

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.731.8:624.131.221:001.891.573 (292.511)

DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-5-212-224

EDN: WKKHGL

**НАЗНАЧЕНИЕ ГРАНИЦ ТАКСОНОВ,
ОБЪЕДИНЯЮЩИХ ОДНОРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ
ПО ПРИЗНАКАМ ГЕОКОМПЛЕКСА
ПРИ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ**

**Сергей Владимирович Ефименко, Владимир Николаевич Ефименко,
Мария Владимировна Бадина, Ирина Андреевна Баширова**
*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* Существующая схема дорожно-климатического районирования территории бывшего Советского Союза, разработанная в 50-е гг. прошлого столетия, не учитывает особенностей природно-климатических условий ряда регионов, занимающих значительную площадь России, что ограничивает межремонтные периоды эксплуатируемых автомобильных дорог. Современное освоение новых территорий, например огромной по площади Арктической зоны, требует единого методического подхода специалистов различных организаций в выделении в пределах существующих зон однородных по признакам географического комплекса районов, в пределах которых однотипные дорожные конструкции будут характеризоваться одинаковой прочностью и устойчивостью. На сегодняшний день отсутствует единая стандартизованная отраслевая методика дорожно-климатического районирования, обеспечивающая требуемый уровень надежности конструктивно-технологических решений на стадиях проектирования и строительства автомобильных дорог.

Цель работы. Обобщить результаты многолетних исследований, выполненных авторами, на территории 14 административных образований Западно-Сибирского региона.

Результаты. В представленной работе изложена схема таксономического разделения территорий на основе изучения особенностей элементов географического комплекса административных образований Российской Федерации. Данная схема является основой для принятия проектных решений. Показаны различия между расчетными значениями характеристик глинистых грунтов земляного полотна, представленными в действующей нормативной литературе, и результатами экспериментальных исследований на примере территории Омской области.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожно-климатическое районирование, геокомплекс, таксономическая система, дорожная зона, подзона, район

Для цитирования: Ефименко С.В., Ефименко В.Н., Бадина М.В., Баширова И.А. Назначение границ таксонов, объединяющих однородные территории по признакам геокомплекса при дорожно-климатическом районировании // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 5. С. 212–224. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-5-212-224. EDN: WKKHGL

ORIGINAL ARTICLE

TAXON BOUNDARIES UNIFYING HOMOGENEOUS TERRITORIES BY GEOCOMPLEX FEATURES IN CLIMATIC ZONATION

Sergey V. Efimenko, Vladimir N. Efimenko,

Maria V. Badina, Irina A. Bashirova

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. Road-building climatic zonation developed in the 1950s for the territory of the former Soviet Union, does not take into account natural climatic conditions of many regions occupying a significant area of Russia, which limits periods between the highway repair. The development of new territories, for example, the vast Arctic zone, requires a methodological approach from various organizations to the areas by the geographical complex, within which the same type of road structures will be characterized by the same strength and stability. To date, there is no unified, standardized methodology of road-building climatic zonation, providing the required level of reliability of structural and technological solutions at design and construction stages of roads.

Purpose: To summarize the results of long-term studies carried out by the authors on the territory of 14 administrative formations of the West Siberian region.

Research findings: Schematic is proposed for taxonomic division of territories based on the elements of the geographical complex of administrative entities of the Russian Federation. Differences between the calculated values of clay soil properties given in normative documents and experimental data, are shown on the example of the territory of the Omsk region.

Keywords: road, climatic zonation, geocomplex, zone, subzone, road district

For citation: Efimenko S.V., Efimenko V.N., Badina M.V., Bashirova I.A. Taxon Boundaries Unifying Homogeneous Territories by Geocomplex Features in Climatic Zonation. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2024; 26 (5): 212–224. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-5-212-224. EDN: WKKHGL

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.5-72, разработанных в середине прошлого века [1]. За единицу дорожно-климатического районирования был принят таксон «зона» (рис. 1).

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 учёных считает, что требования и рекомендации, позволяющие учитывать особенности географического комплекса при проектировании автомобильных дорог, далеко не всегда прошли качественную и достаточную проверку во вновь осваиваемых районах. Сложившийся подход к выделению однородных территорий только по зональным признакам геоконплекса при до-

рожно-климатическом районировании без дополнительного иерархического её деления не позволяет обеспечить требуемый уровень эксплуатационной надежности транспортных сооружений, например, по критерию «работоспособность» [2], поскольку каждая зона территориально распространена в пределах и европейской, и азиатской части России и включает большое разнообразие природных и климатических признаков геокомплекса. Это определяет задачи дорожно-климатического районирования, актуальность которых при освоении новых территорий, например зоны многолетнемерзлых грунтов, очевидна и состоит в разделении её на более мелкие фрагменты, характеризующиеся доминирующими признаками географического комплекса, определяющими особенности протекания водно-теплового режима в дорожных конструкциях. Решение другой, не менее важной, задачи дорожно-климатического районирования направлено на установление расчётных значений характеристик грунтов, применяемых для проектирования земляного полотна и дорожных одежд на территориях вновь выделенных образований (дорожных подзон и районов).

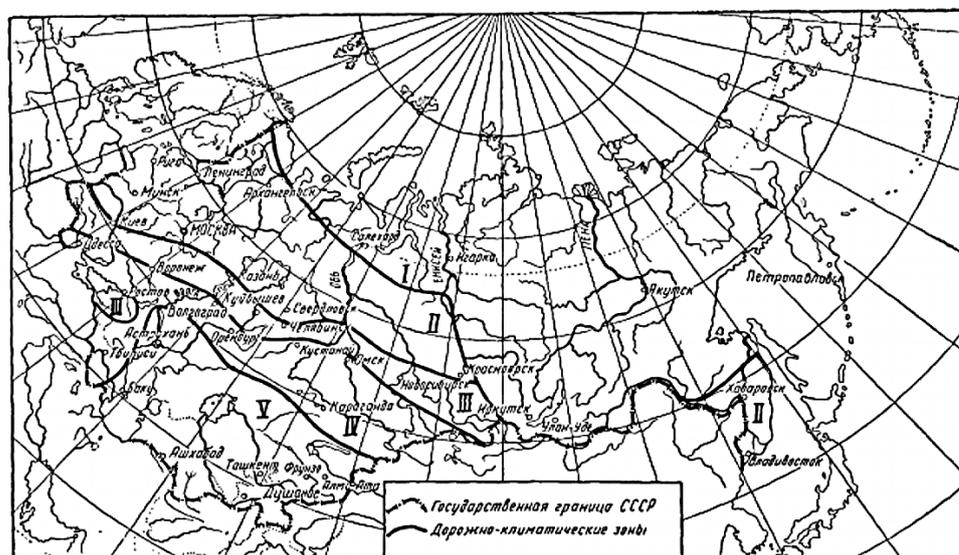


Рис. 1. Схема деления территории СССР на дорожно-климатические зоны, нашедшая отражение в НиТУ 128-55, СНиП II-Д.5-62, СНиП II-Д.5-72

Fig. 1. Scheme of division of the USSR territory into climatic zones, reflected in NiTu 128-55, SNiP II-D.5-62, SNiP II-D.5-72

Необходимость районирования в иерархической, соподчиняющейся системе дорожные «зона – подзона – район» показана в ряде ранее опубликованных работ [3, 4, 5]. При актуализации СНиП 2.05.02–85 схематическая карта, отражающая территориальное распространение дорожно-климатических зон, была уточнена в части некоторого изменения дислокации границ и выделения подзон – в первой, второй и третьей зонах (рис. 2). Разделение территории РФ на подзоны в СП 34.13330.2012 (2021) предлагается учитывать при определении расчетной влажности в расчетах на прочность и морозостойчивость до-

рожных одежд. Более четкое определение понятий «подзона», «дорожный район» в словарях дорожных терминов в настоящее время отсутствует.

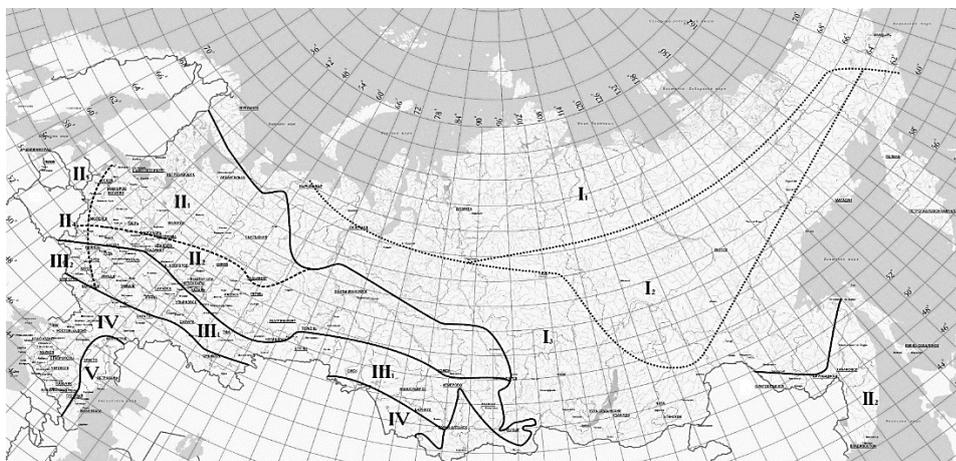


Рис. 2. Схема деления территории РФ на дорожно-климатические зоны – подзоны, нашедшая отражение в СП 34.13330.2012 (2021)

Fig. 2. Scheme of division of the Russian Federation territory into road-building climatic zones reflected in SP 34.13330.2012 (2021)

К сожалению, научно-исследовательские работы по уточнению существующего дорожного районирования в настоящее время в России единичны и бессистемны, хотя теоретико-методические основы для их выполнения достаточно широко представлены в публикациях специалистов в области изучения водно-теплового режима земляного полотна и оснований дорожных одежд автомобильных дорог, например, профессорами И.А. Золотарём, Н.А. Пузаковым, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаевым, другими известными учёными и их учениками.

Опыт исследовательской работы в области проектирования и строительства автомобильных дорог в сложных малоизученных природных условиях показывает, что рациональный учет региональных факторов при уточнении дорожно-климатического районирования в районах, характеризующихся слабо-развитой инфраструктурой, должен предусматривать [6]:

- тщательное изучение местных природных условий применительно к территории конкретного административного образования и выявление особенностей зональных факторов по сравнению с ранее изученными условиями. Отмеченный этап работ включает подбор и анализ отраслевого, картографического районирования (климатического, растительного, гидрогеологического, геоморфологического, инженерно-геологического);

- выделение отдельных дорожных районов с присвоением им номеров на основе анализа и обобщений зональных и интразональных признаков внутри существующих дорожно-климатических зон, при необходимости с уточнением характеристик последних. При этом дорожный район представляет собой генетически однородную территорию, характеризующую типичными, свойственными только ей климатом, геологией, рельефом местности и другими геофизическими элементами;

– учет региональных факторов, отличающихся от других своим специфическим характером и локальным распространением на ограниченных территориях;
– обоснование и назначение (уточнение) для территорий отдельных дорожных районов расчётных значений характеристик грунтов (материалов), конструкций, технических требований и т. д. для проектирования и строительства прочных и устойчивых дорожных конструкций с учётом зональной, интразональной и региональной дифференциации географического комплекса.

Предполагаемая методология исследований направлена на обеспечение качества проектирования транспортных сооружений на основе учёта природно-климатических условий отдельных территорий России. Она состоит из двух стадий комплекса работ [5]. Первая стадия включает операции, направленные на выделение однородных территорий (дорожных районов) в административных образованиях Российской Федерации в таксономической системе дорожные «зона – подзона – район». Реализация операций на этой стадии исследований предполагает три этапа.

Первый этап рассматриваемой стадии работ направлен на формирование информационной базы для моделирования показателями геокомплекса зонального, интразонального и регионального характеров [6, 7]. В пределах реализации первого этапа осуществляют изучение природных условий применительно к территории исследования, например, административного образования. Выявляют особенности зональных, интразональных и региональных признаков (рис. 3). Среди зональных признаков, принятых при формировании базы исходных данных для моделирования элементами природно-климатических условий, выделяют показатели климата, характеризующиеся среднегодовыми значениями, например среднегодовую температуру воздуха, годовое количество атмосферных осадков, высоту снежного покрова, величину испарения с поверхности [8], 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) [9].

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 населённые пункты на территориях административных образований, например, Томская, Кемеровская, Омская или другие области, края или округа.

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 представ-

ляют в виде матрицы информации [5, 6]. Исходные данные стандартизируют, позиционируя их в виде числовых, безразмерных величин с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией [10]. 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 того или иного таксона иерархической системы дорожные «зона – подзона – район».



Рис. 3. Элементы информационной базы для целей дорожно-климатического районирования
 Fig. 3. Information base elements for road-building climatic zoning

Далее, по известным значениям фактора в опорных пунктах воспроизводят функцию $\Phi(x, y)$, 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 $\Phi(x, y)$, по которым и определяют границы территорий дорожно-климатических зон. По аналогичной схеме, с учётом признаков интразонального и регионального характера, выделяют подзоны и районы [11].

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) [10, 12]. На этом этапе однородные по доминирующим признакам геокомплекса дорожные районы позиционируют на карте-схеме территории региона, объединяющей по площади земной поверхности несколько административных образований. Необходимость отмеченной операции связана с тем, что картирование положения границ для смежно расположенных территорий, например, административных образований, как правило, не совпадает на пограничных отрезках (случай региональных исследо-

ваний, предполагающих районирование нескольких областных или краевых административных единиц).

Результатом работ, выполняемых в рамках первой стадии методологии исследования, является карта-схема распространения границ дорожно-климатических зон с разделением их на подзоны и однородные по признакам геокомплекса дорожные районы и текстовые комментарии (легенда) с характеристикой территорий, занимаемых административными образованиями. Примером результатов дорожно-климатического районирования может быть карта-схема, приведённая на рис. 4.



Рис. 4. Карта-схема дорожно-климатического районирования территории Омской области: II, III, IV – дорожно-климатические зоны по результатам исследований, выполненных в ТГАСУ; 1–4 – номера дорожных районов, выделенных на территории Омской области; P – подзона по типу рельефа (равнинная)

Fig. 4. Schematic map of road-building climatic zonation of the Omsk region territory: II, III, IV – according to research carried out in TSUAB; 1–4 – numbers of road districts on the territory of the Omsk region; P – subzone by the relief type (plain)

Благодаря реализации поэтапной работы первой стадии исследования на территории административного образования Омская область выделено три дорожно-климатические зоны (II, III и IV), одна подзона (равнинная) и 8 дорожных районов (от 1 до 4 в зависимости от зоны и подзоны).

Вторая стадия предлагаемой технологии учёта элементов геокомплекса при проектировании транспортных сооружений направлена на обоснование расчётных значений показателей свойств и состояния грунтов, применяемых при строительстве земляного полотна в природно-климатических условиях территорий дорожных районов, выявленных на первой стадии исследований. При этом можно выделить четыре основных этапа исследований [5, 6].

Считаем необходимым особо подчеркнуть, что главной задачей уточнения дислокации границ существующего дорожно-климатического районирования применительно к отдельным регионам России является выделение таких районов, в пределах которых однотипные дорожные конструкции (по категории автомобильной дороги, характеру грунта, наименьшему возвышению поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод или длительно стоящих поверхностных вод) будут характеризоваться примерно одинаковой прочностью и устойчивостью. При этом целевое районирование для проектирования и строительства автомобильных дорог дополнительно предполагает установление расчётных значений характеристик грунтов для проектирования конструкций земляного полотна и дорожных одежд, имеющих заданный уровень надёжности, которое осуществляют при реализации второй стадии работ.

Первый этап второй стадии исследований предполагает сбор сведений с целью обоснования расчётных 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, альbedo деятельной поверхности и другие 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-теплого 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, согласно ГОСТ Р 71404–2024 и др. [1, 13].

Второй этап второй стадии посвящён 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-теплого режима, сформированного под влиянием элементов природы и климата, характерных для местности, занимаемой дорожным районом.

К основным факторам, обуславливающим значения прочности и деформируемости грунтов, относят природно-климатические, грунтово-гидрологические условия и, как следствие, влажность грунта земляного полотна и материалов слоёв дорожной одежды [5].

Натурные измерения влажности грунтов земляного полотна, при обосновании расчётных значений, могут быть выполнены как на действующей сети автомобильных дорог путём оборудования стационарных постов наблюдения, так и на специализированных полигонах. Многолетним опытом исследований в этом вопросе обладают США, где с 1950–60-х гг. были начаты исследования на опытных участках в регионах с разными природно-климатическими условиями. Учитывая тот факт, что на территории, например, Российской Федерации сеть автомобильных дорог развита крайне неравномерно, выполнение натурных измерений влажности грунтов земляного полотна возможно далеко не на всех территориях. Кроме того, ограниченный временной промежуток, отведённый на выполнение инженерных изысканий, не всегда позволяет выполнить отбор образцов грунтов в расчётный период года. Поэтому на вновь осваиваемых территориях назначение расчётной влажности грунтов земляного полотна осуществляют в том числе с использованием методов математического моделирования [14].

Для районов Западной Сибири, характеризующихся глубоким сезонным промерзанием и избыточным увлажнением грунтов, наиболее приемлем метод проф. И.А. Золотаря [1, 13], о чем свидетельствуют результаты исследований специалистов Томского государственного архитектурно-строительного университета [5, 6, 15] в Западной Сибири. Методическая схема назначения расчётных характеристик грунтов земляного полотна включает несколько последовательно выполняемых этапов: определение продолжительности периодов осеннего влагонакопления ($\tau_{вл}$) и промерзания ($\tau_{пр}$); установление средней осенней влажности грунта земляного полотна $W^{ос}$ к концу периода осеннего влагонакопления; определение характеристики скорости промерзания (α) грунта рабочего слоя земляного полотна; назначение расчётной влажности грунта земляного полотна $W_{от}$ с учётом миграции влаги при промерзании грунта; установление расчётных значений модуля упругости, угла внутреннего трения и удельного сцепления глинистых грунтов рабочего слоя земляного полотна с учётом зависимостей, полученных по результатам полевых и лабораторных работ [5, 6]. Содержание первого – третьего этапов второй стадии исследований достаточно подробно представлено авторами в работах сотрудников кафедры «Автомобильные дороги» ТГАСУ [11, 15].

Выявленные на основе полевых и лабораторных работ сведения представляют в виде комплекса математических моделей, отражающих функциональные зависимости, например, $E_{гр}$, $\varphi_{гр}$, $C_{гр} = f(W_p)$, соответствующие дорожному району, однородному по доминирующим признакам географического комплекса.

Исследования четвёртого этапа методологической схемы направлены на нормирование расчётных значений характеристик грунта рабочего слоя земляного полотна, применяемых при расчёте дорожных одежд автомобильных дорог

на территориях дорожных подзон (районов), выделенных в пределах административных образований регионов. Расчётные значения характеристик грунтов для проектирования автомобильных дорог оформляют в виде указаний региональных или территориальных нормативно-технических документов, утверждённых в установленном порядке, согласно ГОСТ Р 71404–2024. В таблице приведены расчётные значения характеристик глинистого грунта земляного полотна для района III.P.2 в Омской области (см. рис. 4).

**Расчётные значения характеристик глинистого грунта
земляного полотна (пылеватый тяжёлый суглинок)
применительно к участкам автомобильных дорог
в условиях близкого залегания уровня грунтовых вод
(район III.P.2 в Омской области)**

**Calculated values of clay subgrade soil (dusty heavy loam) properties
for road sections at close groundwater occurrence (area III.R.2, Omsk region)**

Величина коэффициента влагопроводности грунта, см ² /ч	Глубина залегания уровня грунтовых вод от верха земляного полотна, м	Расчётные величины характеристик грунта			
		Весенняя относительная влажность, д. ед.	Модуль упругости, МПа	Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, МПа
1,5	0,5	0,691	13,9	16,94	0,055
	1,0	0,624	16,6	20,40	0,067
	1,5	0,651	15,4	18,93	0,062
	2,0	0,631	16,3	20,00	0,066
	2,5	0,521	21,7	27,12	0,092
2,0	0,5	0,705	13,4	16,30	0,053
	1,0	0,635	16,1	19,78	0,065
	1,5	0,568	19,2	23,82	0,080
	2,0	0,536	20,9	26,02	0,088
	2,5	0,525	21,5	26,83	0,090
2,5	0,5	0,718	12,9	15,72	0,051
	1,0	0,644	15,7	19,30	0,063
	1,5	0,574	18,9	23,42	0,078
	2,0	0,541	20,6	25,66	0,086
	2,5	0,53	21,2	26,46	0,089
3,0	0,5	0,73	12,5	15,21	0,049
	1,0	0,653	15,4	18,82	0,062
	1,5	0,579	18,7	23,10	0,077
	2,0	0,545	20,4	25,38	0,085
	2,5	0,533	21,1	26,24	0,088

Сравнивая результаты экспериментальных исследований по определению характеристик прочности и деформируемости глинистых грунтов на территории дорожного района III.P.2 административного образования Омская область

с нормированными значениями, нашедшими отражение в ГОСТ Р71404–2024 (прил. В), можно выделить существенные отличия. Выявлено:

– фактические значения расчётной влажности глинистых грунтов земляного полотна, полученные по результатам исследований авторов, выше стандартизованных на 7–10 % (в зависимости от типа местности по характеру и степени увлажнения) [16];

– нормированные значения модуля упругости ($E_{гр}$) глинистых грунтов земляного полотна, по сравнению с результатами фактических наблюдений на примере территории Омской области, завышены.

За счёт увеличения межремонтных сроков был получен экономический эффект от внедрения рекомендуемой схемы обеспечения качества проектирования автомобильных дорог. По приведённым затратам в текущем уровне цен он составляет около 2 млн руб. на 1 км автомобильной дороги III технической категории [17].

Таким образом, предлагаемая схема дорожно-климатического районирования за счёт учёта региональных природно-климатических условий способствует обеспечению требуемого уровня надёжности конструктивно-технологических решений на стадии проектирования и строительства транспортных сооружений и, как следствие, увеличению их межремонтных сроков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд* / под ред. А.И. Золотаря [и др.]. Москва : Транспорт, 1971. 415 с.
2. *Повышение надёжности автомобильных дорог* / под ред. И.А. Золотаря. Москва : Транспорт, 1977. 183 с.
3. *Сиденко В.М., Батраков О.Т., Волков М.И. и др.* Автомобильные дороги (Совершенствование методов проектирования и строительства). Киев : Будивельник, 1973. 278 с.
4. *Ярмолинский А.И., Ярмолинский В.А.* Проектирование конструкций автомобильных дорог с учетом природно-климатических особенностей Дальнего Востока. Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. 197 с.
5. *Ефименко С.В., Бадина М.В.* Дорожное районирование территории Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. 244 с. + 10 л. вкл. + 2 л. прил.
6. *Афиногенов О.П., Ефименко С.В., Афиногенов А.О.* Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог на основе дифференциации районирования. Кемерово : ООО «Офсет», 2016. 364 с.
7. *Ефименко С.В., Ефименко В.Н., Сухоруков А.В.* Формирование информационной базы для целей дорожно-климатического районирования территорий // Сборник ФГУП «РОСДОРНИИ». Дороги и мосты. 2015. № 1 (33). С. 24–44.
8. *Золотарь И.А.* Расчет испарения с поверхности грунтовых оснований в связи с прогнозом их влажностного состояния // Экспериментальные исследования процессов теплообмена в мерзлых горных породах. Новосибирск : Наука, 1972. С. 119–137.
9. *Мотылёв Ю.Л.* Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог в засушливых и пустынных районах. Москва : Транспорт, 1969. 230 с.
10. *Ефименко С.В., Черепанов Д.Н.* Методические аспекты регионального уточнения простирающихся линий границ дорожно-климатических зон // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 214–222.
11. *Бадина М.В.* Обеспечение качества проектирования дорожных конструкций на основе учёта региональных природно-климатических условий (на примере Западной Сибири) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Омск, 2009. 25 с.
12. *Ефименко С.В., Ефименко В.Н., Афиногенов А.О.* К уточнению схемы дорожно-климатического районирования территорий на примере районов Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 1 (42). С. 125–134.

13. *Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях* / под ред. А.А. Мальшева. Москва : Транспорт, 1974. 285 с.
14. *Efimenko V., Efimenko S., Sukhorukov A.* Features of road-climatic zoning of territories // *MATEC Web of Conferences*. 2018. V. 143. 01012.
15. *Ефименко С.В., Сухоруков А.В., Ефименко В.Н.* Обоснование расчётных значений характеристик глинистых грунтов Западно-Сибирского региона // *Известия вузов. Строительство*. 2015. № 7. С. 69–77.
16. *Ефименко С.В.* Развитие теоретических положений учета особенностей признаков геокмплекса при формировании региональных норм проектирования автомобильных дорог : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Томск, 2016. 40 с.
17. *Боброва Т.В., Ефименко С.В.* Оценка экономической эффективности учета изменчивости геокмплексов при проектировании дорожных одежд автомобильных дорог // *Вестник СибАДИ*. 2013. № 4 (32). С. 136–140.

REFERENCES

1. *Zolotar I.A., Puzakov N.A., Sidenko V.M.* Hydrothermal Conditions of Earth Bed and Road Covers. Moscow: Transport, 1971. 416 p. (In Russian)
2. *Zolotar I.A. (Ed.)* Road Reliability Improvement. Moscow: Transport, 1977. 183 p. (In Russian)
3. *Sidenko V.M., Batrakov V.M., Volkov M.I.* Highways (Design Improvement and Construction Methods). Kiev: Budivel'nik, 1973. 278 p. (In Russian)
4. *Yarmolinskiy A.I., Yarmolinskiy V.A.* Road Construction Design in the Far East. Khabarovsk, 2005. 197 p. (In Russian)
5. *Efimenko S.V., Badina M.V.* Road Zonation in Western Siberia. Tomsk: TSUAB, 2014. 244 p. (In Russian)
6. *Afinogenov O.P., Efimenko S.V., Afinogenov A.O.* Road Design Improvement by Zonation. Kemerovo, 2016. 364 p. (In Russian)
7. *Efimenko S.V., Efimenko V.N., Sukhorukov A.V.* Database Formation for Road-Building Climatic Zonation. *Dorogi i mosty*. 2015; 33: 25–42. (In Russian)
8. *Zolotar I.A.* Calculation of Evaporation from Soil Foundation Surface with Regard to their Moisture State. In: *Experimental Studies of Heat Exchange Processes in Frozen Rocks*. Novosibirsk: Science, 1972. Pp. 119–137. (In Russian)
9. *Motylev Y.L.* Subgrade Stability in Arid and Desert Areas. Moscow: Transport, 1969 230 p. (In Russian)
10. *Efimenko S.V., Cherepanov D.N.* Methodological Aspects of Regional Clarification of Road-Building Climatic Zone Boundary. *Vestnik MGSU*. 2013; 6: 214–222. (In Russian)
11. *Badina M.V.* Quality Assurance of Road Design in Regional Natural and Climatic Conditions (Western Siberia). PhD Abstract. Omsk, 2009. 25 p. (In Russian)
12. *Efimenko S.V., Efimenko V.N., Afinogenov A.O.* The Outline of Road Building Climatic Zoning in Western Siberia. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014; 1(42): 125–134. (In Russian)
13. *Malyshev A.A. (Ed.)* Roadbeds in Northern Conditions. Moscow: Transport, 1974. 279 p. (In Russian)
14. *Efimenko V., Efimenko S., Sukhorukov A.* Road-Climatic Zoning of Territories. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 143: 01012.
15. *Efimenko S.V., Sukhorukov A.V., Efimenko V.N.* Justification of Calculated Values of Clayey Soil Parameters in the West Siberian region. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2015; 7: 69–77. (In Russian)
16. *Efimenko S.V.* Development of Theoretical Provisions for Geocomplex Features in Road Design Regulations. DSc Abstract. Tomsk, 2016. 40 p. (In Russian)
17. *Bobrova T.V., Efimenko S.V.* Assessment of Economic Efficiency of of Geocomplex Variability in Road Pavement Design. *Vestnik SibADI*. 2013; 4(32): 136–140. (In Russian)

Сведения об авторах

Ефименко Сергей Владимирович, докт. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, svefimenko_80@mail.ru

Ефименко Владимир Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Бадина Мария Владимировна, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mvbadina@yandex.ru

Баширова Ирина Андреевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, izgolich@mail.ru

Authors Details

Sergey V. Efimenko, DSc, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, svefimenko_80@mail.ru

Vladimir N. Efimenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia.

Maria V. Badina, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mvbadina@yandex.ru

Irina A. Bashirova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, izgolich@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

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

Статья поступила в редакцию 24.09.2024
Одобрена после рецензирования 02.10.2024
Принята к публикации 03.10.2024

Submitted for publication 24.09.2024
Approved after review 02.10.2024
Accepted for publication 03.10.2024