

АКТУАЛИЗИРОВАННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В СВЯЗИ С ПРОДОЛЖАЮЩИМСЯ ПОТЕПЛЕНИЕМ

© 2021 г. А. В. Ширяева*

Институт географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: alexandra.v.shiryaeva@gmail.com

Поступила в редакцию 19.05.2020 г.

После доработки 07.02.2021 г.

Принята к публикации 27.04.2021 г.

В работе предлагается новая методика районирования территории России по климатическим условиям дорожного движения. В качестве главных критериев выделения зон используется продолжительность устойчивых теплого и холодного периодов; подзон (районов) — количество твердых осадков и число дней с переходами температуры воздуха через 0°C. Рассмотрены изменения этих параметров на территории России в 1961–1990 гг. и последующие 25 лет (1991–2015 гг.). Представлено районирование по данным за два временных периода, исследованы изменения границ районов в связи с современным потеплением. Сделан вывод об их смещении на расстояния порядка 200–300 км, сопоставимые с протяженностью ряда субъектов РФ. Таким образом, оценен масштаб климатических изменений, влияющих на функционирование автомобильного транспорта, и выделены регионы, в которых эти изменения наиболее существенны. Применяемый метод позволяет усовершенствовать существующее районирование по условиям движения на автомобильных дорогах за счет введения дополнительных и уточненных критериев, а также актуализации климатических данных.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, изменения климата, переход температуры воздуха через 0°C, снег, устойчивый теплый период, устойчивый холодный период, районирование территории России

DOI: 10.31857/S2587556621040099

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Расширение и модернизация автотранспортной инфраструктуры, а также рост интенсивности движения транспорта на дорогах России обуславливают повышение требований к транспортно-эксплуатационному состоянию, уровню безопасности дорожного движения и пропускной способности дорог в различные сезоны года. Изменение климата влияет на эффективность функционирования автотранспорта, под которой понимается состояние автодорог, безопасность движения, скорость транспортных потоков, расходы на содержание дорог и т.д. В этой связи повышение эффективности работы автотранспорта требует определенных мер адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

Степень обеспеченности территории транспортными путями (транспортная обеспеченность), в данном случае автомобильными, влияет на жизнедеятельность населения. Транспортная обеспеченность регионов хорошо сочетается с природно-климатическими факторами (Ширяева, 2018). Поэтому при районировании террито-

рии важно выявить регионы, в которых произошло существенное изменение значимой для жизни населения климатообусловленной обстановки дорожного движения.

Одним из показателей, применяющихся для оценки транспортной доступности (обеспеченности) территорий, является индекс Ангеля—Юдзуру Като, который рассчитывается по формуле (Транспортная ..., 1971):

$$D = \frac{L}{\sqrt{SH}},$$

где L — длина путей сообщения в регионе для конкретного вида транспорта (км), S — площадь региона (сотни км²), H — численность населения (десятки тыс. чел.).

В среднем по России для автодорог с твердым покрытием индекс Ангеля—Юдзуру Като составляет лишь 24.5 (рассчитан по данным Росстата¹ на 2015 г.). При этом Европейская территория

¹ Федеральная служба государственной статистики (Росстат). <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 01.03.2021).

России (ЕТР) относительно хорошо обеспечена автодорогами. Значение индекса в градации менее 20 наблюдается только в Астраханской области. В азиатской части страны индекс достигает значения более 20 только в южных районах, через которые проходят дороги федерального значения. Таким образом, большая часть страны неудовлетворительно обеспечена автодорогами с твердым покрытием. Недостатком этого и аналогичных методов расчетов транспортной доступности, основанных на оценке густоты транспортной сети, является использование всей площади территориальной единицы вместо освоенной (Тархов, 2018).

Другим показателем для оценки условий дорожного движения является уровень автомобилизации (среднее количество зарегистрированных в регионе автомобилей, приходящееся на 1000 жителей). С начала 2000-х годов уровень автомобилизации в России, по данным статистики, вырос в 2.5 раза (со 130 в 2000 до 310 в 2018 г.). При этом до начала 2000-х годов наиболее высокий уровень наблюдался в столице и богатых приграничных и топливдобывающих регионах (Тархов, 2004). Так, в 2000 г. лидировали (в порядке убывания) Калининградская область, Приморский край, Ханты-Мансийский АО (более 200 автомобилей на 1000 чел.), Сахалинская область, Москва и Санкт-Петербург (180–200). В 2018 г. эти регионы сменили Камчатский край, Волгоградская область, Приморский край, Республика Адыгея (400–500 автомобилей на 1000 чел.); Санкт-Петербург (302) и Москва (296) оказались только на 47 и 50 местах соответственно. Таким образом, владение автомобилем перестает быть показателем уровня благосостояния, становясь необходимостью и в небогатых регионах. Уровень автомобилизации в Москве и Санкт-Петербурге с начала 2000-х годов практически не вырос (при значительном росте населения), что говорит о том, что жители стали отказываться от личных автомобилей в пользу более быстрого общественного транспорта. При этом также нужно отметить, что регионы с высоким уровнем автомобилизации зачастую обладают низкой транспортной доступностью, что говорит о явно недостаточной дорожной инфраструктуре.

Еще одним методом оценки условий дорожного движения может служить плотность движения — число автомобилей на 1 км дороги². Обычно этот показатель используют для оценки характеристик транспортных потоков на одной дороге или ее участке. В данном случае под плотностью движения будет подразумеваться число зарегистри-

рованных в регионе автомобилей на 1 км автодорог с твердым покрытием. По значению этого параметра можно с некоторым допущением судить об интенсивности трафика и потребности населения в появлении новых автодорог. Наибольшее число автомобилей на 1 км дорог (более 100) приходится на Московскую и Ленинградскую области (рис. 1). К регионам, в которых на 1 км автодорог приходится 80–100 автомобилей, относятся Сахалинская область, Камчатский край и Ханты-Мансийский АО. Далее следуют Мурманская, Челябинская области и Ямало-Ненецкий АО. Причины такого распределения могут быть разными. Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа являются нефтегазодобывающими территориями с высокими доходами, но при этом с относительно слабо развитой дорожной сетью. На Сахалине и Камчатке дорог также мало, при этом население активно пользуется недорогими автомобилями, импортируемыми из Японии и Южной Кореи, за счет чего индекс достаточно высокий. Регионами с наименьшими значениями индекса плотности движения являются Чукотский АО (только 5 зарегистрированных автомобилей на 1 км), Республика Алтай, Псковская область и Еврейская АО (12–15 автомобилей на 1 км).

Автомобильный транспорт является одной из самых “погодозависимых” отраслей экономики. Изучению влияния метеоусловий на работу автотранспорта посвящено достаточно много зарубежных и отечественных работ (Псаломщикова и др, 2008; Энциклопедия ..., 2005; Bles et al., 2010; Koetse, Rietveld, 2009), а также нормативно-технических документов, применяемых для проектирования и работы объектов этой отрасли³. Но многие из них базируются на устаревших климатических данных (до начала 1980–90-х годов) и нуждаются в пересмотре с учетом новейших научных знаний о неоднозначном влиянии на данную отрасль продолжающегося потепления и колебаний климата на территории России.

Результаты исследований воздействия глобального потепления на работу автотранспорта в России указывают на то, что основные виды неблагоприятных последствий проявляются уже в настоящее время, а их усиление ожидается в ближайшие десятилетия (Второй ..., 2014; Хлебникова, Салль, 2012). Отмечено, что влияние климатиче-

² ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. М.: Информавтодор, 2013. 143 с.

³ ОДМД. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. М.: Информавтодор, 2003. 72 с.; ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Информавтодор, 2001. 144 с.; СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. М.: Госстрой России, 2013. 99 с.

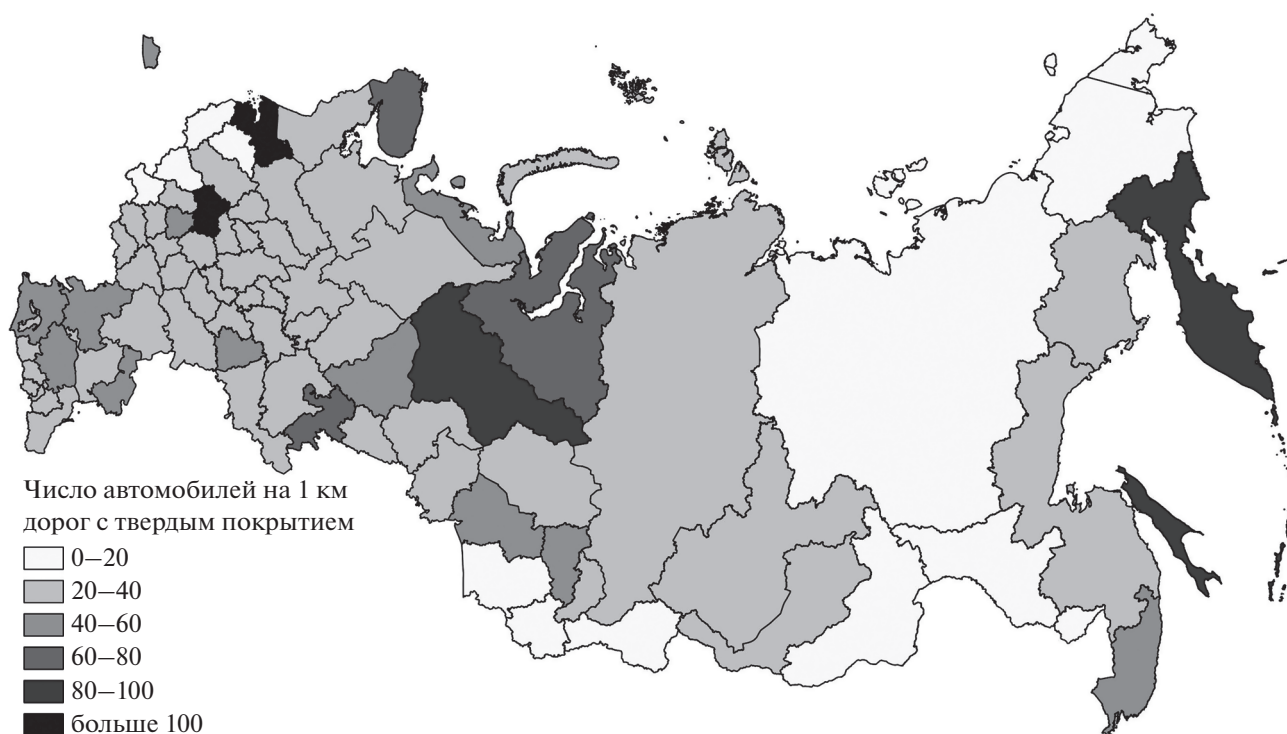


Рис. 1. Индекс плотности дорожного движения в субъектах Российской Федерации.

ских изменений весьма неоднозначно. Сокращение продолжительности периода с отрицательными температурами воздуха в целом благоприятствует работе автотранспорта. Но потепление оказывает также негативное влияние на состояние и функционирование автотранспортной инфраструктуры за счет увеличения частоты экстремальных явлений.

Условия на автомобильных дорогах меняются по сезонам года. В течение года продолжительность различных состояний дороги зависит от климата данного района, ее технического уровня и качества содержания. Каждому периоду года соответствуют свои условия погоды, влияющие на состояние поверхности дорожного покрытия и условия движения по нему автотранспорта (Бякобжельский, 1973; Самодурова, 2003). А.П. Васильев предложил районирование территории по условиям движения на автомобильных дорогах по продолжительности зимнего и переходных сезонов⁴. За зимний сезон им был взят период года со среднесуточной температурой ниже 0°C, переходные сезоны — периоды с температурой от 0 до +15°C. Территория СССР была разделена на три зоны в зависимости от продолжительности теплового или холодного сезонов (зона I с преобладаю-

щим зимним периодом делится еще на три подзоны по продолжительности переходного сезона). Данное районирование применяется во многих актуальных нормативно-технических документах и справочниках⁵, хотя опубликовано оно было еще в 1980 г., почти одновременно с началом интенсивного глобального потепления. Таким образом, уточнение границ районов в связи с климатическими изменениями пока не было проведено. Автором предлагается актуализированное районирование территории России по климатическим условиям дорожного движения, основанное на метеорологических данных до 2015 г., с дополнительными критериями для зон и подзон. Рассмотрены изменения границ зон в связи с климатическими флуктуациями, выделены регионы, в которых эти изменения наиболее существенны.

ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Для расчетов климатических параметров использовалась база метеорологических данных суточного разрешения 600 станций на территории России ВНИИГМИ-МЦД⁶ за период 1961–2015 гг.

⁴ См.: ВСН 39-79. Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1980. 46 с.

⁵ См.: ВСН 39-79. Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1980. 46 с.; Справочная энциклопедия дорожника. Т. 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог / ред. А.П. Васильев и др. М.: Информавтодор, 2004. 1129 с.

Таблица 1. Критерии выделения зон по продолжительности сезонов года

Зона	Критерий
1	Продолжительный (200 и более дней) устойчивый холодный период
2	Устойчивый холодный период средней продолжительности (менее 200 дней), но при этом превышающий по длительности теплый
3	Устойчивый теплый период, превышающий по продолжительности холодный

Для определения границ зон были выбраны следующие климатические параметры:

– продолжительность зимнего, летнего и переходных сезонов (по методике, предложенной Васильевым⁷, однако с измененными критериями начала и окончания сезонов);

– количество твердых осадков;

– число переходов температуры воздуха через 0°C.

Последние два параметра выбраны в связи с тем, что осадки и гололедно-изморозевые явления (частота которых косвенно связана с частотой переходов температуры воздуха через 0°C) в наибольшей степени осложняют работу транспорта в зимнее время (Самодурова, 2003; Andrey, Mills, 2003)⁸. Другие метеорологические явления, такие как, например, туманы, метели и пр., являются более редкими и при районировании не учитывались.

Рассмотрим методику расчетов каждого из используемых параметров.

За начало и окончание сезонов года в данной работе принимаются даты устойчивого перехода температуры воздуха через следующие границы: 0°C для холодного сезона и +8°C для теплого. Переход считается устойчивым в случае, если среднесуточная температура воздуха в течение 5 дней была ниже или выше заданных значений; дата наступления следующего сезона происходит на 5-й день этого перехода. Таким образом, за холодный сезон принят период с устойчивой температурой воздуха ниже 0°C, за теплый – период с устойчивой температурой воздуха выше +8°C (отрезок времени, в который по нормативным документам⁹ в России завершается отопительный сезон); переход-

ные сезоны года – это периоды с температурой между 0 и +8°C. Подробное описание критериев определения границ сезонов года, методика создания базы данных начала и окончания сезонов, анализ их продолжительности и изменений в регионах России для периода 2000–2015 гг. по сравнению с базовым климатическим периодом приведены автором в (Shiryaeva, 2018).

Ежегодная сумма твердых осадков рассчитывалась по следующей методике: из климатического архива были выбраны дни с осадками при среднесуточной температуре ниже 0°C в предположении, что эти осадки выпадали преимущественно в виде снега. При условии, что 1 см свежеснегавшего снега примерно соответствует в водном эквиваленте 1 мм жидких осадков (при плотности 100 кг/м³)¹⁰, было подсчитано общее количество твердых осадков за те дни, когда температура воздуха была ниже 0°C за каждый холодный период для всех исследуемых лет.

Методика расчета параметра “число дней с переходом температуры воздуха через 0°C”, далее называемого числом переходов через 0°C, была следующей: если максимальная за сутки температура воздуха была больше 0°C, а минимальная – меньше, то считалось, что в этот день переход через 0°C произошел; далее рассчитывалась сумма таких суток за год.

На основе этих данных вычислялись средние значения исследуемых параметров и их среднеквадратические отклонения для периодов 1961–1990 и 1991–2015 гг. Данные проходили проверку на нормальность, абсолютное большинство рядов подчинялось нормальному распределению, поэтому далее был использован *t*-критерий Стьюдента для оценки статистической значимости. Результаты анализа представлены в виде картограмм для средних значений параметров в исследуемые периоды и их изменений (с оценкой статистической значимости) в 1991–2015 гг. по сравнению с базовым климатическим периодом.

Для дальнейшего районирования территории России станции были разделены на группы по критериям средних значений продолжительности устойчивых сезонов года в 1961–1990 и 1991–2015 гг. (табл. 1).

В качестве границ основных зон были выбраны указанные в табл. 1 градации длительности устойчивых теплого и холодного периодов, а в качестве критериев подзон (районов) – количество

⁶ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). <http://www.meteo.ru> (дата обращения 01.02.2017).

⁷ См.: ВСН 39-79. Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1980. 46 с.

⁸ См. также: Справочная энциклопедия дорожника. Т. 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог / ред. А.П. Васильев и др. М.: Информавтодор, 2004. 1129 с.

⁹ Постановление Правительства Российской Федерации от 06.05.2011 № 354 “О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов”. Собрание законодательства Российской Федерации от 2011 г. № 22. С. 3168.

¹⁰ Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы / под общ. ред. А.А. Исаева. М.: Изд. Моск. ун-та, 2003. Т. 1. 300 с.

твердых осадков и число переходов температуры воздуха через 0°C (табл. 2).

Наименее благоприятной является **зона 1** с продолжительным устойчивым холодным периодом. Для нее характерны наиболее выраженные негативные признаки подзон и наибольшая повторяемость погодных явлений, осложняющих работу автотранспорта. В **зоне 2**, где холодный период составляет менее 200 дней, но при этом превышает по длительности теплый, эти признаки выражены меньше. **Зона 3** с продолжительным теплым сезоном является наиболее благоприятной для дорожного движения.

Наименее благоприятной из четырех подзон является **подзона “г”**, для которой характерны сильные снегопады, частые оттепели и переходы через 0°C , отрицательно влияющие на дорожное покрытие, его повышенная скользкость из-за частых гололедно-изморозевых явлений; на территории этой подзоны также требуются значительные затраты на очистку улиц как от гололеда, так и от снега. **Подзона “в”** характеризуется средним и небольшим числом переходов через 0°C , но значительным количеством твердых осадков; в ней движение автотранспорта в основном происходит по заснеженному скользкому покрытию с узкой проезжей частью, и требуются большие затраты на уборку снега. Для **подзоны “б”** характерны большое число переходов через 0°C и частые гололедные явления, но при этом небольшое количество твердых осадков. Таким образом, она является более благоприятной для функционирования автотранспорта, чем две предыдущие. **Подзона “а”** характеризуется относительно благоприятными условиями: средним и небольшим количеством осадков и коротким переходным периодом.

На основе данных за базовый климатический период и последующие 25 лет были составлены две картосхемы районирования территории России по климатическим условиям дорожного движения. Сначала средние за каждый из двух исследуемых периодов значения параметров на метеорологических станциях были проинтерполированы в узлы сетки с шагом 1° . Затем по выбранным критериям (три градации для продолжительности сезонов (см. табл. 1), две градации для числа переходов температуры через 0°C (более и менее 80 дней за год) и две градации для количества твердых осадков (более и менее 150 мм) (см. табл. 2)) на картосхемах были выделены области, соответствующие этим значениям. В результате было получено три растровых изображения. Далее они были совмещены в единое изображение, в каждом пикселе которого содержатся значения из трех исходных растров. По итоговому изображению по одинаковым количественным значениям точек выделены указанные выше зоны и подзоны районирования. В результате получены две кар-

Таблица 2. Критерии выделения подзон по климатическим условиям дорожного движения

Число переходов через 0°C	Количество твердых осадков	
	менее 150 мм/год	150 и более мм/год
Менее 80 дней/год	а	в
80 и более дней/год	б	г

тосхемы районирования территории России: для периодов 1961–1990 и 1991–2015 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изменения продолжительности сезонов, а также количества твердых осадков и числа переходов температуры воздуха через 0°C в последние 55 лет

В (Shiryaeva et al., 2018) приводится подробный анализ изменения дат начала, окончания и продолжительности устойчивых холодного и теплого сезонов в 2001–2015 гг. по сравнению с базовым климатическим периодом. Для 1991–2015 гг. наблюдаются примерно такие же тенденции. Сокращение устойчивого холодного периода происходит практически на всей территории страны, кроме севера Сибири, оно составляет от 5 до 24 дней (рис. 2а). На востоке ЕТР и Южном Урале эти изменения происходят в основном за счет более позднего начала зимы, на западе и юге ЕТР — за счет более раннего ее окончания. На азиатской части страны продолжительность зимы сокращается за счет смещения дат как начала, так и окончания устойчивого холодного периода.

Общая продолжительность устойчивого теплого периода в 1991–2015 гг. увеличилась на большей части страны (кроме юга ЕТР, южной Якутии и севера Западной Сибири) на срок от 5 до 21 дня (рис. 2б). В Поволжье и на Южном Урале эти изменения произошли в основном за счет более позднего начала осени, в Сибири (за исключением южной части) — за счет более раннего окончания весны. На остальной территории, затронутой изменениями, — за счет смещения дат как начала, так и окончания теплого сезона.

Максимальное число переходов через 0°C наблюдается на обширной территории южной Сибири, а также на отдельных станциях Приморского края, Сахалина, Курильских островов и Камчатки (рис. 3а). На европейской части страны число таких переходов температуры велико на Кавказе, севере Ленинградской области и в Карелии. Минимальное число переходов происходит на севере азиатской части страны в условиях продолжительного холодного периода.

Изменения частоты переходов через 0°C неравномерны (рис. 3б). В основном на территории

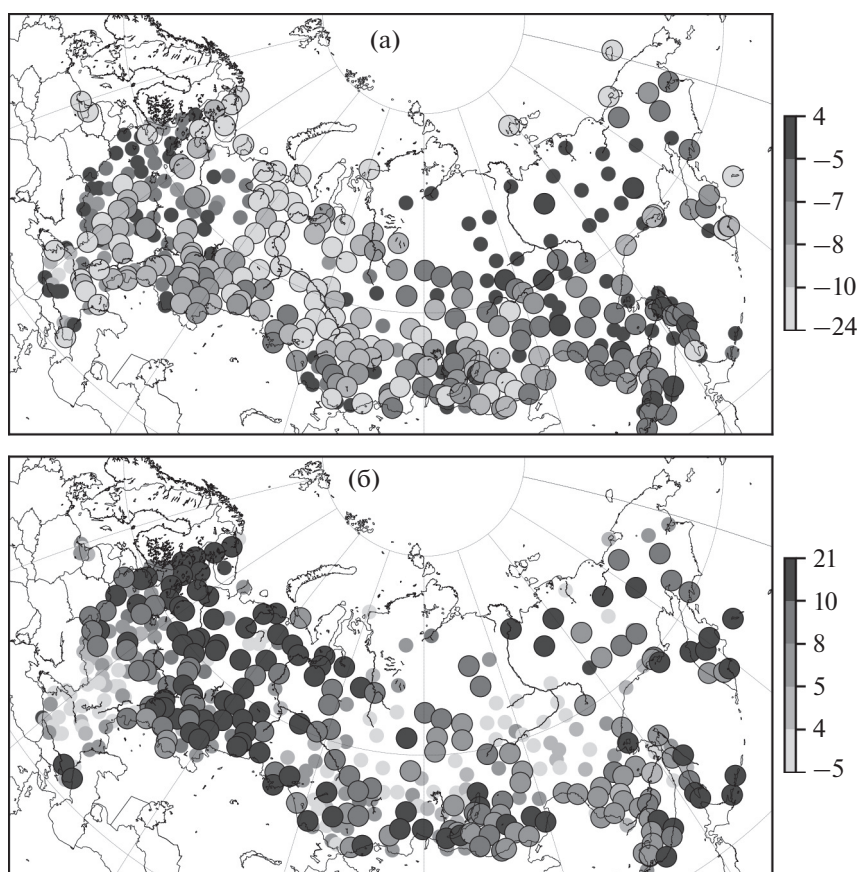


Рис. 2. Изменения средней продолжительности устойчивого холодного (а) и теплого (б) периодов в 1991–2015 по сравнению с 1961–1990 гг., дни.

Примечание. Здесь и далее станции со статистически значимыми изменениями выделены большими кругами; градации для изменений параметров выбраны по принципу квантилей (в каждой градации – примерно одинаковое количество значений).

России происходит уменьшение числа переходов через 0°C , статистически значимое на Урале и большей части Западной Сибири. На ЕТР наблюдается в основном увеличение числа переходов температуры воздуха через 0°C , статистически значимое на отдельных станциях. Причиной этого, вероятнее всего, является смена режимов крупномасштабной циркуляции атмосферы. В (Попова, 2018; Попова и др., 2018 и др.) показаны устойчивые связи между наблюдаемыми на территории России изменениями в режимах температур и осадков и аномалиями нескольких циркуляционных мод. Можно предположить, что увеличение числа дней с переходами температуры через 0°C на ЕТР в 1991–2015 гг. связано с усилением циклонической деятельности на этой территории в холодный период года в положительную фазу NAO. При циклональном типе погоды зимой на этой территории температура часто повышается до положительных значений. Оттепели и заморозки в Западной Сибири и на Урале больше характерны для переходных сезонов, поскольку зимой там устанавливаются устойчивые отрица-

тельные температуры. По данным (Латышева и др., 2011), в последние десятилетия происходит незначительное усиление интенсивности Азиатского максимума при его формировании осенью и разрушении весной. Это может быть причиной для установления более частой антициклональной погоды в переходные сезоны с редкими колебаниями температуры воздуха около 0°C . Другие региональные особенности изменений частоты заморозков и оттепелей (например, ее увеличение на Алтае, а также неравномерные по территории колебания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке) требуют более подробных исследований связи изменчивости этого параметра с колебаниями индексов атмосферной циркуляции.

Максимальные суммы твердых осадков (по данным используемых преимущественно равнинных станций) выпадают на Сахалине, Камчатке, востоке ЕТР, в Предуралье и Западной Сибири. Минимальные значения наблюдаются на юге ЕТР, где и зимой осадки выпадают преимущественно в виде дождя, а также в регионах с рез-

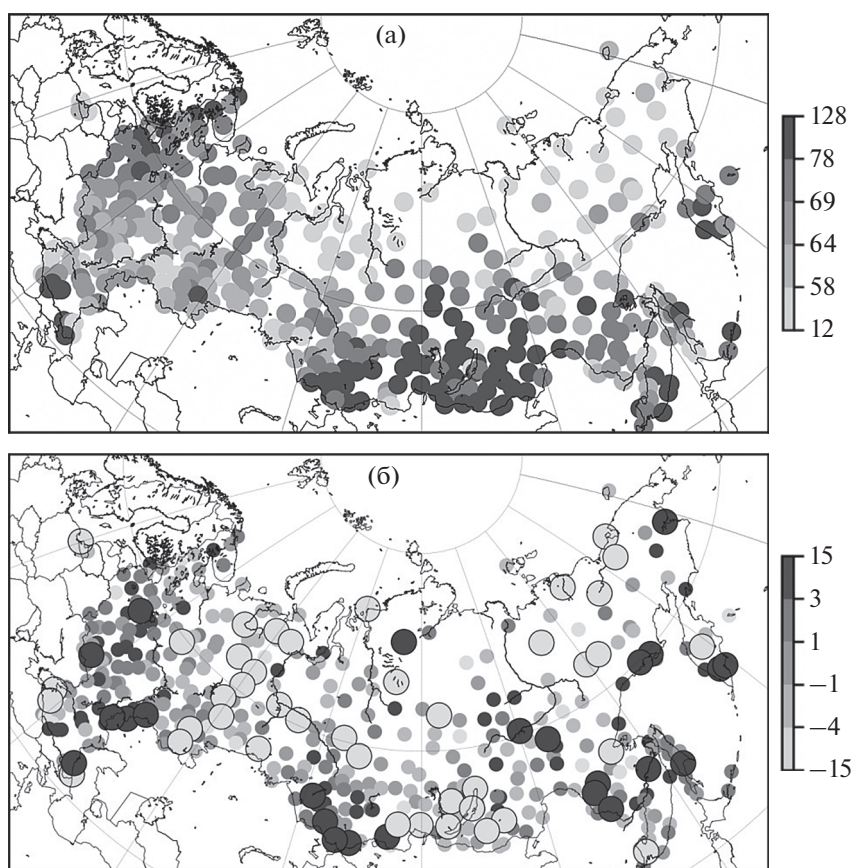


Рис. 3. Среднегодовое число дней с переходом температуры через 0°C на территории России в 1991–2015 гг. (а) и его изменения по сравнению с 1961–1990 гг. (б).

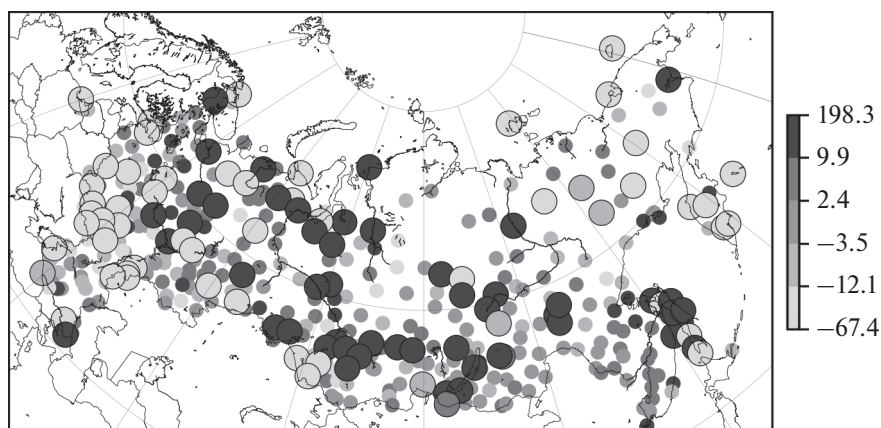


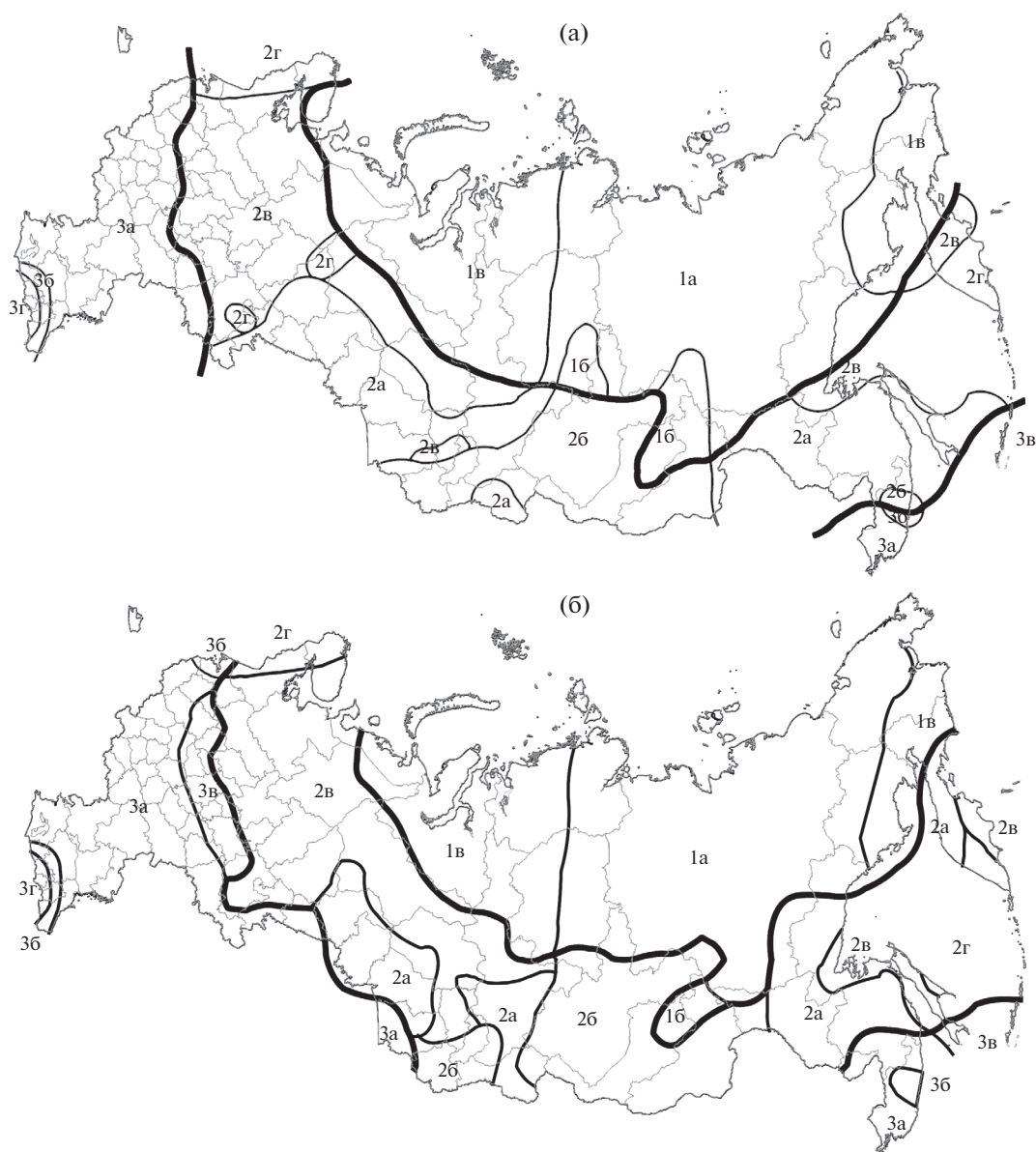
Рис. 4. Изменения среднегодовых сумм твердых осадков в 1991–2015 гг. по сравнению с 1961–1990 гг.

ко континентальным климатом (Восточная Сибирь), где зимой наблюдается минимум годовых осадков.

Уменьшение сумм твердых осадков (рис. 4) наблюдается на основной части ЕТР, а также на северо-востоке Якутии и на Камчатке. Увеличение количества снега более значительно и происходит

в восточной части ЕТР, в западной и южной Сибири и на большей части Сахалина (однако нужно отметить, что на отдельных станциях здесь наблюдается сокращение сумм твердых осадков).

Таким образом, можно сделать вывод об увеличении степени благоприятности климатических условий функционирования автотранспорта



1б — отдельные области на юге Якутии с небольшим количеством твердых осадков и частыми переходами через 0°C ;

1в — север ЕТР и Западной Сибири с большим количеством твердых осадков и низким числом переходов через 0°C .

Зона 2 с устойчивым холодным периодом средней продолжительности. К этой зоне отнесены районы, где зимний период составляет менее 200 сут в году, но он превышает по продолжительности теплый. Для нее характерны признаки 1 зоны, однако менее выраженные. В зоне 2 можно выделить следующие подзоны:

2а — южная часть Западной Сибири, а также обширные части Амурской области и Хабаровского края, где наблюдаются небольшое количество твердых осадков и низкое число переходов через 0°C ;

2б — юг Сибири, для которого характерны небольшое количество осадков, но при этом частые переходы через 0°C ;

2в — средняя часть ЕТР, Урал, относительно небольшая территория в Западной Сибири, средняя часть Камчатки и северо-восток Сахалина, где количество твердых осадков значительное, а число переходов через 0°C невысокое;

2г — наиболее неблагоприятная подзона с большим количеством твердых осадков и частыми переходами через 0°C . Занимает южную часть Камчатки, основную часть Курильских островов, фрагментарно Урал, а также район вдоль границы с Финляндией.

Зона 3 с устойчивым теплым периодом, превышающим по продолжительности холодный. Характеризуется относительно благоприятными условиями для автотранспорта, поскольку теплый период года является преобладающим; переходный сезон в основном также небольшой либо может быть продолжительным за счет короткой зимы. Выделяются следующие подзоны:

3а — южная часть ЕТР и юг Приморского края с небольшим количеством осадков и редкими переходами через 0°C ;

3б — предгорья Кавказа, а также небольшая часть Приморского края с небольшим количеством зимних осадков и большим числом переходов через 0°C ;

3в — южная часть Курильских островов с большим количеством осадков и небольшим числом переходов через 0°C ;

3г — горная часть Кавказа с частыми переходами через 0°C и значительными суммами твердых осадков.

При сравнении двух картосхем видно, что в 1991–2015 гг. произошли смещения границ зон и районов дорожно-климатического районирования. Границы всех зон сместились к северу и се-

веро-востоку на величины порядка 200–300 км. Границы подзон изменились не столь значительно.

Граница между зоной 1 (с продолжительным холодным периодом) и зоной 2 (с холодным периодом средней продолжительности) в 1991–2015 гг. существенно сместилась к северо-востоку на ЕТР и к северу на остальной территории страны. Мурманская и Архангельская (не считая Ненецкого АО) области полностью перешли в зону 2. В этой зоне также практически полностью оказался Ханты-Мансийский АО. Северные части Забайкальского края и Иркутской области практически полностью переместились из подзоны 1б (с частыми переходами через 0°C и небольшим количеством осадков) в зону 2б за счет сокращения числа этих переходов и уменьшения продолжительности холодного сезона. Амурская область и Хабаровский край, до этого находившиеся в зоне 1, переместились в подзону 2в со средним и небольшим количеством твердых осадков и небольшим числом переходов через 0°C . Камчатский полуостров полностью перешел в зону 2, при этом за счет сокращения количества твердых осадков и числа переходов через 0°C в северной части образовалась подзона 2а. Также за счет сокращения числа переходов температуры через 0°C фрагменты подзоны 3г на Урале и в Хабаровском крае трансформировались в подзону 2в.

Граница между зонами 2 и 3 на ЕТР сместилась к северо-востоку на расстояния, примерно равные протяженности областей. В третьей зоне оказалась половина Ленинградской области, перешедшая за счет статистически значимого уменьшения количества осадков в подзону 3б. На ЕТР образовалась новая подзона 3в с продолжительным теплым периодом и большим количеством твердых осадков, в которую вошли частично Новгородская, Тверская, Московская области и Республика Башкортостан, полностью Владимирская, Нижегородская области, республики Марий-Эл, Чувашия и Татарстан, находившиеся ранее в подзоне 2в.

На азиатской части страны в подзону 3а частично переместился Алтайский край, до этого находившийся в зонах 2а, 2б и 2в. Таким образом, этот относительно небольшой регион в период 1991–2015 гг. вместил в себя сразу четыре подзоны. На Дальнем Востоке Приморский край полностью переместился в зону 3, до этого частично находясь в зоне 2. Его средняя часть находится в подзоне 3б с большим числом переходов через 0°C , а восточная — в подзоне 3а. В подзоне 3в по данным за период 1961–1990 гг. находилось лишь несколько южных Курильских островов. В следующие 25 лет граница этого района поднялась к северо-западу, захватив южную часть Сахалина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Районирование территории России по климатическим условиям дорожного движения для периодов 1961–1990 и 1991–2015 гг. отображает смещение границ районов во второй период в связи с потеплением на расстояния порядка 200–300 км, сопоставимые с протяженностью субъектов РФ.

Улучшение значимой для жизнедеятельности населения климатообусловленной обстановки дорожного движения произошло в Мурманской и Ленинградской областях, на юге Урала, в Алтайском крае, юге Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и Камчатке. Большая часть из этих регионов отличается высокой плотностью дорожного движения. Центральная часть ЕТР, которая (за исключением Москвы и Московской области) обладает относительно невысокой плотностью движения, в основном оказалась в более благоприятных условиях в связи с потеплением, однако количество твердых осадков на востоке этого региона выросло. В Кемеровской области, которая относится к регионам со средним показателем плотности движения, возникли менее благоприятные условия за счет значимого увеличения количества осадков и числа переходов через 0°C. Регионы с высокой транспортной обеспеченностью находятся в нейтральной и благоприятной природно-климатических зонах как для жизни населения (Природно-климатические ..., 2018), так и для дорожного движения. Значимого ухудшения климатических условий функционирования автотранспорта в них не наблюдается.

Применяемый метод позволил усовершенствовать существующее районирование, применяемое в нормативно-технических документах и основанное на устаревших климатических данных. С его помощью оценен масштаб климатических изменений, влияющих на функционирование автомобильного транспорта на территории России, и выделены регионы, в которых эти изменения наиболее существенны. Недостатком предложенной методики районирования является учет только нескольких климатических параметров, тогда как в реальности параметров, влияющих на дорожное движение, гораздо больше. В дальнейшем возможно создание более универсального индекса, учитывающего больший набор параметров (таких, как, например, частота неблагоприятных погодных явлений). Кроме того, за рамками работы остались более конкретные показатели дорожного движения, связанные с климатическими условиями, такие как аварийность автотранспорта и плотность трафика на трассах, что должно служить темой для отдельного исследования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в Институте географии РАН при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 16-17-10236 «Воздействие изменений климата на жизнедеятельность населения в России (“местности с особыми климатическими условиями”)

FUNDING

The work was carried out in the Institute of Geography RAS with the financial support of the Russian Science Foundation, project no. 16-17-10236.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бякобжельский Г.В.* Зимнее содержание автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1983. 197 с.
- Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях. Техническое резюме / науч. рук. работ по подготовке доклада В.М. Катцов и С.М. Семенов. М.: Росгидромет, 2014. 93 с.
- Латышева И.В., Лощенко К.А., Шахаева Е.В.* Исследование динамики Азиатского антициклона и холодных циркуляционных периодов на территории Иркутской области // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2011. № 2. С. 161–172.
- Попова В.В.* Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариаций крупномасштабной атмосферной циркуляции // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. № 1. С. 84–112.
<https://doi.org/10.21513/2410-8758-2018-1-84-112>
- Попова В.В., Ширяева А.В., Морозова П.А.* Изменения характеристик снежного покрова на территории России в 1950–2013 годах: региональные особенности и связь с глобальным потеплением // Криосфера Земли. 2018. Т. 22. № 4 С. 65–75.
- Псаломщикова Л.М., Салль И.А., Стадник В.В., Трофимова О.В.* Использование метеорологической информации в целях содержания автомобильных дорог в зимний период // Труды ГГО. 2008. № 557. С. 85–101.
- Самодурова Т.В.* Метеорологическое обеспечение зимнего содержания автомобильных дорог. М.: ТИМР, 2003. 183 с.
- Тархов С.А.* Транспортная освоенность территории // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 2. С. 3–9.
- Транспортная система мира / под ред. С.С. Ушакова, Л.И. Василевского. М.: Транспорт, 1971. 216 с.
- Хлебникова Е.И., Салль И.А.* Климатические воздействия на инфраструктуру прибрежных территорий России в первой половине XXI века // Труды ГГО. 2012. № 567. С. 83–126.
- Ширяева А.В.* Транспортная обеспеченность как фактор среды жизнедеятельности // Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России / ред. А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер. М.: Институт географии РАН, 2018. С. 134–137.

- Энциклопедия климатических ресурсов / под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 319 с.
- Andrey J., Mills B. Climate change and the Canadian transport system: vulnerabilities and adaptations // *Weather and Transportation in Canada*. Department of Geography Publ. Series, Monograph 55. Waterloo, Ontario: Univ. of Waterloo, 2003. P. 235–279.
- Bles T. et al. Risk management for roads in a changing climate. A Guidebook to the RIMAROC Method. ERA NET ROAD project. 2010. 81 p.
- Koetse M.J., Rietveld P. The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings // *Transport. Res.* 2009. P. D. № 14 (3). P. 205–221.
- Shiryaeva A.V., Shiryaev M.V., Semenov V.A. Changes in the Duration of Stable Cold and Warm Seasons at the Beginning of the 21st Century in Russia // *Doklady Earth Sci.* 2018. Vol. 481. P. 1. P. 934–938.
- Tarkhov S.A. Regional distinctions in the automobilization process in Russia. *Europa XXI*. Vol. 12. Central and Eastern Europe: Changing spatial patterns of human activity. Warszawa, 2005. P. 211–225.

Updating Climatic Zoning of Russian Territory by Road Traffic Conditions in Connection with Continued Warming

A. V. Shiryaeva*

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: alexandra.v.shiryaeva@gmail.com

The article proposes a new methodology for zoning of Russian territory according to road traffic and climatic conditions. The duration of stable warm and cold year periods is used as the main criteria for zoning. The changes of these parameters on the territory of Russia from the base climatic period (1961–1990) and through the next 25 years (1991–2015) are considered; the statistical significance of these changes is estimated. The zoning maps are presented according to the data for the two time periods. The displacement of the zones' boundaries due to warming is about 200–300 km. This distance is comparable to the length of the Russian Federation's subjects. The consequences of the global warming for the road traffic in Russia are ambiguous. In general, the reduction of the cold season observed almost everywhere in Russia has a positive effect on motor transport. But such unfavorable conditions like snowfalls and zero-crossing of air temperature have increased in some parts of Russia. Regions with a high density of roads are located in neutral and favorable zones according to road traffic and meteorological conditions.

Keywords: automobile transport, climate change, snow, zero-crossing of air temperature, stable warm season, stable cold season, zoning of Russia's territory

REFERENCES

- Andrey J., Mills B.N. Climate change and the Canadian transport system: vulnerabilities and adaptations. In *Weather and Transportation in Canada*. Andrey J., Knapper C., Eds. Department of Geography Publication Ser., Monograph 55. Waterloo, Ontario: Univ. of Waterloo, 2003, pp. 235–279.
- Bles T. et al. *Risk Management for Roads in a Changing Climate. A Guidebook to the RIMAROC Method*. ERA NET ROAD project, 2010. 81 p.
- Byakobzhelskii G.V. *Zimnee soderzhanie avtomobilnykh dorog* [Winter Maintenance of Roads]. Moscow: Transport Publ., 1983. 197 p.
- Entsiklopediya klimaticheskikh resursov* [Encyclopedia of Climatic Resources]. Kobysheva N.V., Ed. St. Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 2005. 319 p.
- Khlebnikova E.I., Sall' I.A. Climate impacts on coastal infrastructure in Russia in the first half of 21 century. *Tr. GGO*, 2012, vol. 567, pp. 83–126. (In Russ.).
- Koetse M.J., Rietveld P. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. *Transp. Res. D. Transp. Environ.*, 2009, vol. 14, no. 3, pp. 205–221.
- Latysheva I.V., Loshchenko K.A., Shakhayeva E.V. Study of the dynamics of the Asian anticyclone and cold circulation periods in the Irkutsk region. *Izv. Irkutsk. Gos. Univ., Ser. Nauki o Zemle*, 2011, no. 2, pp. 161–172. (In Russ.).
- Popova V.V. Present-day changes in climate in the north of Eurasia as a manifestation of variation of the large-scale atmospheric circulation. *Fundam. Priklad. Klimatol.*, 2018, no. 1, pp. 84–112. doi 10.21513/2410-8758-2018-1-84-112
- Popova V.V., Shiryaeva A.V., Morozova P.A. Changes in the snow depth characteristics in the territory of Russia in 1950–2013: The regional features and connection with the global warming. *Kriosfera Zemli*, 2018, vol. XXII, no. 4, pp. 58–67. doi 10.21782/EC2541-9994-2018-4(58-67)
- Psalomshchikova L.M., Sall' I.A., Stadnik V.V., Trofimova O.V. The employment of meteorological data for the purposes of highway maintenance in winter. *Tr. GGO*, 2008, vol. 557, pp. 85–101. (In Russ.).
- Samodurova T.V. *Meteorologicheskoe obespechenie zimnego soderzhaniya avtomobilnykh dorog* [Meteorological Service for the Winter Maintenance of Roads]. Moscow: TIMR Publ., 2003. 183 p.

- Shiryaeva A.V. Transport availability as a factor of living environment of the population. In *Prirodno-klimaticheskie usloviya i sotsial'no-geograficheskoe prostranstvo Rossii* [Natural and Climatic Conditions and Sociogeographical Space of Russia]. Vinogradova V.V., Glezer O.B., Zolotokrylin A.N., Eds. Moscow: Inst. Geogr. RAN, 2018, pp. 134–137. (In Russ.).
- Shiryaeva A.V., Shiryaev M.V., Semenov V. A. Changes in the duration of stable cold and warm seasons at the beginning of the 21st century in Russia. *Dokl. Earth Sci.*, 2018, vol. 481, part 1, pp. 934–938.
- Tarkhov S.A. Transportation development of territories. *Vestn. Mosk. Gos. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2018, no. 2, pp. 3–9. (In Russ.).
- Tarkhov S.A. Regional distinctions in the automobilization process in Russia. In *Europa XXI*. Vol. 12: *Central And Eastern Europe: Changing Spatial Patterns of Human Activity*. Warszawa, 2005, pp. 211–225.
- Transportnaya sistema mira* [Transport System of the World]. Ushakov S.S., Vasilevskii L.I., Eds. Moscow: Transport Publ., 1971. 216 p.
- Vtoroi Otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh. Tekhnicheskoe rezюме* [Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and Its Consequences in Russian Federation. Technical Summary]. Kattsov V.M., Semenov S.M., Eds. Moscow: Rosgidromet Publ., 2014. 93 p.