

Индекс 18617
по каталогу Роспечати
«Газеты. Журналы»

Федеральная служба
по гидрометеорологии
и мониторингу
окружающей среды



ТРУДЫ ГГО им. А.И. Воейкова



**ТРУДЫ
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ
им. А.И. ВОЕЙКОВА**

599

599
выпуск



ISSN 0376-1274

Уважаемые читатели!

Подписаться на научно-технический журнал «Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова» вы можете по каталогу «Роспечать» во всех отделениях связи.

Подписной индекс – 18617.

Федеральная служба
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ТРУДЫ
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
им. А. И. Воейкова

Выпуск

599

Под редакцией

д-ра физ.-мат. наук В. М. Катцова,

д-ра физ.-мат. наук В. П. Мелешко

Санкт-Петербург
2020

Адрес: 194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7
Телефон: (812) 297-43-90
ФАКС: (812) 297-86-61
e-mail: director@main.mgo.rssi.ru
web site: <http://www.voeikovmgo.ru>

Редакционная коллегия

Д-р физ.-мат. наук В. М. Катцов, д-р физ.-мат. наук Е. Л. Генихович,
 чл. корр. РАН, д-р физ.-мат. наук С. К. Гулев, д-р физ.-мат. наук, профессор И. Л. Кароль,
 канд. физ.-мат. наук А. А. Киселев, д-р геогр. наук, профессор Н. В. Кобышева,
 д-р физ.-мат. наук В. П. Мелешко, д-р геогр. наук А. В. Мещерская,
 канд. физ.-мат. наук Т. В. Павлова, канд. физ.-мат. наук Е. В. Розанов,
 д-р техн. наук А. А. Синькевич, канд. физ.-мат. наук А. П. Соколов,
 канд. физ.-мат. наук П. В. Спорышев, канд. физ.-мат. наук Е. Е. Федорович,
 канд. геогр. наук Е. Л. Махоткина (секретарь редколлегии)

В сборнике представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по актуальным проблемам изменения климата и прогноза погоды, атмосферной диффузии и мониторинга состояния атмосферы, климатологии, дистанционного зондирования атмосферы.

Сборник рассчитан на широкий круг научных работников и инженеров, интересующихся результатами современных исследований в области метеорологии и прикладной геофизики и их практическим использованием.

Рекомендуется аспирантам и студентам старших курсов соответствующих специальностей.

В соответствии с решением Президиума высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory

Editorial board

Dr. V. M. Kattsov, Dr. E. L. Genihovich, Dr. S. K. Gulev, Dr. I. L. Karol,
 Dr. A. A. Kiselev, Dr. N. V. Kobysheva, Dr. V. P. Meleshko, Dr. A. V. Mescherskaya,
 Dr. T. V. Pavlova, Dr. E. V. Rozanov, Dr. A. A. Sinkevich, Dr. A. P. Sokolov, Dr. P. V. Sporyshev,
 Dr. E. E. Fedorovich, Dr. E. L. Makhotkina (Editorial board secretary)

The publication deals with the results of theoretical and experimental studies on the present-day problems of changes in climate and weather forecast, atmospheric diffusion and atmospheric air condition monitoring, climatology, remote sounding of the atmosphere.

The publication is meant for a wide circle of specialists interested in the results of meteorological science development and their practical application.

It is recommended for post-graduates and students in their third or fourth year of respective speciality.

© Федеральное государственное бюджетное
 учреждение «Главная геофизическая обсерватория
 им. А. И. Воейкова»,
 2020

ISSN 0367-1274

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В. В. Стадник, М. В. Ключева, В. А. Задворных, Е. П. Самойлова.</i> Влияние наблюдаемых изменений климата на транспортную отрасль экономики (на примере Псковской, Смоленской и Брянской областей).	7
<i>Г. Б. Пигольцина, Д. В. Фасолько.</i> Микроклиматический подход к оценке пространственной изменчивости характеристик снежного покрова в сложном рельефе при недостаточной метеорологической информации.	26
<i>А. В. Зинченко, В. И. Привалов, Ивахов В. М.</i> Измерения концентрации растворенных в водоёме парниковых газов и расчеты газообмена водоема с атмосферой.	45
<i>И. Л. Калюжный, Ф. Ю. Решетников.</i> Сравнение результатов многолетних наблюдений за испарением с водной поверхности по теплоизолированному испарителю ГГИ-3000ТМ с показанием приборов водно-испарительного комплекса Валдайского филиала ГГИ.	59
<i>А. Д. Зив.</i> Дискретизация и инфографика в нормативных расчетах загрязнения атмосферы.	74
<i>О. В. Волобуева, Я. В. Дробжева, И. А. Иванова, О. Н. Топтунова.</i> Проверка точности расчетов профилей температуры по модели NRLMSISE-00 для Санкт-Петербурга.	93
<i>А. Х. Кагермазов, Л. Т. Созаева.</i> Валидация прогностических полей метеозадающих глобальной модели атмосферы на средние сроки по данным аэрологического зондирования для Центральной части Северного Кавказа. ...	104
<i>Я. В. Дробжева.</i> Расчет зоны инфразвукового контроля землетрясений малой магнитуды на односкачковых трассах для Тянь-Шанского сейсмического региона.	115

Б. М. Хучунаев, С. О. Геккиева., А. Х. Будаев Аппаратура, методика и предварительные результаты измерения удельного заряда на частицах реагента, образующихся при возгонке пиротехнических составов.	128
Л. Т. Созаева, М. М. Жабоева. Обратное рассеяние радиолокационного излучения облачными и дождевыми каплями.	140
С. Л. Алита, Н. А. Борисова. Разработка концепции расположения мобильных пунктов воздействия на градовые процессы.	151
А. Д. Кузнецов, А. С. Лялюшкин, С. Ю. Михайлуш- кин, А. С. Солонин, Е. А. Тетерин. О влиянии движения воздушных судов на развитие кучево-дождевой облачности.	162

CONTENTS

<i>Stadnik V. V., Klueva M. V., Zadvornyykh V. A., Samoylova E. P.</i> The impact of observed climate changes on the transport sector (the case of Pskov, Smolensk and Bryansk regions).	7
<i>Pigoltcina G. B., Fasolko D. V.</i> Microclimatic approach to the estimation of snow cover spatial variability in mountainous relief with insufficient meteorological information.	26
<i>Zinchenko A. V., Privalov V. I., Ivakhov V. M.</i> Measurements of dissolved in water GHG concentrations and calculations of gas exchange between reservoirs and atmosphere.	45
<i>Kalyuzhny I. L., Reshetnikov F. Yu.</i> Comparison of results of evaporation from water surface long-term observations using heat-insulated evaporator SHI-3000TM with data of SHI Valdai branch water-evaporation complex.	59
<i>A. D. Ziv.</i> Discretization and Infographics in Regulatory Calculations of Air Pollution.	74
<i>Volobueva O. V., Drobzheva Y. V., Ivanova I. A., Toptunova O. N.</i> Testing the accuracy of temperature profile calculations using the NRLMSISE-00 model for St. Petersburg. .	93
<i>Kagermazov A. Kh., Sozaeva L. T.</i> Validation the predictive fields of meteorological elements of the global atmospheric model on the average periods based on aerological sounding data for the Central part of the North Caucasus.	104
<i>Drobzheva Ya. V.</i> Calculation of the zone of infrasound monitoring of small-scale earthquakes on single-jump routes for the Tien-Shan seismic region.	115
<i>Khuchunaev B. M., Gekkiewa S. O., Budaev A. Kh.</i> Equipment, technique and preliminary results of measuring the specific charge on the particles of the reagent formed by	128

exposure of the pyrotechnical compositions.	
<i>Sozaeva L. T., Zhaboeva M. M.</i> Backscatter of radar radiation by cloud and rain drops.	140
<i>Alita S. L., Borisova N. A.</i> The development of the concept of using mobile stations of impact on hail processes.	151
<i>Kuznetsov A. D., Lyalushkin A. S., Mikhaylushkin S. Y., Solonin A. S., Teterin E. A.</i> On the impact of aircrafts traffic on the development of cumulonimbus clouds. ...	162

УДК 551.58

ВЛИЯНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ТРАНСПОРТНУЮ ОТРАСЛЬ ЭКОНОМИКИ (НА ПРИМЕРЕ ПСКОВСКОЙ, СМОЛЕНСКОЙ И БРЯНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)

*В. В. Стадник, М. В. Ключева,
В. А. Задворных, Е. П. Самойлова*

Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова
194021 Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7
E-mail: vvstadnik@mail.ru

Поступила в редакцию 20.11.2020
Поступила после доработки 22.12.2020

Введение

Наземный транспорт — одна из наиболее зависимых от погоды отраслей экономики. Негативные последствия изменения климата для дорожно-транспортного комплекса связаны, прежде всего, с ростом количества опасных явлений, оказывающих большое влияние не только на экономические показатели работы транспортных средств, но и на безопасность движения, поскольку от состояния погоды и качества информации о ней нередко зависят жизнь и здоровье людей.

Влияние меняющихся климатических условий важно учитывать при планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации транспортной инфраструктуры (Второй оценочный доклад..., 2014).

В данной статье рассматривается влияние климатических изменений на два вида транспорта — автомобильный и железнодорожный, которые преобладают в транспортной структуре

областей Российской Федерации, граничащих с Республикой Беларусь.

Структура транспортной отрасли Псковской, Смоленской и Брянской областей

По территории Псковской, Смоленской и Брянской областей проходят важнейшие автомобильные и железнодорожные транспортные артерии Российской Федерации.

Автотрассы и железные дороги Псковской области имеют высокие показатели транспортной доступности к российским и прибалтийским портам. Через область проходит свыше 5 % российского импорта и свыше 10 % экспорта. В структуре перевозок грузов 52 % занимает автомобильный транспорт и 46 % — железнодорожный.

Через Смоленскую область проходят кратчайшие автомобильные и железнодорожные магистрали, связывающие Западную Европу с Центральной Россией. Это автомагистраль «Беларусь» (М1) и основная железнодорожная двухпутная электрифицированная магистраль Москва–Минск–Брест.

В транспортной системе Брянской области ведущая роль также принадлежит железнодорожному и автомобильному транспорту. Через территорию области проходят грузовые и пассажирские потоки из стран дальнего и ближнего зарубежья.

Специализированные климатические характеристики, используемые при проектировании и эксплуатации автомобильных и железных дорог

Специализированные климатические характеристики используют на всех этапах — от проектирования дорог до их эксплуатации.

Наиболее полные сведения о климатических характеристиках (в первую очередь о снежном покрове и температуре воздуха) необходимы на этапе проектирования дороги, когда определяется направление трассы, проектируются высота и ширина

снегонезаносимой насыпи, земляное полотно и дорожная одежда, осуществляется расчет освещенности дороги и т. д.

На этапе строительства наиболее востребованы параметры, характеризующие влияние климата на бесперебойную работу строителей: температура воздуха, ветер и атмосферные осадки. Эта информация необходима для определения периода проведения основных дорожных работ и установления расценок на сезонные дорожные работы на открытом воздухе в зимний период.

В таблицах 1 и 2 для областных центров Псковской, Смоленской и Брянской областей приведены количественные характеристики основных специализированных климатических параметров за период наблюдений 1966–2020 гг., используемых на этапах проектирования и строительства дорог. Приведенные значения экстремумов относятся ко всему периоду наблюдений.

Третий этап — эксплуатация дороги — предполагает целый комплекс обслуживающих мероприятий. Климатические особенности, которые определяют объем затрат на содержание дороги, зависят от местоположения района, по которому она пролегает. Так, например, в районах с частыми переходами температуры воздуха через 0 °С наблюдается повышенная вероятность образования гололедных явлений, а в районах с устойчивыми морозами — снежных заносов (снег здесь более сухой, подвижный и легко переносится ветром). Информация, которая используется на третьем этапе, необходима для определения фактического состояния поверхности дороги, схем транспортных перевозок, дорожно-ремонтных работ и планирования сроков их летнего максимума. На этом этапе наиболее важной является информация об атмосферных явлениях, повторяемость и интенсивность которых влияет на аварийность на дороге.

Важной задачей на этапе эксплуатации дороги является разработка общей стратегии ее зимнего содержания, уровень которого во многом зависит от степени снегонезаносимости и гололедоопасности дороги.

Таблица 1

**Климатические параметры, используемые при принятии
решений на этапе проектирования автодорог**

Параметр	Псков	Смоленск	Брянск
Номер района в соответствии с дорожно-климатическим районированием (СП 34.13330.2012)	II	II	II/III
Абсолютная максимальная температура воздуха, °C	35,6	37,2	38,4
Абсолютная минимальная температура воздуха, °C	-40,6	-39,5	-41,8
Средняя температура воздуха наиболее холодного периода обеспеченностью 0,94, °C	-12	-12	-13
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98, °C	-32	-30	-30
Температура воздуха теплого периода обеспеченностью 0,98, °C	26	25	25
Нормативная глубина сезонного промерзания грунта, м	1,3	1,2	1,3
Максимальная высота снежного покрова, см	81	70	65
Среднее число дней со снежным покровом, дни	98	121	111
Средняя из наибольших высот снежного покрова за зиму, см	34	41	38
Продолжительность метели, ч	77,0	86,9	40,9
Повторяемость скоростей ветра 0–1 м/с, %	30,7	26,6	26,3
Преобладающее направление ветра в зимний период (XII–II)	Ю	З	Ю
Максимальная скорость ветра, возможная 1 раз в 50 лет, м/с	30	26	26
Количество осадков за холодное полугодие (X–III), мм	212	242	221
Количество осадков за теплое полугодие (IV–IX), мм	453	478	443
Среднее годовое количество осадков, мм	665	720	664

Таблица 2

**Климатические параметры, используемые при принятии
решений на этапе строительства автодороги**

Параметр	Псков	Смоленск	Брянск
Повторяемость случаев выпадения осадков более 20 мм/сут. в зимний период, %	0,04	0,04	0,10
Повторяемость числа дней с осадками более 5 мм/сут. за период с апреля по октябрь, %	13,6	14,4	13,3
Число дней со средней суточной температурой воздуха выше 5 °C в весенне-осенний период, дни:			
среднее	98	96	102
максимальное	124	119	124
Число дней со средней суточной температурой воздуха выше 10 °C в весенне-осенний период, дни:			
среднее	50	53	60
максимальное	70	69	84
Число дней с преобладающей скоростью ветра более 10 м/с при отрицательных зимних температурах, дни	2,2	3,2	2,3
Число дней с температурой воздуха ниже -25 °C, дни	3,4	2,8	2,2

Дорожно-эксплуатационные предприятия должны в процессе эксплуатации дороги выявлять снеготаносимые и гололедоопасные участки, устанавливать причины образования зимней скользкости и снежных заносов, разрабатывать и осуществлять мероприятия, уменьшающие или полностью устраняющие эти дефекты. Зимнее

содержание автомобильных дорог должно быть организовано таким образом, чтобы были соблюдены требования, указанные в (Руководство..., 2003).

Опасные метеорологические явления на территории Псковской, Смоленской и Брянской областей и их влияние на функционирование наземного транспорта

Исследования уязвимости транспортных сетей к изменению и изменчивости климата показали, что объекты транспортной инфраструктуры более чувствительны к экстремальным явлениям, чем к постепенным изменениям средних значений климатических параметров (Последствия изменения климата..., 2014). Негативные последствия изменения климата для дорожно-транспортного комплекса связаны, прежде всего, с ростом количества опасных явлений, таких как сильная жара, густые туманы, сильные ливни, снегопады, снежные лавины, метели. Большое количество выпавших осадков, особенно жидких и смешанных, создает опасность размыва участков автомобильных дорог и железнодорожного полотна, а обильные снегопады и прирост снежного покрова ≥ 5 см потребует повышения насыпи железнодорожного полотна. Частые перепады температуры в зимний период приводят к образованию скользкости на дорогах, способствуют разрушению покрытия автомобильных дорог.

В таблице 3 приведены наиболее часто наблюдаемые опасные метеорологические явления, влияющие на работу транспорта, и последствия, которые они вызывают.

Анализ повторяемости опасных явлений за период 1991–2016 гг. показал, что наиболее часто большой материальный ущерб для экономики Псковской, Смоленской и Брянской областей наносят сильный ветер, осадки в виде снега и мокрого снега, сильные дожди и ливни (рис. 1). Сильные ветры часто являются причиной задержек поездов из-за падения деревьев, обрыва проводов контактной сети, повреждения железнодорожного подвижного состава. Они создают потенциальную угрозу схода подвижного состава с рельсов.

Таблица 3

Опасные метеорологические явления, влияющие на работу транспорта, и последствия, которые они вызывают

Опасные метеорологические явления	Последствия	
	Автомобильные дороги	Железные дороги
Продолжительные периоды с экстремально высокими температурами, частые перепады температур	Размягчение асфальтового покрытия (износ шин, колеиность), разрушение покрытия дорог, перегрев автомобилей, вывод из строя транспортного оборудования, рост потребностей в охлаждении, сокращение интервалов между ремонтными работами, увеличение расходов на строительные и ремонтные работы	Деформация путей, перегрев и сбой в работе объектов инфраструктуры и подвижного состава, пожары на откосах, проблемы с электроникой и сигнальными устройствами, нарушение автоблокировки управления сигналами, ограничение скорости движения
Интенсивные продолжительные осадки, ливни, паводки	Затопление дорог, учащение оползней, нарушение структурной целостности дорожного полотна, затруднение ремонтно-технического обслуживания дорог, мостов и дренажных систем, ухудшение видимости, задержки в движении	Затопление железнодорожного полотна, размывание мостовых опор, проблемы с дренажными системами и туннелями, оползни, затопление подземных объектов, разрушение насыпей, эксплуатационные проблемы, задержки в движении

Опасные метеорологические явления	Последствия	
	Автомобильные дороги	Железные дороги
Скорость ветра более 15 м/с	Разрушение ограждений, ДТП	Повреждение объектов инфраструктуры, в том числе опор, разрывы контактных электрических проводов, скачки напряжения, перебои в эксплуатации
Туманы	Снижение скорости движения в связи с ухудшением видимости	Снижение скорости во время движения в связи с ухудшением видимости, нарушение расписания
Снег, метели	Снежные заносы, снижение проеязваемости дорог, отложение снега на проезжей части, образование снежного наката, снижение скорости движения, рост трудовых затрат на расчистку дорог	Нарушение работы станций, узлов, иногда целых направлений. Большие затраты на расчистку от снега путей и стрелочных переводов

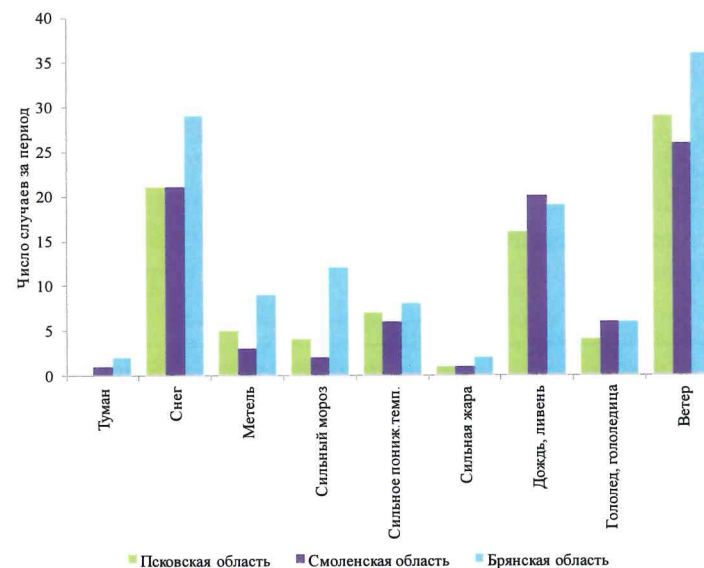


Рис. 1. Число опасных явлений, нанесших большой материальный ущерб в 1991–2016 гг.

В зимнее время опасные метеорологические явления, которые оказывали влияние на состояние дорог (снег, метель, сильный мороз, гололед, снежные отложения), в Псковской, Брянской и Смоленской областях по данным наблюдений за период 1991–2018 гг. составили 35 % от всех опасных явлений.

Одной из важных задач дорожно-эксплуатационной службы в зимний период является защита автомобильных дорог от снежных заносов и снегоотложений (ОДМ 218.5.001-2008).

Поверхность автомобильных дорог по своим свойствам значительно отличается от поверхности метеорологических площадок, поэтому по данным метеостанций состояние дорожного покрытия (степень заснеженности, вид обледенения) можно оценить только косвенно на основе параметров, наблюдаемых на ближайших к дороге метеорологических площадках.

В таблицах 4 и 5 приведены некоторые специализированные характеристики снегопадов по ежедневным 8-срочным наблюдениям для пунктов, расположенных на трассе «Беларусь» (Москва–Минск), которая проходит через всю Смоленскую область.

Главным источником снежных заносов на дороге является снеготранспорт (объем снега, который переносится через заданную точку со всех направлений за зимний период) и снеготранспорт (объем снега, приносимого метелью к одной какой-либо стороне дороги).

Таблица 4

**Характеристики снегопадов вблизи трассы «Беларусь»
(Смоленская область)**

Станция	Среднее число дней с выпадением снега и мокрого снега	Количество твердых осадков, мм	Средняя продолжительность снегопадов, ч
Вязьма	58	152	171,7
Сафоново	60	150	163,5
Смоленск	61	161	209,0

Таблица 5

**Характеристики сильных снегопадов вблизи трассы «Беларусь»
(Смоленская область)**

Метеостанция	Общее число сильных снегопадов за рассматриваемый период	Относительная доля числа случаев сильных снегопадов с различной интенсивностью (в % от общего числа случаев сильных снегопадов за рассматриваемый период)			Максимальная интенсивность снегопада, мм/ч*
		Интенсивность снегопада			
		0,4–0,6 мм/ч*	0,7–0,9 мм/ч*	≥ 1,0 мм/ч*	
Вязьма	35	51,4	42,9	5,7	1,3
Сафоново	42	54,8	28,6	16,7	1,8
Смоленск	47	55,3	29,8	14,9	1,6

Примечание: * — Величина выпавших осадков указана в пересчете на воду.

В таблице 6 представлены результаты расчета снеготранспорта в районах областных центров рассматриваемых областей за зимние сезоны 1997–2007 и 2007–2017 гг., которые наглядно демонстрируют снижение объемов переносимого снега в последние годы. Однако при определенных синоптических ситуациях эта тенденция может нарушаться. Примером является снежная зима 2013–2014 гг., особенно в районе Пскова и Смоленска.

Таблица 6

**Объем снеготранспорта W (м³/м) за зимние сезоны
по основным направлениям ветра**

Станция	Период	W_C	W_{CB}	W_B	$W_{ЮВ}$	$W_{Ю}$	$W_{ЮЗ}$	$W_З$	$W_{СЗ}$
Брянск	1997–2007	0,70	0,31	1,21	0,22	0,05	0,23	0,61	1,76
	2007–2017	0,00	0,22	0,39	0,14	0,00	0,00	0,13	0,54
Псков	1997–2007	0,44	0,09	0,02	0,24	0,65	0,07	0,06	0,77
	2007–2017	0,04	0,06	0,56	0,08	0,50	0,03	0,17	0,34
Смоленск	1997–2007	0,72	0,22	1,02	1,43	1,94	1,23	1,70	2,50
	2007–2017	0,19	0,12	0,67	1,89	1,70	0,38	0,40	0,47

Уменьшение снежного покрова и числа дней со снежным покровом отмечается также зарубежными исследователями на основе расчетов с использованием многомодельного ансамбля прогнозов (Kjellström et al., 2011). По их данным прогнозируется сокращение числа дней со снежным покровом в северной Европе (55–70° с. ш., 4,5–30° в. д.) к 2071–2100 гг. на 40–70 дней по сравнению с базовым периодом 1961–1990 гг. Расчеты по моделям не исключают отдельных зим с сильными снегопадами, которые в конце XXI века будут становиться все более редким явлением.

В зимний период проезжаемость и безопасность эксплуатации автомобильных дорог резко ухудшается не только во время снегопадов, но и в связи со скользкостью, возникающей при наличии гололедно-изморозевых отложений на поверхности дорог.

Метеорологические условия, способствующие образованию различных видов скользкости на автомобильных дорогах, подробно изложены в Методических рекомендациях (2017). В таблице 7 приведены среднее число и повторяемость различных видов скользкости на трассе «Беларусь» в Смоленской области.

Таблица 7

Среднее за сезон (ноябрь–март) число дней с образованием скользкости на покрытии автодороги при отсутствии снегоотложений

Станция	Гололе- дица	Твердый налет, гололед	Измо- розь зернис- тая	Изморозь кристалли- ческая	Все виды скольз- кости
Гагарин	3,8	7,4	2,3	0,9	14,4
Вязьма	3,0	14,1	11,7	4,3	33,1
Сафоново	3,0	2,7	4,6	0,7	11,0
Смоленск	2,7	7,0	2,7	1,3	13,7
Шокино	2,9	4,0	4,2	0,9	12,0
Рудня	2,8	5,3	3,2	1,2	12,5

Выполненные расчеты показали, что наиболее сложные условия на трассе Москва–Минск имеют место в районе Вязьмы, где в среднем за сезон наблюдается более 30 дней с различными видами скользкости. По всей трассе часто образуются наиболее опасные виды скользкости: гололед и гололедица, а также зернистая изморозь, практически представляющая собой гололед, но с меньшей плотностью. Особенно это характерно для восточной части области (г. Гагарин).

Перечень приведенных характеристик различных видов скользкости следует рассматривать как необходимый для разработки общей стратегии зимнего содержания автомобильных дорог,

определения порядка действий и норм внесения противогололедных материалов в конкретных ситуациях. Учитывая изменение климата, можно ожидать, что повторяемость условий, способствующих образованию скользкости на дорогах, к середине XXI столетия возрастет. Это потребует принятия специальных мер для предотвращения скользкости на дорогах и увеличения эксплуатационных расходов на зимнее содержание дорог.

Отметим, что железнодорожные компании также разрабатывают различные планы и процедуры работ в зимний период, требующие ежегодно больших финансовых затрат: очистка путей от снега, посыпание их песком и солью, проверка путей и колес, введение временных скоростных ограничений. Если наметившаяся тенденция роста малоснежных зим будет продолжаться, это может принести операторам железнодорожных линий определенные выгоды, однако для их идентификации и количественной оценки необходимо провести дополнительные исследования (Последствия изменения климата..., 2014).

В ОАО «РЖД» для железнодорожного транспорта был разработан и утвержден перечень опасных явлений по степени их интенсивности, в который, кроме снега, гололеда и атмосферных осадков, входит температура воздуха определенных пределов, в частности ниже минус 25 и выше 25 и 30 °С (Об утверждении регламента..., 2018). Повышение температуры воздуха выше плюс 30 °С определено как сверхопасное явление для железнодорожного транспорта. При таких температурах, помимо технологических проблем (удлинение рельсов, распад органических изоляционных материалов и др.), может возникать ухудшение физического состояния у персонала дороги.

Приведенный на рисунке 2 график изменения числа дней с температурой воздуха более 25 и 30 °С в период 1966–2018 гг. демонстрирует положительный тренд обеих характеристик. Наибольшую значимость имеет тренд числа дней с температурой более 25 °С (доля трендовой составляющей для выбранных метеостанций около 24 %).

Наиболее значительный рост числа дней с экстремально высокими температурами наблюдается на территории Брянской области.

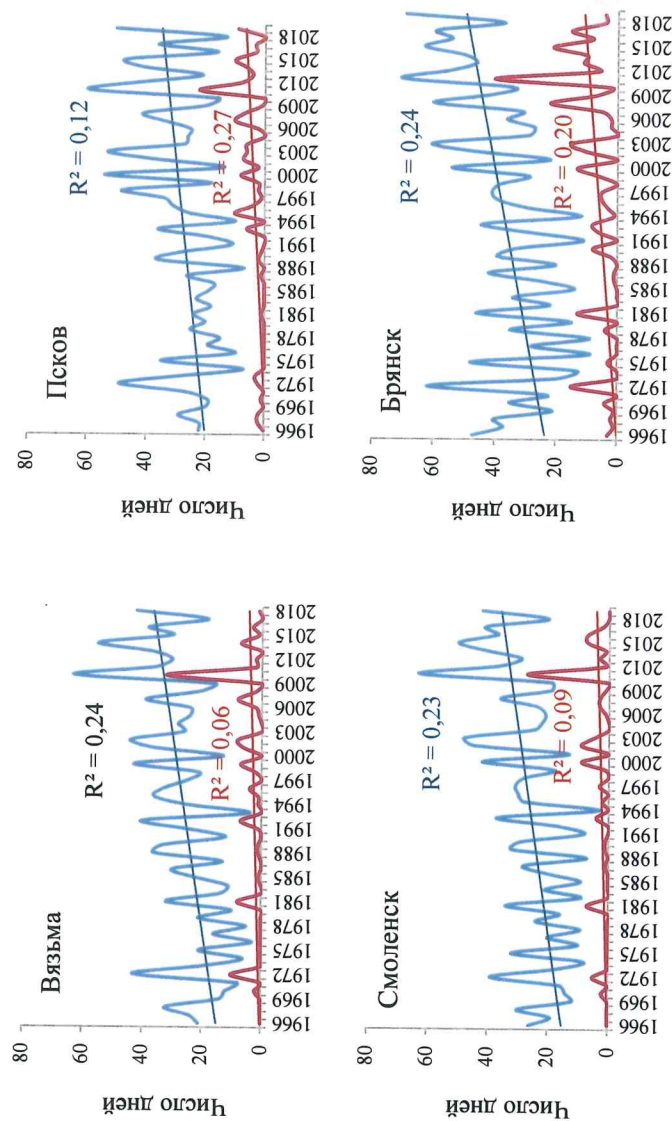


Рис. 2. Изменение числа дней с температурой воздуха выше + 25 °С (синяя кривая) и выше + 30 °С (красная кривая)

Температурный режим летнего сезона характеризуется повышенной повторяемостью волн тепла и более высокими значениями их суммарной продолжительности. Увеличение числа дней с аномально высокой температурой наблюдается с 90-х годов XX века. Так, среднее число жарких дней в период 2001–2010 гг. существенно возросло по сравнению с предыдущим десятилетием (1991–2000 гг.).

Максимальная продолжительность волн тепла особенно увеличилась на Европейской территории России южнее 60° с. ш.: в среднем по региону на 10–15 дней, в Брянской области — на 20 дней. Основной вклад в это увеличение внесла очень жаркая погода летом 2010 г.

Интенсивные волны тепла отмечались и до 2010 г. (2001 и 2002 гг.), но волна 2010 г. на ЕТР была более длительная, чем предыдущие. Например, в Брянске в июле–августе 2010 г. непрерывная продолжительность периода со среднесуточной температурой выше средней многолетней составила 53, а выше 25 °С — 42 дня.

Очевидно, что в новых условиях необходимо разрабатывать меры по адаптации к увеличению интенсивности и продолжительности периодов с аномально высокими температурами. В настоящее время для обычного бесстыкового пути, который имеет место на 99 % основных магистральных ходов РЖД, жара — это достаточно опасное явление, требующее ограничения скорости поезда, что приводит к значительным сбоям в расписании. Однако пока это единственный способ снижения риска схода с рельсов из-за искривления железнодорожного полотна.

Еще одним фактором, требующим повышенного внимания дорожных служб, является то, что рассматриваемые территории, граничащие с Республикой Беларусь, по оценкам МЧС России, расположены в зоне паводковой опасности, особенно территория Смоленской области (Атлас..., 2010). Паводок в отличие от половодья — явление не сезонное, не регулярное и может произойти когда угодно из-за обильных осадков. В случае паводка уровень воды в реке поднимается резко, неожиданно и на короткое время, но приносит

большие убытки транспортной инфраструктуре в связи с возможным затоплением низких участков дороги и размывом дорожного полотна.

Важнейшими показателями, анализ которых необходим для оценки угрозы паводковых разрушений, являются наблюденный и расчетный суточный максимум осадков, а также интенсивность дождя за различные промежутки времени. Анализ изменения этих характеристик за последние 50 лет показал их значительный рост. На большей части рассматриваемой территории значения наблюденного суточного максимума осадков были перекрыты в конце XX – начале XXI века. Особенно это характерно для территории Псковской (Псков — 103,1 мм, 2003 г.; Пушкинские Горы — 151,7 мм, 2017 г.; Гдов — 89,6 мм, 1993 г.) и Брянской областей (Брянск — 119,2 мм, 1999 г.). Соответственно, изменился и расчетный суточный максимум осадков различной обеспеченности, входящий в большинство нормативных документов по строительству. Так, с учетом данных последних лет на метеостанции Пушкинские Горы расчетный суточный максимум 1-процентной обеспеченности (повторяемость один раз в 100 лет) увеличился со 121 до 143 мм, на метеостанции Псков — со 111 до 115 мм. Необходимо отметить, что в преддверии весенне-летнего сезона подрядные организации в Смоленской, Псковской и Брянской областях ежегодно разрабатывают и утверждают план мероприятий по защите федеральных автомобильных дорог и искусственных сооружений на них в период прохождения паводка, составляют графики дежурства групп оперативного реагирования для контроля за потенциально опасными и низководными искусственными сооружениями. В Псковской области определены зоны затопления при половодьях и паводках 1-процентной обеспеченности, которые прилегают к незарегулированным водотокам. В границах зон затопления установлены территории, затапливаемые при максимальных уровнях воды 3-, 5-, 10-, 25- и 50-процентной обеспеченности (Работы ООО «Ленводпроект»..., 2019).

Адаптация транспортной инфраструктуры к наблюдаемым и ожидаемым климатическим изменениям на территории областей, сопредельных с Республикой Беларусь

Адаптация транспортной инфраструктуры к изменениям климата очень сложна, поскольку транспортные сети отличаются многообразным и комплексным характером и включают в себя множество различных групп — от производителей автотранспортных средств до менеджеров по инфраструктуре и пассажиров. Климатическое обеспечение транспортных отраслей отличается не только спецификой предоставляемых для каждого вида транспорта сведений, но и их масштабностью, что обусловлено большой протяженностью транспортных магистралей.

Адаптационные меры должны понизить степень уязвимости и повысить устойчивость и жизнеспособность транспортных систем к климатическим явлениям. Под устойчивостью понимается способность системы сохранять свои базовые функции (перевозки), несмотря на негативные природные явления. Применительно к транспорту жизнеспособность означает не только физическую надежность и долговечность инфраструктуры, но и способность транспортной системы быстро и с минимальными затратами восстанавливаться в случае возникновения аварийной ситуации. Таким образом, адаптационные меры можно рассматривать в качестве «страховочных мер», которые планируются и принимаются с целью ограничить будущие эксплуатационные расходы и расходы на восстановительные работы, связанные с увеличением числа климатических изменений.

Конкретные адаптационные меры для транспортной инфраструктуры должны включать:

- разработку реестров жизненно важных и уязвимых узлов транспортной инфраструктуры, создание базы оцифрованных данных о проблемных участках трасс;

- учет изменения климата в долгосрочных программах планирования, строительства, капитального ремонта и реконструкции;

— пересмотр технических стандартов (строительных норм), стандартов эксплуатации и материально-технического обслуживания транспортной инфраструктуры;

— разработку новых температурных нормативов для дорожных покрытий;

— развитие защитных мер по предотвращению образования снежных заносов, регулярное проведение профилактических мер с целью предотвращения зимней скользкости на дорожном покрытии;

— применение передовых методов логистики, способствующих внедрению стандартов эксплуатационной совместимости и обеспечивающих доступность и мобильность в условиях изменения климата.

Упреждающий подход в контексте адаптации транспорта к изменению климата подразумевает принятие осознанного решения выделять средства на разработку и осуществление соответствующих адаптационных планов, стратегий и мер с учетом возможных последствий изменения климата.

Работа выполнена в рамках Программы Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства на 2017–2021 годы» Мероприятие 3 «Развитие системы климатического обслуживания населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общ. ред. С. К. Шойгу (2010). — Москва: ДИК. 696 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2014). — Москва: Росгидромет. 1009 с. <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/2016-03-21-16-23-52>.

Методические рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики. Строительство. Транспорт (2017). — Санкт-Петербург. 160 с.

ОДМ 218.5.001-2008. Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега (2008) / Утверждены распоряжением Росавтодора от 01.02.2008 г. № 44-р. — Москва. 116 с.

Об утверждении регламента действий работников центральной дирекции инфраструктуры «Трансэнерго» и их структурных подразделений при наступлении неблагоприятных метеоусловий, а также при землетрясениях / Распоряжение ОАО «РЖД» от 11.09.2018 г. № 1997/р.

Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним. Доклад группы экспертов. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp5/publications/climate_change_2014r.pdf

Работы ООО «Ленводпроект» по определению зон затопления и подтопления на территории Псковской области (2019). URL: <https://pskov.bezformata.com/listnews/zoni-zatopleniya-i-podtopleniya/78563600/>.

Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Отраслевой дорожный методический документ (2003). — Москва: ГП «Информавтодор».

СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.

Kjellström E., Nikulin G., Hansson U., Strandberg G., Ullerstig A. (2011). 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations // Tellus A. V. 63 (1). P. 24–40.