

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ  
ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ  
ПЛАНОВ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ И ИЗМЕНЧИВОСТИ  
КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*Д. В. Фасолько, М. В. Клюева, Е. П. Самойлова, Е. Н. Федорова,  
Е. Н. Разова, Е. М. Акентьева*

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова  
194021 Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7

Voeikov Main Geophysical Observatory  
St. Petersburg, Karbysheva st., 7

E-mail: eakentyeva@mail.ru

Поступила в редакцию 28.04.2024  
Поступила после доработки 14.08.2024

## **Введение**

В Российской Федерации процесс адаптации к изменениям климата регламентирован рядом нормативных документов и проектов, основными из которых являются Национальный план мероприятий первого и второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года и Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Одна из главных задач реализации Национального плана — формирование региональных планов адаптации и их актуализация, включающая оценку наблюдаемых и прогнозируемых изменений широкого набора климатических параметров, значимых для различных секторов экономики и здоровья населения. В настоящее время готовится ряд методических рекомендаций по подготовке климатической информации для актуализации

адаптационных планов на отраслевом и региональном уровнях. Представленная работа, посвященная анализу воздействия климатических факторов на отдельные отрасли экономики и социальной сферы Новосибирской области, является апробацией методических рекомендаций по учету климатической информации при формировании региональных планов адаптации к изменению климата. В 2023 г. аналогичная работа была выполнена для территории Ленинградской области (Акентьева и др., 2023)

### **Материалы и методы**

При расчете специализированных климатических показателей для различных секторов социально-экономической сферы Новосибирской области использовались находящиеся в открытом доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru/>) данные наблюдений метеорологических станций Новосибирской области: Северное, Болотное, Татарск, Огурцово, Барабинск. Источниками информации также являлись метеорологические ежемесячники и электронный научно-прикладной справочник «Климат России». Расчеты производились в соответствии с методиками, изложенными в Руководстве по климатологической практике ВМО (Руководство, 2018) и отечественных руководствах по методам обработки специализированных климатических показателей (Кобышева, 1990; Руководство, 2008; Методические рекомендации, 2017, 2022).

### **Результаты и обсуждение**

#### ***Транспортный сектор***

Оценка воздействия климатических факторов на транспортную инфраструктуру Новосибирской области особенно актуальна из-за прохождения по ее территории крупных транспортных коридоров: Транссибирской магистрали и федеральных автодорог М-51, М-52, М-53, а также международного аэропорта «Толмачево».

Эксплуатация железнодорожного транспорта в условиях аномально низких температур воздуха сопровождается увеличением ресурсоемкости и энергоемкости перевозок, снижая их экономическую эффективность и уровень безопасности (Григорьев и др., 2014). Возрастает риск выхода из строя отопительной системы вагонов. При длительном воздействии высоких температур воздуха увеличивается вероятность деформации рельсов, вывода из строя служб сигнализации и связи на железных дорогах (Горбатенко и др., 2021). Подобным образом складывается ситуация и на автодорогах, где при длительных периодах с высокими температурами воздуха и почвы может наблюдаться размягчение асфальтового покрытия, что в итоге ведет к росту числа аварий (Якунин, 2019; Якунин, 2020). Последствиями низких температур является увеличение расхода топлива, дополнительные затраты времени на прогрев двигателя и разогрев рабочей жидкости и т. д. (Енгальчев и др., 2020). Авиатранспорт в условиях низких температур испытывает сложности с подачей масла, кристаллизацией воды в топливе, сокращением срока службы пневматиков колес, резиновых шлангов, трубопроводов из-за появления трещин и т. д. Кроме того, высокие температуры воздуха могут оказывать влияние на взлетно-посадочные характеристики воздушных судов.

Анализ наблюдаемых изменений климатических показателей по данным 35 метеостанций за период 1966–2022 гг. показал, что средняя скорость роста средней годовой температуры воздуха примерно одинакова по территории области и составляет 0,3–0,4°C/10 лет, что несколько меньше, чем в среднем по России. Статистически значимым является увеличение числа дней с температурой воздуха выше +25 °C (рис. 1). При этом доля числа дней с температурой воздуха выше +30 °C достигала 25–50 %.

Значительного повышения средних зимних температур не наблюдается. В отдельные годы отмечается близкое к экстремальному число дней с температурами ниже –25 °C, например, зимой 2009–2010 гг. был отмечен абсолютный максимум числа дней с температурой ниже –25 °C (на ряде метеостанций он составил 72–86 дней). Однако при этом значительно снизилась

повторяемость температуры воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ , которая является одним из важных специализированных показателей для транспортного, строительного и энергетического секторов.

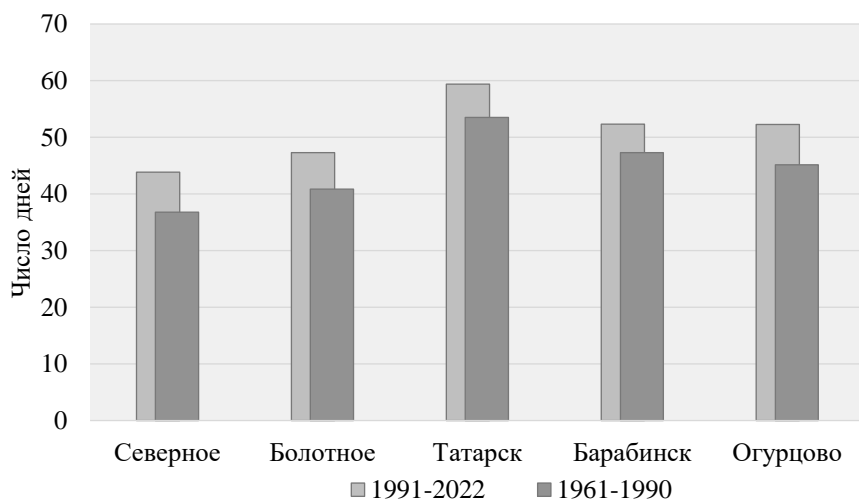


Рис. 1. Среднее число дней с температурой воздуха выше  $+25^{\circ}\text{C}$  по данным метеостанций Северное, Болотное, Татарск, Барабинск, Огурцово за 1961–1990 гг. и 1991–2022 гг.

Изменения режима увлажнения, в частности рост количества осадков и их интенсивности в теплый период, а также увеличение доли жидких осадков в годовой сумме снижают безопасность дорожного движения, способствуя размыву дорожного полотна и ухудшению качества сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием (Хлебникова и др., 2014). По данным наблюдений особенно заметно вырос суточный максимум осадков теплого периода. В ряде районов увеличение этого показателя составило почти 100 % за последние 10 лет (рис. 2).

Наибольшее увеличение сумм осадков теплого периода (на 10–16 %) характерно для востока области, прежде всего для предгорных районов. Растет и доля жидких осадков в годовой сумме в 1987–2015 гг. она составила 9–17 %, тогда как в 1958–1986 гг. не превышала 6 % (рис. 3).

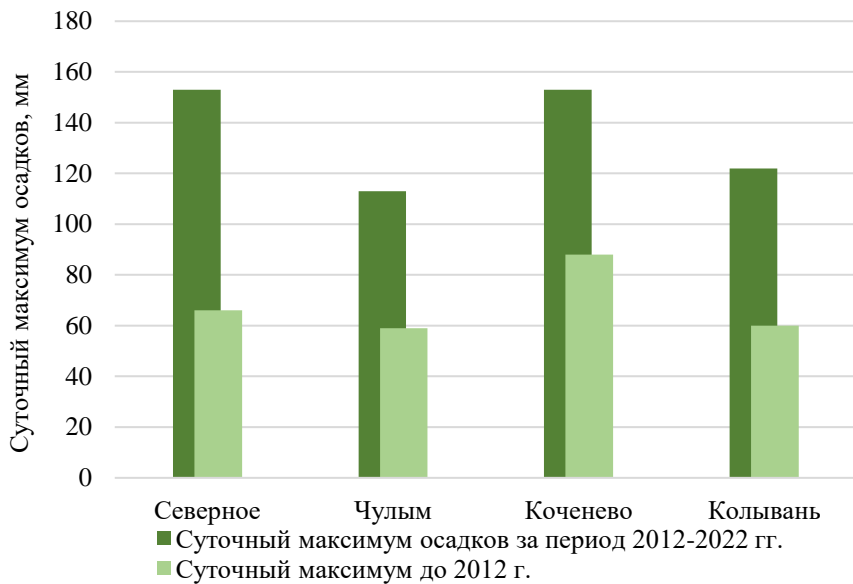


Рис. 2. Суточный максимум осадков на метеостанциях Новосибирской области

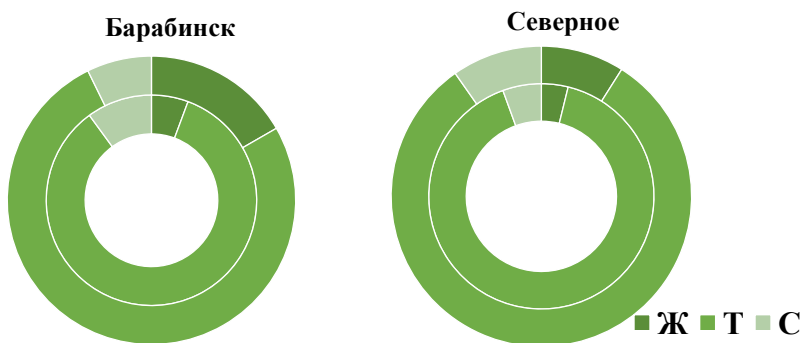


Рис. 3. Количество жидких (ж), твердых (т) и смешанных (с) осадков, мм, за 1958–1986 гг. (внутренний круг) и 1987–2015 гг. (внешний круг)

Анализ характеристик опасных гидрометеорологических явлений, способных в разной степени осложнить функционирование транспортного сектора, проводился по данным Метеорологических ежемесячников (Выпуск 20, 2 часть) за период 2000–2021 гг. Опасные явления (ОЯ) были объединены в группы для удобства дальнейшего анализа:

- экстремальные осадки: очень сильный дождь, сильный дождь, сильный ливень;
- высокие скорости ветра: очень сильный ветер, сильный ветер, шквал;
- гололедно-изморозевые отложения (ГИО): отложение мокрого снега, сложное отложение.

В указанный период в регионе зафиксировано 266 случаев ОЯ, среди которых преобладают сильный ветер (41%), морозы (23%) и осадки (20%) (рис. 4).



Рис. 4. Повторяемость опасных явлений на территории Новосибирской области, %, влияющих на функционирование транспортного хозяйства по данным метеостанций и метеопостов за период 2000–2021 гг.

На основе данных о повторяемости ОЯ и уязвимости транспортной инфраструктуры, характеризующейся плотностью дорожной сети, в каждом административном районе были получены нормированные оценки погодно-климатического риска для транспортного сектора (Кобышева и др., 2015) (рис. 5). Наиболее высокие значения данного риска характерны для Карасукского района, находящегося на юге области. Это обусловлено сочетанием значительной повторяемости различных видов ОЯ и большей плотности транспортных сетей относительно других районов Новосибирской области. Наименее подверженными данному риску оказались практически все северные и некоторые центральные районы области.

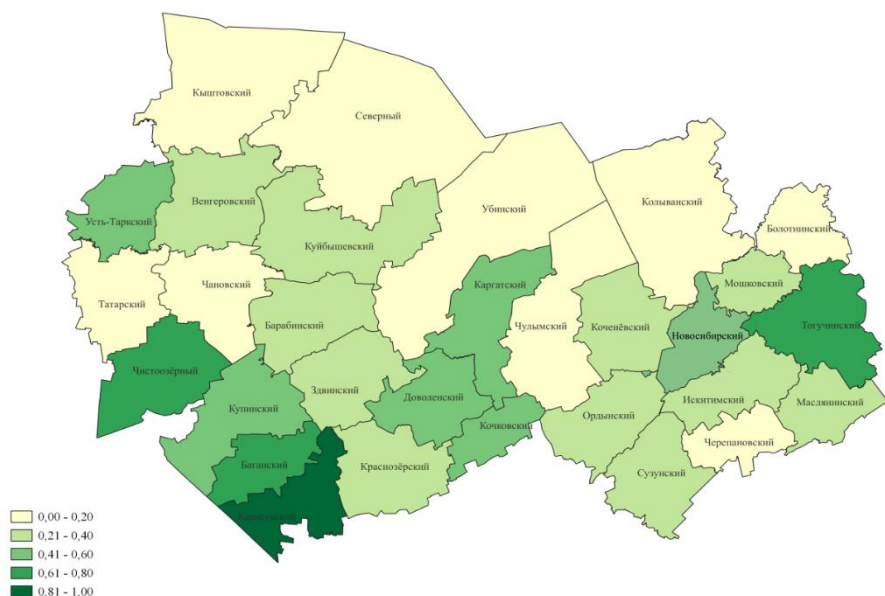


Рис. 5. Погодно-климатический риск для транспортной отрасли от ОЯ в административных районах Новосибирской области (в долях единицах)

В результате проведенного анализа изменения климатических параметров, важных для работы транспортного сектора Новосибирской

области, были определены следующие тенденции, наиболее негативно влияющие на транспортную инфраструктуру:

- рост числа дней с высокими температурами воздуха,
- увеличение суточного максимума осадков в теплый период года,
- возрастание доли жидких осадков в холодный период года,
- рост числа дней с переходом температуры воздуха через 0 °С.

Однако такие последствия климатических изменений на территории области как сокращение объемов снегопереноса и уменьшение числа дней с низкими температурами воздуха можно рассматривать как положительные для работы транспорта.

Следует отметить, что по данным РКМ ГГО к середине XXI в. ожидается рост повторяемости неблагоприятных условий для транспортного сектора (рост интенсивности и частоты ОЯ, увеличение жидких осадков в холодный и теплый периоды года, увеличение числа дней с высокой температурой воздуха и т. д.). На территории Сибирского федерального округа, в частности Новосибирской области, по сценарию RCP8.5 МГЭИК в 2050–2059 гг. по отношению к 1990–1999 гг. возможно изменение ряда специализированных климатических показателей, в числе которых продолжительность периода с отрицательной средней суточной температурой воздуха (уменьшение составит до 22 дней), число дней с суточной минимальной температурой воздуха ниже –30 °С (сокращение на период более месяца), число дней с переходом температуры воздуха через 0 °С. Режим осадков характеризуется, прежде всего, ростом суточного максимума осадков (Третий оценочный доклад, 2022). Эту информацию следует учитывать при формировании планов по строительству, капитальному ремонту и реконструкции транспортной инфраструктуры Новосибирской области.

### ***Строительный сектор***

Строительный сектор требует учета климатических параметров, а также их изменений, на всех этапах строительства, так как они имеют связь с рисками различного характера. Это обусловлено рядом черт,



отличающих строительство от других отраслей материального производства. В частности, процесс строительства отличается длительностью циклов, особенными условиями труда, технологией производства с применением специфических материалов, оборудования и техники, сезонным характером работ и зависимостью от неоднородных природно-климатических условий. Изменение климатических условий может привести к значимым последствиям, таким как изменение условий проведения строительных работ и соответствующее изменение затрат; финансовые и физические риски, обусловленные несоответствием стандартов проектирования реальным климатическим условиям и т. д. С целью наиболее полной оценки рисков на основе специальной литературы (Шамин, 2011; Шамин, 2014); Риски строительной отрасли; Кошелев, 2015) выполнен анализ всего комплекса возможных угроз и выявлены климатозависимые риски, возникающие на различных этапах строительства. В таблице 1 представлены этапы производственного цикла в жилищном строительстве и соответствующие им риски.

*Таблица 1*

**Климатозависимые риски строительной отрасли  
на разных этапах**

ЭТАП		
1. Разработка проекта (проектирование)	2. Реализация проекта	3. Эксплуатация объекта
СОСТАВ РАБОТ		
<p>Определение источников финансирования, архитектурно-инженерные решения, утверждение проекта и сметы расходов</p>	<p>Организация и координация выполнения строительно-монтажных работ, контроль качества и затрат; исполнение строительных работ</p>	<p>Комплекс мероприятий по содержанию, обслуживанию и ремонту зданий (сооружений), обеспечивающих их безопасное функционирование и санитарное состояние в соответствии с их функциональным назначением</p>

## Климатозависимые риски строительной отрасли на разных этапах

## ВИД КЛИМАТОЗАВИСИМОГО РИСКА

Риски информационного потока	Риски материального потока	Форс-мажорные риски	Риски информационного потока	Риски материального потока	Форс-мажорные риски
Риск использования неполной или некачественной информации о климате в районе строительства	Риск срыва сроков работ, связанный с неблагоприятными условиями погоды (простой рабочей силы, простой строительной техники, сбоя планирования поступления необходимых материалов на строительные участки в связи с погодными явлениями	Риск стихийных бедствий (разрушение, затопление объектов строительства; потери рабочей силы)	Риск использования неполной или некачественной информации о климате в период как в проектировании, так и текущей информации	Риск нарушения прочностных, физических и других свойств, устанавливаемых при проектировании и обеспечивающие нормальную эксплуатацию строения в течение расчетного срока службы в связи с неблагоприятными явлениями погоды	Риск стихийных бедствий (разрушение зданий и объектов, гибель людей)

### *Риски информационного потока*

На этапе проектирования зданий необходимо максимально предотвратить климатические риски информационного потока. Для обеспечения надежности и долговечности зданий и сооружений, возводимых в условиях меняющегося климата, важно использовать современную климатическую информацию, актуализировать ее в нормативных документах. Исходя из этого, возникает проблема выбора длины ряда и метода расчета, в особенности вероятностных индексов. В условиях нестационарности климата оптимальный выбор нормативов по сравнению со стационарным вариантом существенно осложняется. В случае стационарного климата знание функции распределения и задание периода повторяемости являются достаточными для оценки вероятности наступления угрожающего события для любого временного интервала в будущем. В нестационарных условиях, в которых в настоящее время принимаются решения, требуется привязка к определенному периоду, представляющему интерес с точки зрения потребителя, и соответствующая климатическая информация об ожидаемых изменениях в распределении экстремумов (Третий оценочный доклад, 2022).

Новосибирская область находится в регионе, где зимой потепление было заметным лишь до конца прошлого столетия, затем последовало понижение температуры, обусловленное чередой холодных зим (Лучицкая и др., 2011; Коршунова и др., 2023). В соответствии с анализом многолетнего хода средней температуры по месяцам, на большей части рассматриваемой территории за последние 30 лет произошла смена знака тренда. Согласно ежегодным докладам об особенностях климата на территории Российской Федерации за период 2010–2021 гг. (Доклад об особенностях климата, 2011–2023) в четырех годах (30 %) отмечались отрицательные аномалии (в 2010 г. для Западной Сибири аномалия составила  $-6^{\circ}\text{C}$ ). Подобная ситуация характерна для температур наиболее холодных суток и пятидневок. Наличие отрицательного тренда сопровождается долгопериодной тенденцией похолодания зимних сезонов для малых значений квантилей —

усилением наиболее сильных морозов. Это объясняется не только изменением средних значений минимумов, но и в большей степени увеличением повторяемости экстремально низких температур. В Барабинске за 1991–2020 гг. температура наиболее холодной пятидневки трижды опускалась ниже нормативной периода 1971–2021 гг. (из 4-х за полный период).

Приведенные оценки позволяют сделать вывод, что предлагаемый в настоящее время период расчета за 30 лет не будет отражать будущие условия эксплуатации возводимых сооружений: смена фаз потепления на территории России зависит от режимов крупномасштабной атмосферной циркуляции. В конце 1960-х – начале 1970 годов меридиональная циркуляция сменилась зональной с возросшей ролью североатлантических центров действия атмосферы. Со второй половины 1990-х годов вновь возрастает интенсивность меридиональной циркуляции, и потепление замедляется, но в целом климат теплеет и полученные за 30-летний период расчетные минимумы на территории Новосибирской области могут оказаться заниженными. В целом, следует согласиться с выводами Третьего оценочного доклада (2022) о том, что результаты оценки прикладных климатических показателей, в том числе характеристик экстремальности, по данным наблюдений и результатам моделирования наглядно показывают, что обновление нормативных параметров, основанное только на исторических данных, не может считаться достаточной мерой для адаптации к изменениям климата, особенно если речь идет о строительстве объектов с длительным сроком эксплуатации. Необходимо тесное взаимодействие специалистов-климатологов и представителей заинтересованных отраслей с целью выработки новых подходов к определению нормативов экстремальности на основе вероятностных оценок ожидаемых изменений и с учетом интересов конкретных потребителей.

### ***Риски материального потока***

В ходе реализации проекта к рискам, ведущим к материальным потерям, относятся риски несоблюдения сроков, обусловленные неблагоприятными условиями погоды, вследствие простоев рабочей

силы и/или строительной техники, сбоев планирования поступления необходимых материалов на строительные участки. При этом простои рассматриваются как одни из наиболее важных факторов в формировании себестоимости строительной продукции, часто являясь причиной большей доли потерь. В некоторых случаях негативные последствия возникают уже при необычных, несезонных или неожиданных погодных явлениях. В связи с этим очевидна потребность в обеспечении климатической информацией для снижения данного типа рисков.

Происходящие и ожидаемые изменения термического режима Новосибирской области в целом окажут положительное влияние на условия проведения строительных работ, повысят вероятность сокращения времени на реализацию проектов. Наблюдается уменьшение числа дней с температурой воздуха ниже  $-2^{\circ}\text{C}$  и увеличение продолжительности теплого сезона (по прогнозу до 20 дней к середине столетия) (Третий оценочный доклад, 2022). Также снижается число дней с угрозой обморожения (рис. 6), которое было рассчитано с использованием интегрального показателя, учитывающего скорость ветра и температуру воздуха (МР 2.2.7.2129-06).

Еще одним фактором риска для проведения работ в строительном секторе является сильный ветер, который формирует нагрузку на здания и сооружения. Несмотря на уменьшение средних скоростей ветра, на территории Новосибирской области увеличивается число дней со скоростями ветра больше 10 м/с, при которых останавливается монтаж стеновых панелей и работа башенных кранов (рис. 7). Кроме того, на территории области отмечаются климатические риски, связанные с ростом интенсивности и частоты экстремальных осадков, что может вызвать дополнительные затраты на создание временных сооружений для защиты от затоплений и управления стабилизацией откосов.



Рис. 6. Число сроков наблюдений с погодой разной категории риска обморожения

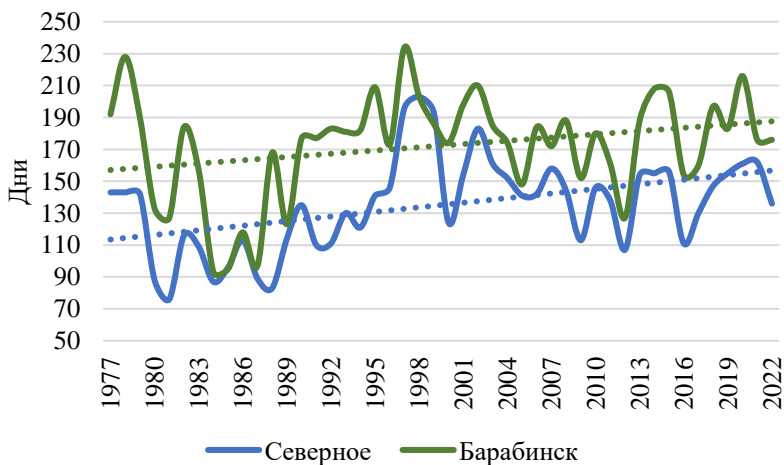


Рис. 7. Число дней со скоростью ветра более 10 м/с

На этапе эксплуатации анализ значений специализированных климатических параметров за последнее 50-летие показал, что наибольшие погодно-климатические риски материального потока для строительных конструкций на рассматриваемой территории связаны с изменением величины нагрузок на здания и сооружения. Для Новосибирской области характерно увеличение снеговых нагрузок, так как растет количество осадков зимнего периода, их интенсивности. Важным аспектом становятся кратковременные снеговые нагрузки, возникающие при сильных снегопадах (рис. 8). Ожидаемые изменения, характеризующиеся усилением этой тенденции, являются дополнительным фактором риска для зданий и сооружений. Это не только наносит материальный ущерб, но и может приводить к человеческим жертвам.

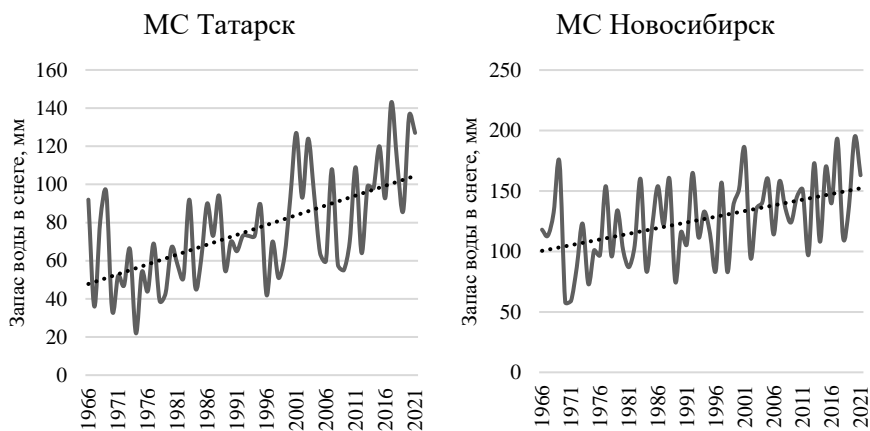


Рис. 8. Запас воды в снеге (мм) по данным метеостанций Татарск и Новосибирск

Погодно-климатические условия оказывают воздействие на такие важнейшие характеристики строений как долговечность и ремонтпригодность. В соответствии с регламентирующими документами долговечность ограждающих конструкций зданий и сооружений определяется сроком их службы без потери

эксплуатационных качеств и обеспечивается применением материалов, имеющих «надлежащую стойкость (морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры, циклических температурных колебаний и против других разрушающих воздействий окружающей среды)». Наиболее распространенным видом разрушающего воздействия являются температурно-влажностные деформации, связанные с ростом числа дней с переходом через 0 в холодное время года (рис. 9).

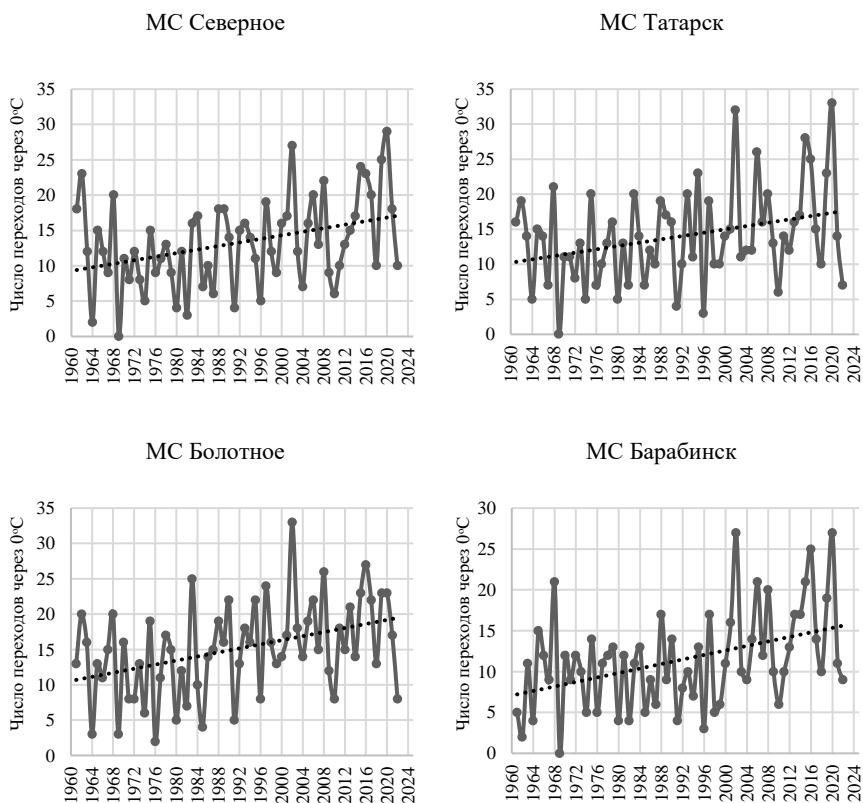


Рис. 9. Число дней с переходом через 0 °С (декабрь–март) по данным метеостанций Северное, Татарск Болотное, Барабинск



Дополнительным фактором, усиливающим процесс старения, является увеличение общего количества осадков в зимний период, в особенности, количества жидких и смешанных осадков, сопровождающих оттепели (рис. 3). В результате усиливается увлажнение стен зданий, наиболее интенсивное при сильном ветре. Последующее охлаждение приводит к замерзанию воды в порах материалов, и оказывает разрушительное воздействие на конструкции. Косые дожди, при которых происходит аккумуляция влаги в стенах, способствуют росту плесени на фасадах зданий, что в большей степени опасно для исторических объектов. Коррозия, вызванная избыточным увлажнением, при строительстве с использованием металлических конструкций и арматуры нарушает прочность и может привести к авариям и чрезвычайным ситуациям, включая человеческие жертвы. Замена нарушенных конструкций или оборудования, спровоцированная этой причиной, сопровождается весомыми материальными затратами.

### ***Форс-мажорные риски***

Этот тип рисков непосредственно связан с опасными гидрометеорологическими явлениями. В Новосибирской области большой вклад в повторяемость опасных явлений погоды вносят очень сильный ветер, шквал, очень сильный дождь, сильные морозы (рис. 4). По данным статьи Игнатъевой и др. (2020) серьезную для территории области представляют торфяные пожары и паводки, которые могут перейти в категорию ЧС. Этому способствуют такие природные условия как достаточно большая площадь заболоченных территорий, наличие понижений рельефа и крупных водоемов вблизи населенных пунктов.

Доля ЧС природного характера для региона составляет 11 % от общего числа ЧС всего Сибирского федерального округа (3 место), а вероятность перехода опасных природных явлений в состояние ЧС — 53,2 %.

Дополнительно следует учитывать классы объектов в силу особенностей влияния изменений климата различные сооружения. Классы присваиваются в зависимости от их назначения, а также

социальных, экологических и экономических последствий их повреждений и разрушений. Уровни ответственности строительства: КС-1 — «пониженный», КС-2 — «нормальный», КС-3 — «повышенный» (ГОСТ 27751-2014). В таблице 2 представлены виды негативного влияния последствий изменений климата, выявленных на территории Новосибирской области, на здания и сооружения в зависимости от класса строений, как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации.

### *Здоровье населения*

Важнейшим следствием климатических изменений является их значительное влияние на здоровье и физический комфорт человека. Помимо существующих факторов воздействия, обусловленных природно-климатическими условиями различных территорий, могут возникнуть новые источники риска для здоровья. Появление новых угроз и усугубление имеющихся происходит вследствие:

- повышения уровня травматизма, заболеваемости и преждевременных смертей из-за более интенсивных волн жары, ураганов, наводнений и лесных пожаров, роста риска заболеваний;
- повышенного риска недоедания в результате уменьшения продуктов питания в засушливых регионах;
- увеличения риска заболеваний, связанных с некачественными пищевыми продуктами и водой и трансмиссивными заболеваниями;
- увеличения риска для психического здоровья, связанного с утраченной трудоспособностью и снижением производительности труда среди уязвимых групп населения (Доклад о климатических рисках, 2017).

Воздействие осуществляется напрямую, когда происходят экстремальные погодные явления, во время которых наблюдаются дополнительная смертность, высокий риск травматизма, обострения хронических заболеваний, которые могут привести к летальному исходу. Косвенное влияние проявляется посредством изменения компонентов окружающей среды и экосистем.

Таблица 2

**Виды негативных воздействий изменений климата на здания и сооружения  
в зависимости от класса строений на территории Новосибирской области**

Изменение климата	Класс сооружений	Последствия
<i>Этап строительства</i>		
Увеличение повторяемости и интенсивности волн жары - продолжительных периодов с аномально высокими температурами воздуха	КС-2, КС-3	Ухудшение условий проведения строительных работ в летний период
Высокие скорости ветра	КС-1, КС-2, КС-3	Повреждение или разрушение возводимых строений Нарушение работы техники, срыв работ
<i>Этап эксплуатации</i>		
Увеличение температуры летнего сезона и продолжительности периодов с аномально-высокими значениями температуры воздуха	КС-2, КС-3	Увеличение числа отказов и рисков аварий в технических системах жизнеобеспечения
Рост числа переходов температуры воздуха через 0°С	КС-2, КС-3	Уменьшение долговечности зданий и сооружений
Рост количества «косых дождей», т.е. количества жидких осадков, попадающих на вертикальные поверхности зданий и сооружений	КС-2, КС-3	Уменьшение долговечности зданий и сооружений
Аномальные гололедные и гололедно-ветровые нагрузки	КС-1, КС-2, КС-3	Повреждение или разрушение зданий и сооружений
Аномальные снеговые нагрузки	КС-1, КС-2, КС-3	Повреждение или разрушение кровель

Изменение климата	Класс сооружений	Последствия
<i>Этап эксплуатации</i>		
Снижение несущей способности многолетнемерзлых грунтов	КС-2, КС-3	Повреждение или разрушение фундаментов и конструкций зданий и сооружений
Опасные гидрологические явления (наводнение, паводок), опасные явления в литосфере (лавины, оползни и др.), и криосфере (пучение, солифлюкция и др.) возникающие под влиянием изменения и изменчивости климата.	КС-1, КС-2, КС-3	Повреждение или разрушение зданий и сооружений Загропление территорий, угроза жизни людей и причинения вреда имуществу

Рост уровня смертности и заболеваемости может быть вызван формированием климатических условий, благоприятных для распространения инфекционных заболеваний комарами и клещами, а также заболеваний, передающихся через воду. К тому же, различные явления в социальной сфере — экономические потери, стрессы при повышенной аномальности погоды — являются причинами недоедания, нервных срывов и психических расстройств.

Прямой риск, представленный как оценка повторяемости опасных и аномальных явлений, связан с наличием на территории Новосибирской области наиболее частых ЧС — паводков и лесных пожаров (Игнатьева и др., 2020). Паводки, наводнения воздействуют всеми вышеуказанными способами: непосредственно угрожают жизни людей, нарушают эпидемиологическую безопасность, вызывают психические заболевания, в том числе, связанные с потерей имущества. Лесные пожары также оказывают значительное влияние на здоровье населения. Для, страдающих бронхолегочными заболеваниями (аллергией, астмой или эмфиземой), они могут стать причиной летального исхода. Среди опасных явлений погоды наиболее выраженные негативные последствия наблюдаются от волн жары. В зависимости от их интенсивности и продолжительности происходит увеличение числа смертей, cerebrovasкулярных заболеваний, заболеваний системы кровообращения, органов дыхания и эндокринной системы. Наиболее подверженными группами населения являются лица старше 65 лет и/или имеющие хронические заболевания сердечно-сосудистой системы и органов дыхания. Новосибирская область, в целом, характеризуется небольшой повторяемостью волн жары, по данным за период 1960–2022 гг. их количество составляет 1–2 случаев в год (рис. 10). Среднесуточная температура в волне имеет относительно невысокие значения (от 23,1 на севере до 25,2 °С на юге области). При этом на станции Огурцово, расположенной в окрестностях Новосибирска, (рис. 11), явление становится более продолжительным, что можно воспринимать как проявление городского острова тепла.

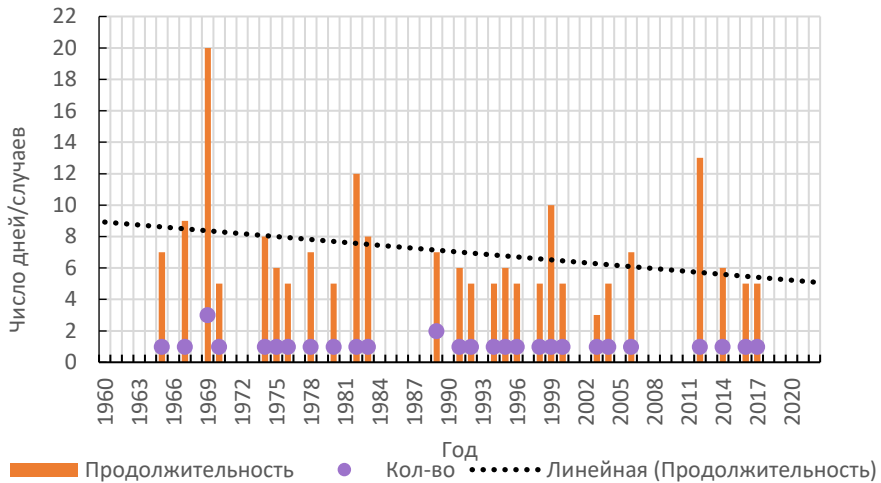


Рис. 10. Количество и продолжительность волн жары на станции Барабинск

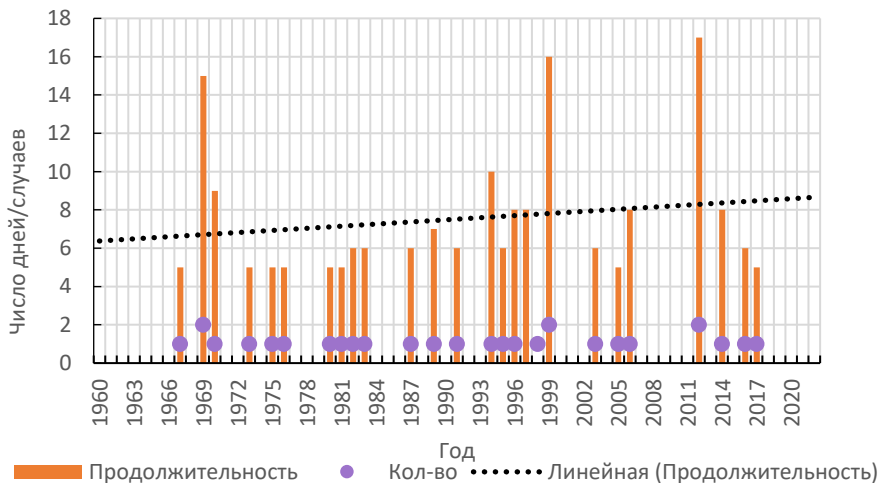


Рис. 11. Количество волн жары и их продолжительность на станции Огурцово

С учетом характеристик волн жары и литературных данных (Ревич и др., 2019), к которым говорится о большей значимости волн холода для здоровья населения в городах с холодным климатом, отдельного внимания заслуживают параметры и явления зимнего периода. В регионе степень дискомфорта в холодный период, определяемая величиной эквивалентно-эффективной температуры, становится больше по расчетам за период 1966–2022 гг. Однако показатель варьируется в небольшом диапазоне. При определении различных категорий биотропности было обнаружено, что около полугода область находится в резких и чрезвычайно резких условиях (категории биотропности 4 и 5) в отношении комплексного комплексного воздействия температуры воздуха, скорости ветра и относительной влажности воздуха (42–47 % дней). Повторяемость лет с аномально холодной погодой в Новосибирской области составляет 21,4 % (Чередыко, 2019). Районы, расположенные на севере и востоке (Маслянинский, Тогучинский, Искитимский, Кыштовский, Колыванский, Убинский), за счет высокой повторяемости «сильных морозов» имеют бóльший риск относительно других районов.

Влияние изменений климата на здоровье выходит далеко за пределы очевидного прямого воздействия во время стихийных бедствий. Повышение температуры приводит к расширению ареалов переносчиков инфекционных болезней человека. В Новосибирской области эндемичными по клещевому вирусному энцефалиту являются Барабинский, Болотнинский, Венгеровский, Искитимский, Каргатский, Колыванский, Коченевский, Краснозёрский, Кыштовский, Маслянинский, Мошковский, Новосибирский, Ордынский, Северный, Сузунский, Тогучинский, Усть-Тарский, Чановский, Черепановский, Чулымский районы, а также города Бердск, Обь и Новосибирск (Новосибирск онлайн).

Проблема безопасности пищевых продуктов и качества питьевой воды становится острее в условиях повышения температур, которые благоприятствуют развитию бактериальной флоры в продуктах питания и воде. При температуре окружающего воздуха свыше 5°C каждое повышение средней недельной температуры на один градус обуславливает повышение уровня заболеваемости сальмонеллезами

на 5–10 %. Соответственно, риск заболеваемости паразитогами, бактериальными и вирусными инфекциями (шистоматоз, сальмонеллез, ротавирусы), энтеровирусными инфекциями в Новосибирской области может вырасти, так как увеличивается количество дней с температурами воздуха выше 5 °С.

### Заключение

Для территории Новосибирской области получены оценки изменений и их статистической значимости базовых и специализированных климатических показателей для отраслей экономики (транспорт и строительство) и здоровья населения. На уровне муниципальных образований определены районы, где эти изменения наиболее значительны.

Анализ наблюдаемых изменений климатических характеристик по данным 35 метеостанций за период 1966–2022 гг. показал, что средняя скорость роста средней годовой температуры воздуха примерно одинакова на территории области и составляет 0,3–0,4 °С /10 лет, что несколько меньше, чем в среднем по России. Статистически значимым является увеличение числа дней с температурой воздуха выше +25 °С. Значительного повышения средних зимних температур не наблюдается. В отдельные годы по-прежнему возможно экстремально большое число дней с температурами ниже –25 °С, например, зимой 2009–2010 г. был отмечен абсолютный максимум числа дней с температурой ниже –25 °С (на ряде метеостанций он изменялся в пределах 72–86 дней). Однако при этом значительно снизилась повторяемость температуры воздуха ниже –40 °С, которая является одним из основных специализированных показателей как для строительного, так и для транспортного секторов. Изменения в режиме осадков выражаются в основном в увеличении суточного максимума осадков теплого периода. В ряде районов увеличение этого показателя составило почти 100 % за последние 10 лет. Наибольшее увеличение сумм осадков теплого периода (на 10–16 %) характерно для востока области, прежде всего в предгорных районах. Значимых изменений в характеристиках



ветрового режима на территории Новосибирской области не наблюдается. Благоприятными факторами для функционирования и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры является статистически значимое уменьшение повторяемости туманов, метелей и объемов снеготранспорта. Прогнозные значения изменений климатических показателей к середине XXI в. по отношению к базовому периоду 1990–1999 гг. были получены по данным региональной климатической модели ГГО. По данным модельных оценок средняя температура зимнего периода на территории области повышается на 3–5 °С, средняя температура летнего периода на 1–3 °С. Средняя температура отопительного периода возрастет примерно на 1–2 °С, градусо-сутки отопительного периода уменьшатся на 10–15 %, температура наиболее жаркого месяца, вероятно, увеличится на 1–1,5 °С. К середине XXI в. прогнозируется рост числа дней с переходом температуры воздуха через 0 °С (на 5–10 дн.), что является негативным фактором для устойчивого функционирования транспортной и строительной отраслей, а также для здоровья населения. Изменения в режиме увлажнения коснутся, прежде всего, суточного максимума осадков, величина которого вероятно возрастет на 10–15 %.

*Исследование выполнено при поддержке Росгидромета (направление 3.1 плана НИТР «Развитие методов и технологий климатического обслуживания, включая совершенствование моделей прогнозирования климата, методов оценки последствий изменения климата, климатического обоснования национальных адаптационных планов и мониторинга эффективности адаптаций»)*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агентьева Е. М., Ключева М. В., Фасолько Д. В., Самойлова Е. П., Разова Е. Н. (2023). Специализированная климатическая информация для подготовки региональных планов адаптации к изменению и изменчивости климата (на примере Ленинградской области) // Труды ГГО. Вып. 209. С. 8–29.

ВНИИГМИ\_МЦД. Электронный ресурс. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения 28.06.2023)

*Горбатенко В. П., Волкова М. А., Носырева О. В., Кужевская И. В.* (2021). Современные тенденции климатических характеристик, влияющих на развитие транспортной системы Томской области // *Фундаментальная и прикладная климатология*. Т. 7. № 4. С. 71–95.

ГОСТ 27751-2014 «Межгосударственный стандарт надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения». 2015.

*Григорьев А. В., Лено В. В.* (2014). Влияние низких климатических температур на ресурс материала железнодорожных колес // *Фундаментальные исследования*. № 5 (часть 1). С. 18–22.

Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации (2017). - СПб.: Росгидромет, 106 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010–2022 годы (2011–2023). – Москва: Росгидромет. 2011–2023 гг.

*Енгальчев Р. Н., Фахруллин И. Р., Кулаков А. Т.* (2020). Исследование влияния низкой температуры окружающей среды на эффективность автотранспортного процесса // *Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация*. № 1(84). С. 20–27.

*Игнатьева А. В., Кнауф Р. В.* (2020). Природные условия развития чрезвычайных ситуаций на территории Сибирского федерального округа // *Геоэкология*. № 1. С. 66–77.

*Кобышева Н. В., Акентьева Е. М., Галюк Л. П.* (2015). Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. — СПб: «Кириллица». 214 с.

*Коршунова Н. Н., Швец Н. В.* (2023). Изменение норм основных климатических параметров на территории России // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. № 1. С. 131–147.

*Косилов В. А.* (2015). Методология управления рисками в логистических системах жилищного строительства / Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. — Самара. 312 с.

*Луцицкая И. О., Белая Н. И., Арбузов С. А.* (2011). Климат Новосибирска и его изменения. — Новосибирск: Издательство СО РАН. 224 с.

МР 2.2.7.2129-06 (2007). Режимы труда и отдыха для работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. Методические рекомендации. — М.: Центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 22 с.

Новосибирск онлайн. Электронный ресурс.  
URL: <https://ngs.ru/text/health/2021/03/11/69790991/> (дата обращения 26.06.2023)

РД 52.04.563–2013. (2013). Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями — СПб: Гидрометеоиздат. 53 с.

*Ревич Б. А., Малеев В. В., Смирнова М. Д.* (2019). Изменение климата и здоровье: оценки, индикаторы, прогнозы. — Москва: ИПП РАН. 196 с.

Риски строительной отрасли. Электронный ресурс. URL: <http://www.riskovik.com/journal/stat/n11/riski-stroj-otrasli> (дата обращения 12.09.2023)

*Стерин А. М., Лавров А. С.* (2022). Использование квантильной регрессии для оценки пространственных особенностей характеристик трендов приземной температуры на территории России // *Фундаментальная и прикладная климатология*. Т. 8. № 2. С. 238–257.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2022) – СПб: Научное издание. 676 с.

*Хлебникова Е. И., Дацюк Т. А., Салль И. А.* (2014). Воздействие изменений климата на строительство, наземный транспорт, топливно-энергетический комплекс // *Труды ГГО*. Вып. 574. С. 125–178.

*Чередыко Н. Н.* (2019). Показатели экстремальности температурного режима холодного периода на юге Западной Сибири // *Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: XXV Международный симпозиум. Тезисы докладов*. — Новосибирск. С. 134.

*Шамин Д. В.* (2011). Оценка и управление рисками ИП при освоении месторождений и строительстве газопроводов на этапе проектирования. Электронный ресурс. URL: <https://delovoyimir.biz/ocenka-i-upravlenie-riskami-ip-pri-osvoenii-mestorozhdeniy-i-stroitelstve-gazoprovodov-na-etape-proektirovaniya.html> (дата обращения 06.09.2023).

*Шамин Д. В.* (2014). Анализ и оценка рисков проекта «Южный поток» СС по территории Республики Сербия // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. №. 3 (84). С. 66–74.

*Якунин И. Н.* (2019). Исследование влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность автотранспортного процесса // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. № 7. С. 138–145.

*Якунин И. Н.* (2020). Влияние высоких температур и солнечной радиации на аварийность на автомобильном транспорте в летнее время // *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*. Т. 17, № 6 (76). С. 704–713.