ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Научная статья

УДК 625.8:624.131.221:001.891.573 (292.511)
EDN: LSDOMR

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ

Владимир Николаевич Ефименко[1]✉
Сергей Владимирович Ефименко[2]
Ирина Андреевна Баширова[3]

[1,2,3]Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия
[1]svefimenko_80@mail.ru✉

Аннотация: *Приведена схема обоснования расчетных значений характеристик глинистых грунтов для проектирования дорожных одежд по условию прочности, направленная на обеспечение качества проектирования автомобильных дорог в регионах со слаборазвитой инфраструктурой. Схема представлена в виде двух блоков, исследуемых поэтапно. Первый блок включает операции, направленные на выделение однородных по комплексу географических составляющих территорий в таксономической системе «дорожные: зона – подзона – район». Второй блок отражает работы по обоснованию расчетных значений влажности, модуля упругости, характеристик прочности для территорий административных образований Российской Федерации. Реализация предлагаемого подхода к дорожно-климатическому районированию, обоснованию значений характеристик широко распространенных глинистых грунтов способствует обеспечению надежной работы дорожных конструкций в природно-климатических условиях малоизученных регионов.*

Ключевые слова: *таксон, зона, подзона, район, административное образование, географический комплекс, природно-*

климатические условия, проектирование, расчетные значения характеристик грунта, дорожная одежда.

Для цитирования: Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Баширова И.А. Современные методические подходы к дорожно-климатическому районированию // Дороги и мосты. 2024. № 52/2. С. 131-148.

ROAD DESIGN AND CONSTRUCTION

Original article

MODERN METHODOLOGICAL APPROACHES TO ROAD-CLIMATIC ZONING

Vladimir N. Efimenko[1]✉
Sergey V. Efimenko[2]
Irina A. Bashirova[3]

[1,2,3]Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia
[1]svefimenko_80mail.ru✉

Abstract: *The paper presents a scheme of justification of calculation values of clay soil characteristics for the design of road pavements under the condition of strength, aimed at ensuring the quality of road design in regions with underdeveloped infrastructure. The scheme is presented in the form of two blocks investigated step-by-step. The first block includes operations aimed at identifying homogeneous by complex of geographical components of territories in the taxonomic system «road zone – subzone – region». The second block reflects the works to substantiate the calculated values of moisture content, modulus of elasticity, strength characteristics for the territories of administrative formations of the Russian Federation. The implementation of the proposed approaches to road-climatic zoning, justification of values of characteristics of widespread clay soils helps to ensure reliable operation of road structures in natural and climatic conditions of poorly studied regions.*

Keywords: *taxon, zone, subzone, region, administrative entity, geographical complex, natural and climatic conditions, design, calculated values of soil characteristics, road pavement.*

For citation: Efimenko V.N., Efimenko S.V., Bashirova I.A. Modern methodological approaches to road-climatic zoning // Roads and Bridges. 2024; (52/2): 131-148. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Среди многообразных и сложных факторов, оказывающих влияние на эксплуатационную надежность автомобильных дорог, и, соответственно, затраты на приведение их в требуемое техническое состояние в течение жизненного цикла, специалисты выделяют комплекс географических признаков, определяющий водно-тепловой режим местности и включающий климат, гидрологию, геоморфологию почвы, растительность. Схема деления территории СССР на дорожно-климатические зоны отражена в ряде норм по проектированию, например, НиТУ-128-55, СНиП II-Д.5-62, разработанных в середине прошлого века **[1]**. За единицу дорожно-климатического районирования был принят таксон «зона».

Отдавая должное результатам исследовательских работ середины прошлого века по дорожно-климатическому районированию, отмечая их значение для огромной и разнообразной по природным и климатическим условиям территории России, ряд ученых полагают, что требования и рекомендации, позволяющие учитывать особенности географического комплекса при проектировании автомобильных дорог, далеко не всегда прошли качественную и достаточную проверку в районах с недостаточно развитой инфраструктурой. Сложившийся подход к выделению однородных территорий только по зональным признакам геокомплекса при дорожно-климатическом районировании без дополнительного иерархического её деления не позволяет обеспечивать требуемый уровень эксплуатационной надежности транспортных сооружений по критерию «работоспособность», поскольку каждая зона территориально распространена в пределах и европейской, и азиатской частей России и включает большое разнообразие природных и климатических признаков геокомплекса.

Выделение таксона «подзона» на картах «дорожно-климатическое районирование» СП 34.13330.2021, ГОСТ Р 71404-2024 **[2, 3]** и в других действующих нормах проектирования, к сожалению, недостаточно критериально обосновано. Неко-

торые меридиальные и широтные изменения линий межзонных границ на карте территории России недостаточно учитывают особенности региональных признаков географического комплекса, что не способствует обеспечению качества проектирования автомобильных дорог, и, следовательно, снижению затрат на приведение объектов транспортной инфраструктуры в требуемое по условиям движения техническое состояние в течение срока их службы. Решение существующей проблемы обеспечения эксплуатационной надежности дорожных конструкций по критерию «работоспособность» за счет развития и уточнения теоретических положений по учету региональных особенностей признаков географического комплекса при формировании и развитии норм проектирования автомобильных дорог актуально для дорожной отрасли.

В настоящее время в некоторых регионах России, таких, например, как Дальний Восток, Западная и Восточная Сибирь, Архангельская и Астраханская области и др., осуществляются работы, направленные на уточнение территориального распространения границ дорожно-климатических зон. Решение задач, связанных с районированием местностей, исследователи **[4-6]**, как правило, реализуют применительно к организационно-технологическому направлению деятельности предприятий отрасли – проектирование, строительство или сезонное содержание автомобильных дорог на территориях административных образований Российской Федерации. Для отмеченных работ характерно отсутствие единого методологического подхода в выборе признаков географического комплекса для обоснования территориальной однородности и целостности единиц, выделяемых в той или иной классификационной системе **[7, 8]**, а также приемов сбора и обработки сведений для создания информационной базы моделирования элементами геокомплекса. Такое положение препятствуют широкому и эффективному применению в ряде регионов страны предлагаемых исследователями решений по учету природных и климатических условий локальных территорий при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

Мировой опыт исследований в части учета признаков географического комплекса при дифференциации территорий для целей проектирования автомобильных дорог отражен в нормах, директивах и руководствах, действующих в Великобритании, КНР,

США, ФРГ, Швеции и др. государствах, в том числе ближнего зарубежья **[9-11]**. Вместе с тем зарубежные нормы проектирования автомобильных дорог, как и отечественные, не отражают общего методологического подхода при назначении границ однородных по тем или иным признакам геокомплекса таксонов иерархической классификационной системы, находящихся в отношении соподчинения.

Необходимость решения актуальной для дорожной отрасли России проблемы обеспечения качества проектирования автомобильных дорог, в общем плане развития и совершенствования нормативной базы, обозначена в работах **[1, 10, 12]**. Однако её решение возможно лишь при едином отраслевом подходе, отражающем существующий или предлагаемый опыт дорожно-климатического районирования, апробированный на региональном уровне.

Научная новизна предлагаемого в настоящей работе подхода заключается в выделении границ однородных по комплексу природных и климатических условий территорий, классифицированных в таксономической схеме «дорожные: зона – подзона – район», учитывающей закономерности и связи, отражающие особенности протекания водно-теплового режима грунтов земляного полотна на существующей сети автомобильных дорог.

Методы исследования

Предполагаемая методология выделения границ таксонов системы «дорожные: зона – подзона – район» на территориях административных образований направлена на обеспечение качества проектирования автомобильных дорог за счет учета природно-климатических условий отдельных регионов и состоит из двух стадий комплекса работ **(рис. 1)**. Первая стадия включает операции, направленные на выделение однородных территорий (дорожных районов) в административных образованиях Российской Федерации в таксономической системе « дорожные: зона – подзона – район» **[12, 13]**. Реализация операций на этой стадии исследований предполагает три этапа **[14]**.

Первый этап рассматриваемой стадии работ направлен на формирование информационной базы для моделирования показателями геокомплекса зонального, интразонального и регионального характеров **[15, 16]**. В пределах реализации первого

этапа осуществляют изучение природных условий применительно к территории исследования, например, административного образования. При этом выявляют особенности зональных, интразональных и региональных признаков **(рис. 2)**. Среди зональных признаков, принятых при формировании базы исходных данных для моделирования элементами природно-климатических условий, выделяют показатели климата, характеризуемые среднемноголетними значениями, например, среднегодовую температуру воздуха, годовое количество атмосферных осадков, высоту снежного покрова, величину испарения с поверхности суши **[17]**, величину влагообеспеченности территории. Очевидно, что число факторов, характеризующих таксон «зона», может быть расширено. К интразональным признакам отнесены: рельеф местности (равнинный, холмистый, гористый); тип грунта; граница текучести; граница раскатывания; число пластичности; гранулометрический состав (процентное содержание песчаной, пылеватой и глинистой фракций) **[14]**.

Ряд показателей, учитываемых при дорожно-климатическом районировании территорий, определяют на основе полевых и лабораторных исследований применительно к опорным пунктам, при назначении которых учитывают наличие в районе исследования гидрометеорологических станций. Другая часть показателей принята для этих же опорных пунктов по справочным источникам и на основе результатов теоретического моделирования. В качестве опорных пунктов для сбора сведений о признаках географического комплекса в работе приняты населенные пункты на территориях административных образований.

Второй этап исследований включает операции по уточнению дислокации границ зон, подзон (дорожных районов) с привлечением информационно-вычислительных технологий. Применяемые при этом алгоритмы выделения дорожных районов, однородных по принятым признакам геокомплекса учитывают операции над векторами, поэтому исходные для моделирования сведения представляют в виде матрицы информации **[17]**. Исходные данные стандартизируют, позиционируя их в виде числовых, безразмерных величин с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией **[18]**.

Рис. 1. Схема работ, направленных на обеспечение качества проектирования транспортных сооружений за счет учета природно-климатических условий отдельных территорий России

(разработано авторами)

Рис. 2. Элементы информационной базы для целей дорожно-климатического районирования
(разработано авторами)

На основе метода главных компонент процедуры факторного анализа устанавливают главный фактор, комплексно характеризующий территорию дорожно-климатической зоны и соответствующий линейной комбинации признаков, применяемых при моделировании элементами геокомплекса. Главный фактор служит основным критерием в принятии решения относительно территориального распространения той или иной зоны.

Далее, по известным значениям фактора в опорных пунктах воспроизводят функцию Ф *(x, y)*, где *x, y* – координаты опорного пункта или точки на земной поверхности. В качестве аппроксимирующей функции выбран полином, оценку которого производят методом наименьших квадратов. Затем строят линии уровня функции Ф*(x, y)*, по которым и определяют границы территорий дорожно-климатических зон. По аналогичной схеме, с учетом

признаков интразонального и регионального характера, выделяют подзоны и районы **[13]**.

Третий этап работ включает в себя операции, направленные на региональное представление результатов исследований (осуществление корректировки положения границ дорожных районов, в пределах линий соприкосновения смежно расположенных административных образований) **[17]**. На данном этапе определяется положение дорожных районов (однородных по доминирующим признакам геокомплекса) на карте-схеме территории региона, в частном случае объединяющей по площади земной поверхности несколько административных образований. Необходимость указанной операции связана с тем, что картирование положения границ для смежно расположенных территорий, например, административных образований, как правило, не совпадает на пограничных отрезках (случаи региональных исследований, предполагающих наличие нескольких областных или краевых административных единиц).

Результатом работ, выполняемых в рамках первой стадии применения методологии, является создание карты-схемы распространения границ дорожно-климатических зон с разделением их на подзоны и однородные по признакам геокомплекса дорожные районы, с текстовыми комментариями (легенда) по характеристикам территорий, занимаемых таксонами.

Вторая стадия методологии – учет элементов геокомплекса при проектировании транспортных сооружений – направлена на обоснование расчетных значений показателей свойств и состояния грунтов, применяемых при строительстве земляного полотна в различных природно-климатических условиях применительно к территориям дорожных районов, выявленных на первой стадии исследований. При этом можно выделить четыре основных этапа исследований **[12]**.

Первый этап второй стадии исследований предполагает сбор сведений с целью обоснования расчетных показателей свойств и состояния грунтов земляного полотна и, прежде всего, их влажности в природно-климатических условиях местности, занимаемой дорожными районами для проектирования и строительства в пределах территории административного образования. При этом исполнитель может применять значения отдельных характеристик геокомплекса, заимствуя их в справочной литературе, например, характеристики средних многолетних значений

относительной влажности и температуры воздуха, облачности и скорости ветра, количества осадков и высоты снежного покрова, альбедо деятельной поверхности и др. показатели. Часть значений величин, необходимых для формирования информационной базы, устанавливают на основе полевых и лабораторных исследований. Среди таких показателей можно выделить: значения, характеризующие влажность, плотность, прочность и деформируемость широко распространенных грунтов в конкретных условиях водно-теплового режима земляного полотна существующей сети автомобильных дорог, гранулометрический состав образцов грунта, коэффициенты влагопроводности и тепловых величин, другие характеристики. Ряд значений показателей свойств грунтов и материалов дорожных одежд устанавливают, базируясь на результатах теоретического моделирования.

Второй этап выполняемых работ посвящен изучению состава и свойств грунтов, наиболее широко применяемых при строительстве автомобильных дорог на территории исследования.

Состав работ третьего этапа исследований направлен на изучение связей и закономерностей, определяющих состав и свойства грунтов земляного полотна в условиях водно-теплового режима, сформированного под влиянием элементов природы и климата, характерных для местности, занимаемой дорожным районом. Выявленные на основе полевых и лабораторных работ сведения представляют в виде комплекса математических моделей, отражающих функциональные зависимости, например, $E_{гр}$, $\varphi_{гр}$, $C_{гр} = f(W_р)$, соответствующих дорожному таксону, однородному по признакам географического комплекса.

Исследования четвертого этапа, согласно методологической схеме **(рис. 1)**, направлены на нормирование расчетных значений характеристик грунта рабочего слоя земляного полотна, применяемых при расчете дорожных одежд автомобильных дорог на территориях дорожных подзон (районов), выделенных в пределах площади, занимаемой административным образованием регионов. Расчетные значения характеристик грунтов для проектирования автомобильных дорог оформляют в виде указаний региональных или территориальных нормативно-технических документов, утвержденных в установленном порядке.

Развитием методологических подходов к учету признаков геокомплекса может быть составление альбомов конструктивно-

технологических решений по земляному полотну и дорожным одеждам для применения при проектировании автомобильных дорог в природно-климатических условиях административных образований, включающих дорожные таксономические единицы.

Рассматриваемый методологический подход к учету элементов геокомплекса при проектировании дорожных транспортных сооружений предполагает применение широкого спектра методик, часть из которых может быть усовершенствована применительно к природно-климатическим условиям конкретного региона исследований. Например, на стадии выделения однородных территорий дорожных районов требуется уточнение методики определения величин испарения с поверхности дорожного полотна, а также сроков начала и окончания периода осеннего влагонакопления, включенных авторами данной статьи в перечень признаков при формировании информационной базы для математического моделирования элементами геокомплекса. Очевидный путь развития разрабатываемой методологии может быть связан с проектированием земляного полотна и морозоустойчивых дорожных одежд.

Результаты

В качестве примера и результата дорожно-климатического районирования по предлагаемой нами методической схеме на **рис. 3** приведен контур границ территории административного образования – Новосибирская область, а также территориально выделенные таксоны системы «зона – подзона – район». В отличии от карты-схемы, приведенной в СП 34.13330.2021, ГОСТ Р 71404-2024 **[2, 3]**, детализация дорожно-климатического районирования на территории административного образования позволила выявить три зоны, три подзоны и десять дорожных районов, однородных по доминирующим признакам географического комплекса региона. Кроме того, установленное очертание границ II-III зон имеет смещение до 200 км на юг по параллели, а также в меридиальном направлении, что позволяет обеспечить более высокое качество проектирования автомобильных дорог территории исследования. Для Новосибирской, Кемеровской, Томской, Тюменской областей и Алтайского края разработаны стандарты организаций, в которых отражены свойства глинистых

грунтов, необходимые для проектирования дорожных одежд в тех или иных дорожных районах **(табл. 1)**.

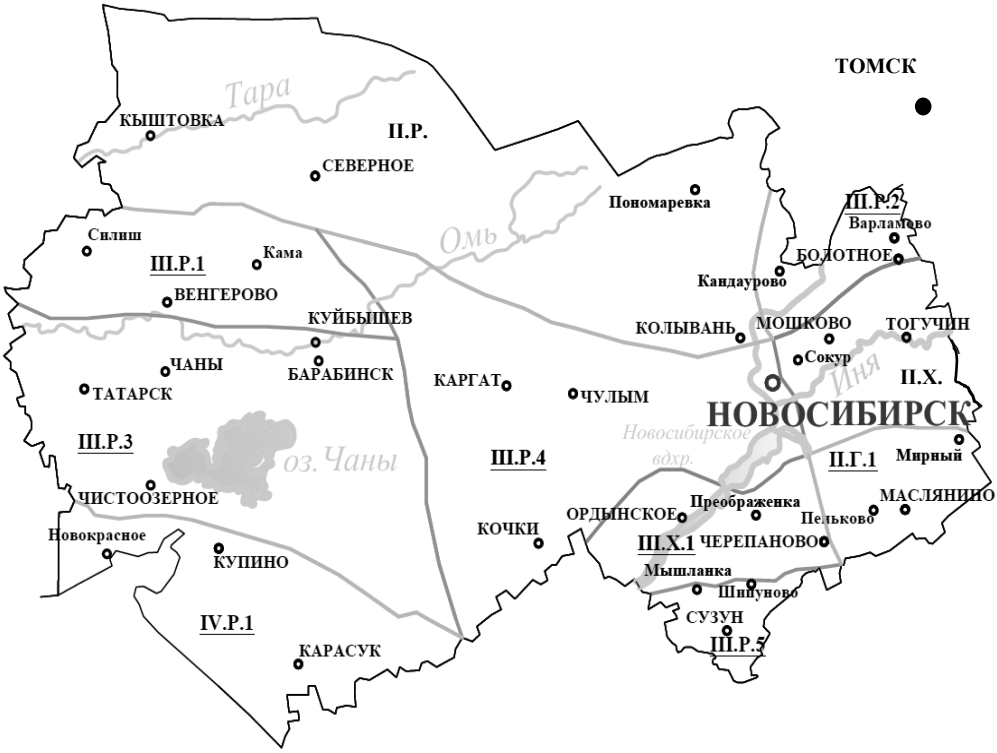

Рис. 3. Карта дорожного районирования территории Новосибирской области: II, III и IV – дорожно-климатические зоны; Р, Х, Г – подзоны по типам рельефа (равнинный, холмистый, горный); 1-5 – номера дорожных районов
(разработано авторами)

Таблица 1

Расчетные значения характеристик глинистых грунтов земляного полотна

Коэффициент влагопроводности, $K_ф$, см²/ч	*Уровень грунтовых или поверхностных вод от верха земляного полотна, $H_в$, м*	*Расчетные значения показателей грунта*			
		Весенняя относительная влажность в долях, $W^{вес}_{от}$	*Модуль упругости, $E_{гр}$, МПА*	*Угол внутреннего трения, $\varphi_{гр}$, град*	*Удельное сцепление $C_{гр}$, МПа*
Район III.X.2 (Тогучин) Продолжительность осеннего влагонакопления – 1968 ч Минимальная среднемесячная температура воздуха – минус 19,5 °С Грунт – глина					
1	0,5	0,76	24,1	14,2	0,051
	1,0	0,69	27,5	17,0	0,055
	1,5	0,61	32,9	21,2	0,061
	2,0	0,58	36,6	24,0	0,065
	2,5	0,56	38,3	25,2	0,068
1,5	0,5	0,77	23,5	13,7	0,050
	1,0	0,70	27,0	16,6	0,054
	1,5	0,63	32,5	21,0	0,060
	2,0	0,58	36,5	23,9	0,065
	2,5	0,56	38,3	25,2	0,068
2	0,5	0,79	23,1	13,3	0,050
	1,0	0,71	26,6	16,3	0,054
	1,5	0,62	32,3	20,8	0,060
	2,0	0,58	36,4	23,8	0,065
	2,5	0,56	38,2	25,1	0,067
2,5	0,5	0,80	22,7	13,0	0,049
	1,0	0,71	26,2	16,0	0,053
	1,5	0,62	32,0	20,6	0,060
	2,0	0,58	36,2	23,7	0,065
	2,5	0,56	38,2	25,1	0,067
3	0,5	0,81	22,3	12,7	0,049
	1,0	0,72	25,9	15,7	0,053
	1,5	0,63	31,8	20,5	0,060
	2,0	0,58	36,1	23,6	0,065
	2,5	0,56	38,2	25,1	0,067

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый подход к учету элементов геокомплекса при проектировании автомобильных дорог во вновь осваиваемых регионах России, будет способствовать увеличению продолжительности их жизненного цикла за счет:

- выделения в административных образованиях регионов однородных территорий дорожных районов по комплексу природных и климатических условий, с учетом закономерностей и связей, установленных в результате исследования водно-теплового режима грунтов земляного полотна в условиях функционирующих природно-технических систем;
- детализации районирования того или иного региона по таксономической схеме «дорожные: зона – подзона – район» для проектирования автомобильных дорог;
- изучения состава и свойств грунтов, наиболее распространенных и применяемых в дорожном строительстве на территории исследования и являющихся элементами географического комплекса;
- обоснования расчетных значений характеристик свойств грунтов земляного полотна и их нормирование для качественного проектирования дорожных одежд автомобильных дорог на территориях административных образований.

© Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Баширова И.А., 2024

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Золотарь И.А. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / И.А. Золотарь, Н.А. Пузаков, В.М. Сиденко – М.: Транспорт, 1971. – 416 с.*
2. *СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги. / Минстрой России. – М.: 2021. – 94 с.*
3. *ГОСТ Р 71404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования: нац. стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 5 авг. 2024 г. № 1022-ст: введен впервые: дата введения 2024-09-01 // Кодекс: электрон. фонд правовой и нормативю-тех. информ. URL: https://docs.cntd.ru/document/1306977203 (дата обращения: 18.09.2024).*

4. *Ярмолинский А.И. Проектирование конструкций автомобильных дорог с учетом природно-климатических особенностей Дальнего Востока / А.И. Ярмолинский, В.А. Ярмолинский. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. – 197 с.*
5. *Дубенков А.А. Структурно-модульный подход к проектированию земляного полотна автомобильных дорог в условиях многолетнемерзлых грунтов на основе линейного районирования: дис. … канд. техн. наук. – Омск, 2015 – 202 с.*
6. *Гулько О.Н. Дорожно-климатическое районирование территории Крайнего Севера Европейской части России с наличием многолетнемерзлых грунтов: автореф. дис. … канд. техн. наук. – М., 2005. – 26 с.*
7. *Куприянова Т.П. Принципы и методы физико-географического районирования с применением ЭВМ / Т.П. Куприянова. – М.: Наука, 1977. – 126 с.*
8. *Ткаченко В.Я. Оптимизация разбивки объектов на классы / В.Я. Ткаченко С.М. Кузнецов, Н.В. Холомеева, С.Э. Ольховников, Л.В. Николаева // Научно-исследовательские публикации. – 2015. – № 5(25). – С. 104-114.*
9. *Industry standard of the People's Republic of China. JTG D20-2006. Design Specifications for Highway Alignment (Технические требования к проектированию автомобильных дорог). – 2006.*
10. *Телтаев Б.Б. К усовершенствованию дорожно-климатического районирования Казахстана / Б.Б. Телтаев, К.А. Айтбаев, Е.А. Супес и др. // Вестник КазАТК. – 2018. – № 2 (105). – С. 141-148.*
11. *Richlinien fur die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsfiuchen RStO 01. – Ausgabe, 2001. – 51 s.*
12. *Сиденко В.М. Автомобильные дороги (Совершенствование методов проектирования и строительства) / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков, М.И. Волков и др. – Киев: Будивельник, 1973. – 278 с.*
13. *Ефименко С.В. Учет особенностей распространения геокомплексов при территориальной организации дорожно-климатического районирования / С.В. Ефименко, В.Н. Ефименко, М.В. Бадина, А.О. Афиногенов // Дороги и мосты. – 2014. – № 31. – С. 42-52.*
14. *Ефименко С.В. Учёт территориальной однородности географических комплексов при проектировании автомобильных дорог / С.В. Ефименко // Вестник ТГАСУ. – 2015. – №3(50). – С. 226-236.*
15. *Ефименко С.В. Особенности распространения границ дорожно-климатических зон на территории Западной Сибири /*

С.В. Ефименко // Политранспортные системы: м-лы VIII Международной науч.-техн. конф. в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2015. – С. 165-173.

16. *Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620289 Российская Федерация. Значения параметров географического комплекса для дорожно-климатического районирования Томской области / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, А.В. Сухоруков, М.В. Бадина, В.С. Чурилин – № 2015621708; заявл. 30.12.2015; опубл. 29.02.2016.*
17. *Черепанов Д.Н. Применение информационных систем при уточнении границ дорожно-климатических зон / Д.Н. Черепанов, С.В. Ефименко, В.Н. Ефименко // Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2013). Материалы Первой Всерос. науч. конф. молодых ученых с международным участием. – Томск: Изд-во Том. Гос. архит.-строит. ун-та, 2013. – С. 107-109.*
18. *Ефименко С.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири: монография / С.В. Ефименко, М.В. Бадина. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 244 с.*

REFERENCES

1. *Zolotar' I.A. Vodno-teplovoj rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnyh odezhd / I.A. Zolotar', N.A. Puzakov, V.M. Sidenko – M.: Transport, 1971. – 416 s.*
2. *SP 34.13330.2021. Avtomobil'nye dorogi. / Minstroj Rossii. – M.: 2021. – 94 s.*
3. *GOST R 71404-2024. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Nezhestkie dorozhnye odezhdy. Pravila proektirovaniya: nac. standart Rossijskoj Federacii: utverzhden i vveden v dejstvie prikazom Feder. agentstva po tekhn. regulirovaniyu i metrologii ot 5 avg. 2024 g. № 1022-st: vveden vpervye: data vvedeniya 2024-09-01 // Kodeks: elektron. fond pravovoj i normativyutekh. inform. URL: https://docs.cntd.ru/document/ 1306977203 (data obrashcheniya: 18.09.2024).*
4. *Yarmolinskij A.I. Proektirovanie konstrukcij avtomobil'nyh dorog s uchetom prirodno-klimaticheskih osobennostej Dal'nego Vostoka / A.I. Yarmolinskij, V.A. Yarmolinskij. – Habarovsk: Izd-vo Tihookeanskogo gos. un-ta, 2005. – 197 s.*
5. *Dubenkov A.A. Strukturno-modul'nyj podhod k proektirovaniyu zemlyanogo polotna avtomobil'nyh dorog v usloviyah mnogolet-*

nemerzlyh gruntov na osnove linejnogo rajonirovaniya: dis. … kand. tekhn. nauk. – Omsk, 2015 – 202 s.

6. *Gul'ko O.N. Dorozhno-klimaticheskoe rajonirovanie territorii Krajnego Severa Evropejskoj chasti Rossii s nalichiem mnogoletnemerzlyh gruntov: avtoref. dis. … kand. tekhn. nauk. – M., 2005. – 26 s.*
7. *Kupriyanova T.P. Principy i metody fiziko-geograficheskogo rajonirovaniya s primeneniem EVM / T.P. Kupriyanova. – M.: Nauka, 1977. – 126 s.*
8. *Tkachenko V.Ya. Optimizaciya razbivki ob"ektov na klassy / V.Ya. Tkachenko S.M. Kuznecov, N.V. Holomeeva, S.E. Ol'hovnikov, L.V. Nikolaeva // Nauchno-issledovatel'skie publikacii. – 2015. – № 5(25). – S. 104-114.*
9. *Industry standard of the People's Republic of China. JTG D20-2006. Design Specifications for Highway Alignment (Tekhnicheskie trebovaniya k proektirovaniyu avtomobil'nyh dorog). – 2006.*
10. *Teltaev B.B. K usovershenstvovaniyu dorozhno-klimaticheskogo rajonirovaniya Kazahstana / B.B. Teltaev, K.A. Ajtbaev, E.A. Supes i dr. // Vestnik KazATK. – 2018. – № 2 (105). – S. 141-148.*
11. *Richlinien fur die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsfiuchen RStO 01. – Ausgabe, 2001. – 51 s.*
12. *Sidenko V.M. Avtomobil'nye dorogi (Sovershenstvovanie metodov proektirovaniya i stroitel'stva) / V.M. Sidenko, O.T. Batrakov, M.I. Volkov i dr. – Kiev: Budivel'nik, 1973. – 278 s.*
13. *Efimenko S.V. Uchet osobennostej rasprostraneniya geokomplek-sov pri territorial'noj organizacii dorozhno-klimaticheskogo rajonirovaniya / S.V. Efimenko, V.N. Efimenko, M.V. Badina, A.O. Afinogenov // Dorogi i mosty. – 2014. – № 31. – S. 42-52.*
14. *Efimenko S.V. Uchyot territorial'noj odnorodnosti geograficheskih kompleksov pri proektirovanii avtomobil'nyh dorog / S.V. Efimenko // Vestnik TGASU. – 2015. – №3 (50). – S. 226-236.*
15. *Efimenko S.V. Osobennosti rasprostraneniya granic dorozhno-klimaticheskih zon na territorii Zapadnoj Sibiri / S.V. Efimenko // Politransportnye sistemy: m-ly VIII Mezhdunarodnoj nauch.-tekhn. konf. v ramkah goda nauki Rossiya – ES «Nauchnye problemy realizacii transportnyh proektov v Sibiri i na Dal'nem Vostoke». – Novosibirsk: Izd-vo SGUPSa, 2015. – S. 165-173.*
16. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2016620289 Rossijskaya Federaciya. Znacheniya parametrov geograficheskogo kompleksa dlya dorozhno-klimaticheskogo rajonirovaniya Tomskoj oblasti / V.N. Efimenko, S.V. Efimenko, A.V. Suhorukov, M.V. Badina, V.S. Churilin – № 2015621708; zayavl. 30.12.2015; opubl. 29.02.2016.*
17. *Cherepanov D.N. Primenenie informacionnyh sistem pri utochnenii granic dorozhno-klimaticheskih zon / D.N. Cherepanov, S.V. Efimenko,*

V.N. Efimenko // Perspektivnye materialy v tekhnike i stroitel'stve (PMTS-2013). Materialy Pervoj Vseros. nauch. konf. molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem. – Tomsk: Izd-vo Tom. Gos. arhit.-stroit. un-ta, 2013. – S. 107-109.

18. *Efimenko S.V. Dorozhnoe rajonirovanie territorii Zapadnoj Sibiri: monografiya / S.V. Efimenko, M.V. Badina. – Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arhit.-stroit. un-ta, 2014. – 244 s.*

Информация об авторах

В.Н. Ефименко – доктор технических наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

С.В. Ефименко – доктор технических наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

И.А. Баширова – аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

Information about the authors

V.N. Efimenko – Doctor of Engineering, Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia

S.V. Efimenko – Doctor of Engineering, Associate Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia

I.A. Bashirova – Postgraduate Student, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Рецензент: канд. техн. наук Н.В. Быстров, президент ассоциации «Росасфальт».

Статья поступила в редакцию 18.09.2024. Одобрена после рецензирования 20.09.2024. Принята к публикации 23.10.2024.

The article was submitted 18.09.2024. Approved after reviewing 20.09.2024. Accepted for publication 23.10.2024.