаще данные температуры наблюдаются в ночное время и не влияют на большинство автовладельцев Омска, но зачастую минимумы температуры наблюдаются и утром, поэтому осторожность и предусмотрительность стоит проявлять как местным водителям, так и занимающимся транзитными перевозками. Необходимо уделять повышенное внимание исправности транспортных средств, использовать зимнюю резину и соответствующие технические жидкости [5].

Пики температур в период со сложными климатическими условиями при летней эксплуатации занимает около 20 дней в течение года, что составляет ровно пятую часть от температурных превышений в зимнее время.

Но такое на первый взгляд малое количество жарких дней не освобождает автолюбителей от сложностей в подготовке и эксплуатации своих транспортных средств.

Важно принимать во внимание риск перегрева моторов и тщательно следить за работой системы охлаждения, это касается в первую очередь т омских автопарков, чья деятельность не может быть остановлена даже в самые жаркие дни. Потребность в адаптации к переменчивым погодным явлениям обязывает транспортные предприятия внедрять современные методы контроля технического состояния и обучать водителей навыкам работы в различных климатических зонах.

Для частных водителей важно избегайте вождения в самое жаркое время дня, а туристам и путешественникам делать регулярные остановки для проверки автомобиля, в основном это касается машин с карбюраторными двигателями отечественного производства.

3.2 Дальности видимости и особые явления на автодорогах

В условиях ограниченной видимости, характерных для Омской области (туманы, дымка, осадки, снег и т.д.), расчет безопасной скорости движения становится важным для предотвращения дорожно-транспортных происшествий. Федеральная автомобильная дорога Р254 «Иртыш», являющаяся крупной транспортной артерией, требует особого внимания при анализе безопасных режимов движения в неблагоприятных погодных условиях.

Рассмотрим ограничение видимости для участка данной трассы в Омской области. Для этого разработаем таблицу дальности видимости при различных явлениях.

Таблица 3.3 - Дальность видимости при различных явлениях погоды

Интервалы видимости	Условия видимости
0-50 м	Очень сильный туман, густой снег
50-200 м	Сильный туман, густой снег
200-500 м	Умеренный туман, сильный снег
500-1000 м	Слабый туман, умеренный снег, сильная мгла
1-2 км	Умеренный снег, умеренная дымка или мгла, очень сильный дождь
2-4 км	Слабый снег, сильный дождь, слабая дымка или мгла
4-10 км	Умеренный дождь или очень слабый снег
10-20 км	Слабый дождь
Более 20 км	Без осадков

Дорожным полотном для данной трассы является асфальт.

Время реакции водителя 1,5 секунды.

Формула максимального значения безопасной скорости в км/ч с учетом реакции водителя и остановочного пути (расстояния до полной остановки) представляет собой сумму пути за время реакции и тормозного пути, используем формулу:

$$V_{\text{без}} = V * 0,42 + V^2 / 254 * \mu \quad (2)$$

0,42 - перевод скорости из км/ч в метры за 1.5 секунды (1,5 / 3,6);

$V_{\text{без}}$ - путь за 1.5 сек реакции (м);

$S_{\text{вид}}$ - видимость (м);

μ — коэффициент сцепления, зависит от состояния покрытия:

Сухой асфальт: $\mu=0.7$

Мокрый асфальт: $\mu=0.4$

Гололед: $\mu=0.15$

Переведем скорость реакции из км/ч в метры за 1,5 секунды:

$$1,5 / 3,6 \approx 0,42$$

Рассчитаем безопасную скорость при различных условиях видимости и состояния дорожного покрытия методом подбора скоростей.

Для видимости 50 м и сухом асфальте:

Учитывая, что: $V = 64$ км/ч:

Путь реакции: $0,42 * 64 = 26,9$ м

Тормозной путь: $64^2 / (254 * 0,7) = 23$ м

Сумма: $26,9 + 23 = 49,9$ м

Для видимости 30 м и мокром асфальте:

Учитывая, что: $V = 33$ км/ч:

Реакция: $0.42 * 33 = 13,9$ м

Торможение: $33^2 / (254 * 0.4) = 10,7$ м

Итого: $13,9 + 10,7 = 24,7$ м

Для анализа создадим таблицу значений для различной дальности и состояния дорожного покрытия. Естественно, подбирать вручную каждое значение нерационально, поэтому рассчитаем оставшиеся значения в таблице в Microsoft Excel (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Безопасные скорости при различных условиях (км/ч)

Видимость	Сухой асфальт ($\mu=0.7$)	Мокрый асфальт ($\mu=0.4$)	Гололед ($\mu=0.15$)
20 м	34	24	12
30 м	45	33	18
50 м	64	47	25
70 м	82	60	34
100 м	103	74	45

По таблице мы видим, что даже при видимости 100 м безопасная скорость не превышает 45 км/ч. Это объясняется резким падением в 4.7 раза по сравнению с сухим асфальтом. На льду движение составляет лишь на 12 км/ч

при видимости в 20 м = это скорость пешехода. Причиной является тормозной путь, который почти равен видимости.

При видимости <30 м на мокрой дороге скорость должна быть ≤ 35 км/ч = это критично для предотвращения ДТП.

Мокрый асфальт: 70 км/ч = близко к ограничениям на автомагистралях в дождь. Также нужно учитывать аквапланирование, в результате которого при скорости >70 км/ч на мокрой дороге есть риск потери управления.

На трассе Р254 есть несколько крутых поворотов, например, в районе города Ишим и перед Тюменью встречаются извилистые участки с уклоном до 8°. К тому же фактический путь может быть на больше расчётного, в зависимости от типа автомобиля, качества резины, освещения и уклона дороги.

Таблицу можно использовать как ориентир, но помнить, что в ней указаны пороговые значения допустимых скоростей. На практике же стоит отказаться от поездок в сложных метеоусловиях.

3.3 Расчёт особенности снегопереноса для определения специальных дорожных конструкций

Существуют различные методы снижения интенсивности перемещения снега. Наиболее экологичным и эффективным решением являются лесозащитные полосы, способные задерживать до 50% выпадающего снега, но не всегда возможно их использование на открытых участках.

Чтобы гарантировать безопасность и непрерывную работу дорог в зимние месяцы, важное значение занимают конструкции, предназначенные для защиты от снега.

Главная задача этих конструкций – улавливать снег, переносимый ветром, и накапливать его в конкретной области, чтобы избежать образования сугробов на дороге. Тип этих барьеров определяются несколькими условиями: основным направлением ветра, особенностями рельефа и характеристиками конкретного участка дороги.

Как уже было сказано ранее важной трассой в регионе Омска являются автомобильная дорога Р254 «Иртыш», соединяющая города Челябинск и Новосибирск. Трасса проходит с запада на восток, её особенностью на территории Омской области является незначительная подверженность изгибам из-за довольно ровного рельефа, в связи с чем можно разработать классическую систему расстановки снегозащитных заграждений. Для начала рассчитаем снегоперенос, для этого получим данные по средней повторяемости и скорости ветра за 5 лет (2020 - 2025 гг.) в Омской области

Таблица 3.5 - Повторяемость направлений ветра, (%)

Наименование метеостанции	декабрь - февраль							
	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ
Омск 28698	7,5	8,3	8,6	7,7	22,9	28,8	7,7	8,5

Таблица 3.6 - Скорость ветра по румбам, (м/с)

Наименование метеостанции	декабрь - февраль							
	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ
Омск 28698	2,8	2,9	4,4	4,4	4,7	5,1	4,5	4

Определения снегоперенос по формуле:

$$Q = C * S^3 * t \quad (3)$$

где, Q - снегоперенос, т/м³

C - эмпирический расчет = $2,6 * 10^{-4}$

t - повторяемость ветра, % (по румбам)

S - скорость ветра, м/с (по румбам)

Расчет снегопереноса по румбам:

$$Q_c = 2,6 * 10^{-4} * 2,8^3 * 7,5 = 0,015$$

$$Q_{сз} = 2,6 * 10^{-4} * 2,9^3 * 8,3 = 0,018$$

$$Q_z = 2,6 * 10^{-4} * 4,4^3 * 8,6 = 0,043$$

$$Q_{юз} = 2,6 * 10^{-4} * 4,4^3 * 7,7 = 0,039$$

$$Q_{ю} = 2,6 * 10^{-4} * 4,7^3 * 22,9 = 0,131$$

$$Q_{юв} = 2,6 * 10^{-4} * 5,1^3 * 28,8 = 0,195$$

$$Q_v = 2,6 * 10^{-4} * 4,5^3 * 7,7 = 0,041$$

$$Q_{св} = 2,6 * 10^{-4} * 4^3 * 8,5 = 0,035$$

Получив данные о переносе снега по каждому направлению можем построить розу снегопереноса и расположить снегозащитный барьер относительно участка автомобильной дороги Р254 «Иртыш».

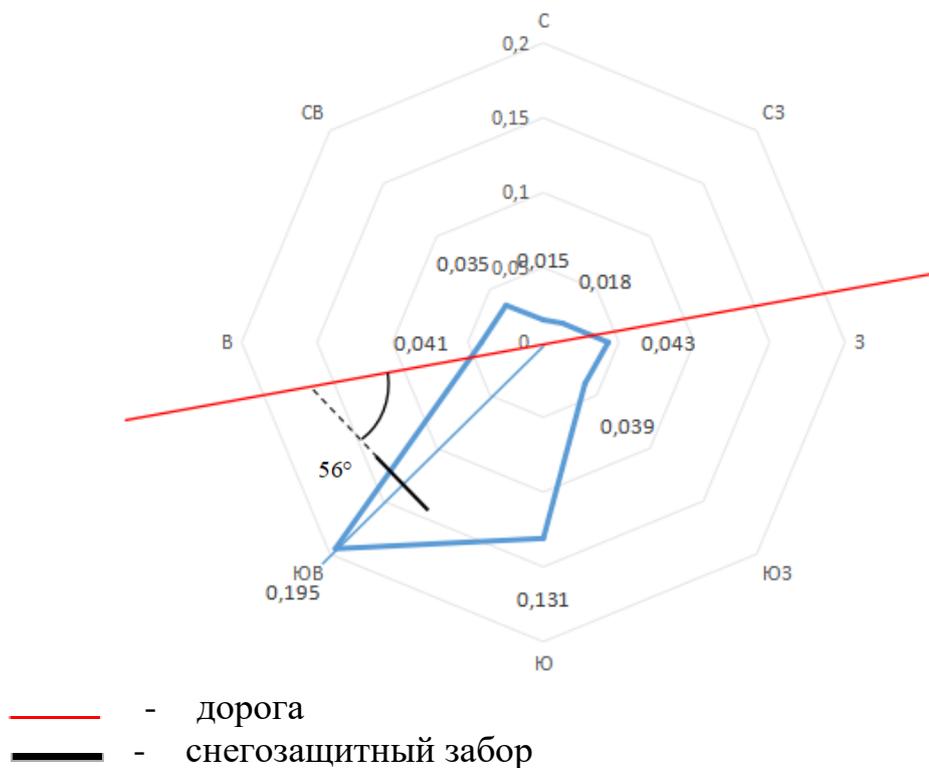


Рисунок 3.1 - Роза снегопереноса, т/м³ (декабрь - январь) за 5 лет

Для примера возьмём наиболее часто повторяющийся случай направления автодороги, отклоняющийся от широты на 10° на северо-запад и юго-восток, примерами данного случая могут являться участки проходящие через: посёлок Кормиловка, село Байтерек, село Чистовское, село Знаменское, деревню Зелёная Роща. Построим линию максимального переноса и перпендикулярную ей черту снегозащитного сооружения, и последним шагом определим угол между трассой и предполагаемым заградительным элементом для возможности их проектирования, он равен 56° по правую сторону от дороги при движении по направлению из Челябинска в Новосибирск.

Производительность снегозащитных устройств напрямую связана с их правильным проектированием и монтажом. Важно учитывать расстояние от барьера до охраняемой зоны, его высоту и ориентацию по отношению к снегопереносимым массам.

Для эффективной защиты автомагистралей от снежных заносов широко используются высокие снегозащитные барьеры. Максимальное количество снега, которое способен удержать такой барьер, напрямую связано с его вертикальным размером. Экономически нецелесообразно возводить барьеры выше 5 метров. Если расчеты показывают необходимость большей высоты, оптимальным решением является установка нескольких рядов барьеров.

Снегозадерживающие конструкции могут быть выполнены в двух вариантах: двухсекционные (с проницаемостью решетки 50%) и односекционные (с проницаемостью до 70%). Односекционные барьеры чаще применяются во втором и третьем рядах многорядных систем, в то время как двухсекционные предпочтительны для однорядных установок или ближайших к дороге рядов в многорядных системах. Материалами для строительства служат дерево или сборный железобетон [17].

Таким образом, установка снегозадержателей является необходимым мероприятием для обеспечения безопасности, защиты здания от повреждений и продления срока его эксплуатации. Рекомендую обращаться к квалифицированным специалистам для подбора и установки оптимальной системы снегозадержания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование было посвящено актуальной проблеме влияния метеорологических и климатических факторов на функционирование и безопасность транспортной системы. Анализ различных видов атмосферных явлений выявил, что каждый из них оказывает сильное влияние на автотранспортную отрасль.

В работе систематизированы метеорологические и климатические параметры, оказывающие существенное воздействие на транспортную инфраструктуру и эксплуатацию транспортных средств. Оценка влияния гололеда, тумана, экстремальных температур и других явлений на безопасность движения и пропускную способность транспортных магистралей позволила выявить наиболее уязвимые участки и периоды времени.

Предложены практические рекомендации по адаптации транспортной системы к изменяющимся климатическим условиям, разработаны системы критических значений и особенностей природных явлений на примере Омской области. Результаты дипломного исследования могут быть использованы при разработке стратегий и планов по организации транспортной инфраструктуры с учетом актуальных данных по климату, а также при проектировании и строительстве новых транспортных объектов. Полученные данные позволяют повысить безопасность и надежность транспортного обслуживания населения и экономики страны.

Таким образом, можно сделать вывод, что цели и задачи данной работы достигнуты, а полученные результаты имеют практическую значимость для развития транспортной метеорологии и климатологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. География омской области. Учебное текстовое электронное издание локального распространения, издательство ОмГТУ, 2017.
2. География Омской области. Природа. Население. Хозяйство: Учебн. для общеобразоват. учреждений / И.М. Аблова, Л. В. Азарова, / Под ред. Л.В. Азаровой, Г.И. Саренко. – Омск: Министерство образования Омской области. – 2008.
3. Геология СССР. Том 14. Западная Сибирь (Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области, Алтайский край). Недра, Москва, 1982.
4. Климат Омска. Под редакцией канд. геогр. наук Ц. А. Швер, Ленинград Гидрометеиздат 1980.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 17. Тюменская и Омская области. Гидрометеиздат 1998.
6. Кузнецов В.И. Автомобили и климат: учебное пособие / В.И. Кузнецов. — М.: Издательство, 1991. — 413 с.
7. Реестр дорог ФГИС СКДФ. Электронный ресурс: <https://скдф.рф/roads?textSearch=омск>
8. Бялобжеский Г.В. и др. Зимнее содержание автомобильных дорог. - М.Транспорт, 1983, -199 с.
9. Лезебников М.Г., Бакуревич Ю.Л. Эксплуатация автомобилей в тяжелых дорожных условиях. -М.:Транспорт, 1966.
10. Удаленный доступ к к ЯОД архивам. Электронный ресурс:
11. Архив погоды в Омске (метеостанция) // РП5.ru // URL: <https://rp5.ru/>. — (дата обращения: 17 мая 2025 г.)
12. Омский городской портал // Электронный ресурс: <https://admomsk.ru/> (дата обращения: 17 мая 2025 г.).
13. Погода и климат России // Электронный ресурс: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/35121.htm> (дата обращения: 18 мая 2025 г.).

14. Методические рекомендации по проведению мониторинга дорожного движения, утвержденные распоряжением Минтранса России от 27.12.2022 № АК-337-Р.
15. ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования// Национальный стандарт Российской Федерации, 2008.
16. Видимость в атмосфере. – Гаврилов, В. А. Гидрометеиздат, 1966.
17. ГОСТ Р 59434-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания. Критерии оценки и методы контроля. Национальный стандарт Российской Федерации, 2021.
18. Зимнее содержание автомобильных дорог. Тамбов, Издательство ТГТУ 2008.
19. ГОСТ Р 59634 Системы снегозадержания. Общие технические условия. Москва, Стандартинформ, 2021.
20. ГОСТ Р 50992-2019 Автомобильные транспортные средства. Климатическая безопасность. Национальный стандарт Российской Федерации, 2020.