

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.7/.8:004.65(571.121)

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-3-270-281

EDN: ZNGEWP

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Ирина Андреевна Баширова¹, Светлана Николаевна Гиллих²,
Сергей Владимирович Ефименко¹, Владимир Николаевич Ефименко¹

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия

²Департамент транспорта и дорожного хозяйства
Ямало-Ненецкого автономного округа,
г. Салехард, Россия

Аннотация. Представлена детализация карты-схемы дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа, выполненная с учетом результатов полевых исследований водно-тепловых процессов на сети автомобильных дорог.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью учета особенностей природно-климатических условий административного образования, находящегося в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов, при проектировании и строительстве автомобильных дорог.

Целью работы являлось уточнение границ дорожно-климатических зон с учетом ключевых факторов, влияющих на состояние дорожных конструкций: распространения многолетнемерзлых грунтов, особенностей рельефа, степени увлажненности, вида растительности.

Для достижения этой цели использовались *методы* картографического анализа и пространственного наложения данных.

Излагаемые в статье *результаты* исследований базируются на выделении доминант – элементов географического комплекса во влиянии на формирование водных и тепловых процессов в дорожных конструкциях региона.

Практическая значимость приведенных результатов обусловлена обеспечением качества проектирования автомобильных дорог и, соответственно, увеличением межремонтных периодов их эксплуатации во вновь осваиваемых регионах.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожно-климатическое районирование, геокомплекс, таксон, зона, подзона, дорожный район, многолетнемерзлые грунты

Для цитирования: Баширова И.А., Гиллих С.Н., Ефименко С.В., Ефименко В.Н. Детализация дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 3. С. 270–281. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-3-270-281. EDN: ZNGEWP

ORIGINAL ARTICLE

DETAILING OF ROAD-BUILDING CLIMATE ZONING IN THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

Irina A. Bashirova¹, Svetlana N. Gillikh²,
Sergei V. Efimenko¹, Vladimir N. Efimenko¹

¹Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

²Department of Transport and Road Facilities of Yamalo-Nenets

Autonomous District, Salekhard, Yamalo-Nenets Autonomous District, Russia

Abstract. The paper presents a detailed map of road-building climatic zoning with regard to field studies of water and heat processes on the road network in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

Purpose: Clarification of the boundaries of road-building climatic zones, taking into account the key factors affecting the road structure: distribution of permafrost soils, relief, moisture content of vegetation.

Research findings: Identification of dominant elements of the geographical complex in the formation of water and thermal processes in road structures in the region.

Practical implications: The quality insurance of the road design and, accordingly, increasing the inter-repair periods of their operation in newly developed regions.

Keywords: road, road-building climatic zoning, geocomplex, taxon, zone, subzone, road district, permafrost soil

For citation: Bashirova I.A., Gillikh S.N., Efimenko S.V., Efimenko V.N. Detailing of Road-Building Climate Zoning in the Yamal-Nenets Autonomous Okrug. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (3): 270–281. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-3-270-281. EDN: ZNGEWP

Ямало-Ненецкий автономный округ является одним из десяти регионов, относящихся к Арктической зоне Российской Федерации. На территории округа добывают более 80 % природного газа от общей добычи в стране, что определяет его роль в экономическом отношении. Площадь территории ЯНАО – 769 250 км², что составляет 4,5 % территории РФ и 15,6 % территории ее Арктической зоны [1].

Одним из пунктов Указа Президента РФ от 26.10.2020 г. № 645 «О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г.» [2] является развитие ее транспортной инфраструктуры, для чего необходимо обеспечить качественное проектирование и строительство автомобильных дорог. Согласно карте-схеме дорожно-климатического районирования, представленной в СП 34.13330.2021 [3], Ямало-Ненецкий автономный округ расположен в I дорожно-климатической зоне. I ДКЗ по площади занимает более 60 % территории страны и является единым географическим целым. Практически вся Восточная Сибирь, северная часть Западной Сибири и северо-западные районы европейской части страны включены в I ДКЗ, но природно-климатические условия этих территорий отличны друг от друга. На заседании секции научно-технического совета Росавтодора № 4 «Стандартизация, повышение качества и внедрение новых технологий, техники и материалов» (декабрь 2024 г.) рассматривался вопрос «Рекомендации по дорожно-климатиче-

скому районированию в зоне вечной мерзлоты (I ДКЗ)», что подчеркивает актуальность обозначенной проблемы. Действующие нормы проектирования, которые не в полной мере учитывают особенности природно-климатических условий отдельных регионов страны, включая Арктическую зону, провоцируют снижение эксплуатационной надежности транспортных сооружений, что вызывает значительные затраты на проведение восстановительных работ. Решению обозначенной проблемы может способствовать детализация дорожно-климатического районирования территории ЯНАО – зоны распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Еще в прошлом веке специалисты [4] указывали на актуальность районирования «внутри самих зон», однако сложность решения подобной задачи по-прежнему обусловлена низкой плотностью сети автомобильных дорог во вновь осваиваемых регионах, отсутствием стандартизированных методов назначения признаков разделения зон на подзоны и дорожные районы. Хотя примерные географические границы дорожно-климатических зон на карте-схеме СП 34.13330-2021 (приложение Б) включают разделение на подзоны с учетом определения расчетной влажности грунтов при расчетах на прочность и морозостойчивость дорожных одежд.

Специалисты кафедры «Автомобильные дороги» Томского государственного архитектурно-строительного университета осуществляют исследования, направленные на дифференциацию дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа [5–7] по методологической схеме, предложенной в работе [8], включающей две стадии работ. Первая стадия направлена на выделение однородных территорий в административных образованиях России в таксономической системе «зона – подзона – дорожный район». На второй стадии выполняют назначение расчетных показателей свойств и состояния грунтов земляного полотна с учетом элементов геокомплекса, характеризующих дорожный район [9–11]. Выделение районов для отдельных регионов страны, в пределах которых однотипные дорожные конструкции можно охарактеризовать близкими значениями прочности и устойчивости, – главная задача детализации и уточнения дорожно-климатического районирования по рассматриваемой схеме. При большой площади территории исследования уточнение дислокации границ зон, а также выделение подзон и дорожных районов осуществляют в пределах границ административных образований, после чего производят «сшивку» границ дорожных районов на территориях других административных образований, примыкающих к тем, в пределах которых уже выполнены работы по учету элементов геокомплекса [8, 12].

В работе [9] территория Западной Сибири с учетом зональных признаков, характеризующих геокомплекс, была разделена на четыре дорожно-климатические зоны (рис. 1). На основании анализа картографических материалов и ранее выполненных работ по районированию территории Западной Сибири [9, 13] уточнена дислокация границы I и II дорожно-климатических зон. Выявлено, что она проходит между параллелями с юга 56° с. ш. на север до 62° с. ш. через опорные пункты: Пионерный – Ханты-Мансийск – Нефтеюганск – Стрежевой – Белый Яр – Канск. Следует отметить, что, согласно сделанным в работах [9, 13] выводам, Ямало-Ненецкий автономный округ действительно расположен в I дорожно-климатической зоне.

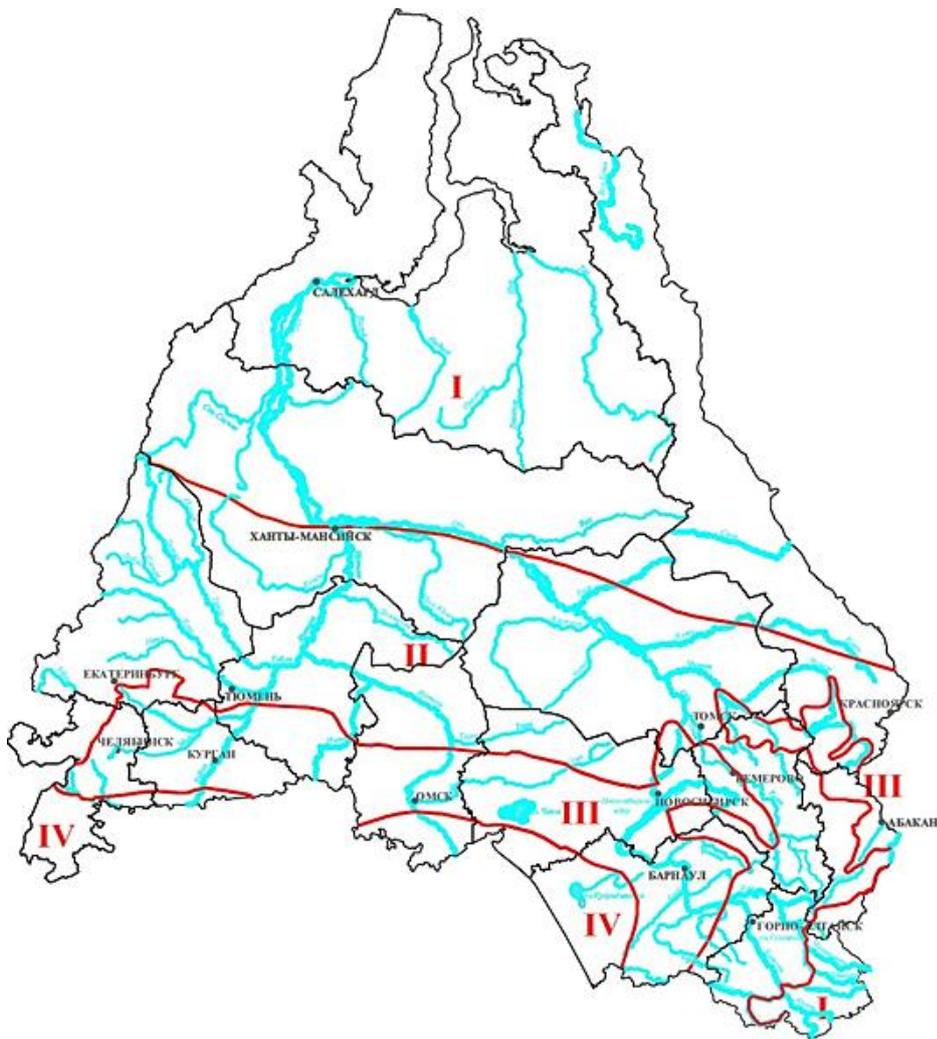
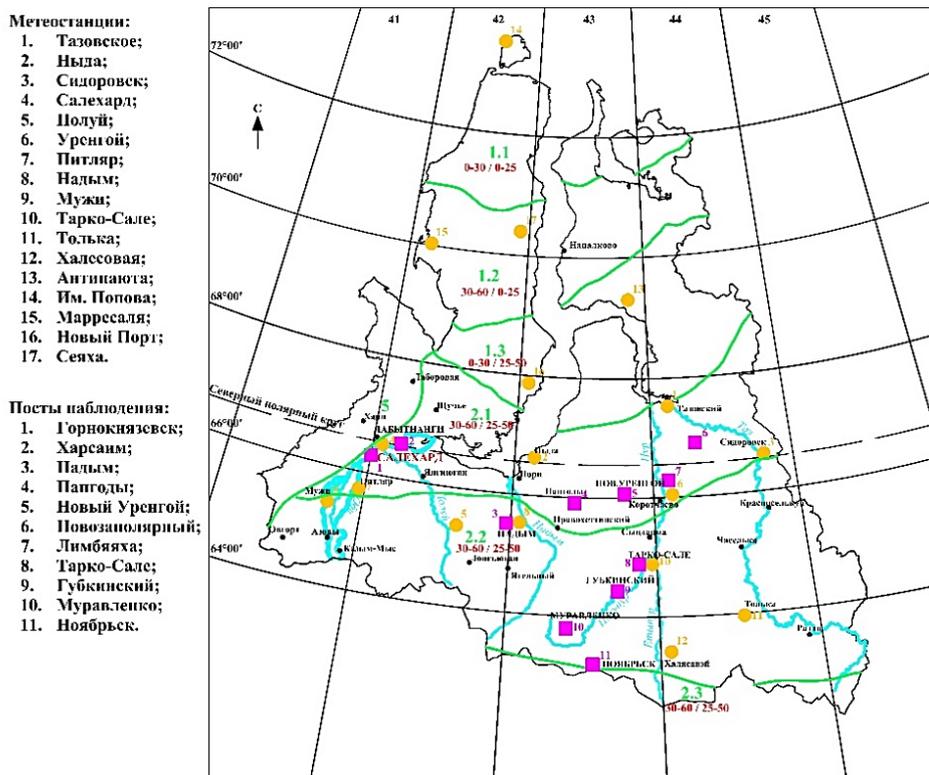


Рис. 1. Схема дорожно-климатического районирования территории Западной Сибири (по С.В. Ефименко [9])

Fig. 1. Road-building climatic zoning in Western Siberia (S.V. Efimenko [9])

К группе географических факторов, которые влияют на условия проектирования и строительства автомобильных дорог, относят особенности простира- ния растительного покрова в тех или иных природных условиях [14–16]. Рас- тительный покров тесно связан с такими элементами геокомплекса, как распро- странение и температура ММГ; увлажненность территории, что делает его одним из доминирующих признаков геокомплекса при детализации дорожно- климатического районирования. Именно поэтому описание дорожно-климати- ческих зон и подзон в СП 34.13330-2021 базируется на увлажненности терри- тории и типе растительности. Природные зоны на территории ЯНАО включают в себя ландшафтные зоны (подзоны): тундра (арктическая, типичная, южная); тайга (лесотундровая, северотаежная) и Уральские горы (рис. 2).



Условные обозначения:

- НОЯБЬСКО** - Населённый пункт.
- Полуй*
- Река.
- 6 - Метеостанция.
- 6 - Пост наблюдения.
- 0-30 / 0-25 - В числителе - среднегодовое количество осадков, см; в знаменателе - среднегодовое испарение с поверхности, г/(см²·год).
- Границы распространения растительности:
- 1. Тундровая зона:**
- 1.1 - северная подзона (подзона арктических тундр);
 - 1.2 - средняя подзона (подзона типичных тундр);
 - 1.3 - южная подзона (подзона южных тундр);
- 2. Тайжная зона:**
- 2.1 - подзона лесотундры;
 - 2.2 - подзона северной тайги;
 - 2.3 - подзона средней тайги;
- 5. Уральские горы.**

Рис. 2. Карта-схема ЯНАО с зонированием территории по растительности
Fig. 2. Map-scheme of the YNAO with territory zoning by vegetation

В СП 313.1325800.2017 [17] описаны признаки, оказывающие решающее влияние на устойчивость дорожных конструкций в I дорожно-климатической зоне: вид грунта сезоннооттаивающего слоя и его влажность; характер распространения ММГ и их температура; мощность слоя сезонного оттаивания; среднегодовые температуры воздуха; рельеф местности; гидрология и величина снегопереноса. По ним на карте-схеме дорожно-климатического районирования, представленной в СП [3], выделены подзоны в I ДКЗ. Руководящим критерием при выделении подзон на территории Ямало-Ненецкого автономного округа принят рельеф местности, при выделении районов – мощность многолетнемерзлых пород (ММП) и их температура.

Рельеф Ямало-Ненецкого автономного округа в основном равнинный (рис. 3), с высотами до 50 м над уровнем моря. Такие особенности рельефа обуславливают широкое распространение озер и болот различных типов на значительной части территории. Наиболее низменными являются прибрежные поверхности Карского моря, где высоты колеблются от 1–5 до 22–35 м. Холмистый рельеф определяется возвышенностью Мужинский Увал (до 290 м) и Сибирскими Увалами, расположенными на южной границе округа, с высотами от 131 до 250–285 м. Горная часть округа (западная граница) проходит по вытянутому в субмеридиональном направлении на 400 км Полярному Уралу. Горная система начинается от Константинова Камня на севере и простирается до верховьев р. Хулги на юге, представляя собой крупные горные массивы. Наиболее высокими точками региона являются горы Пайер (1472 м), Ханмей (1333 м) и Колокольня (1305 м) [1, 18].

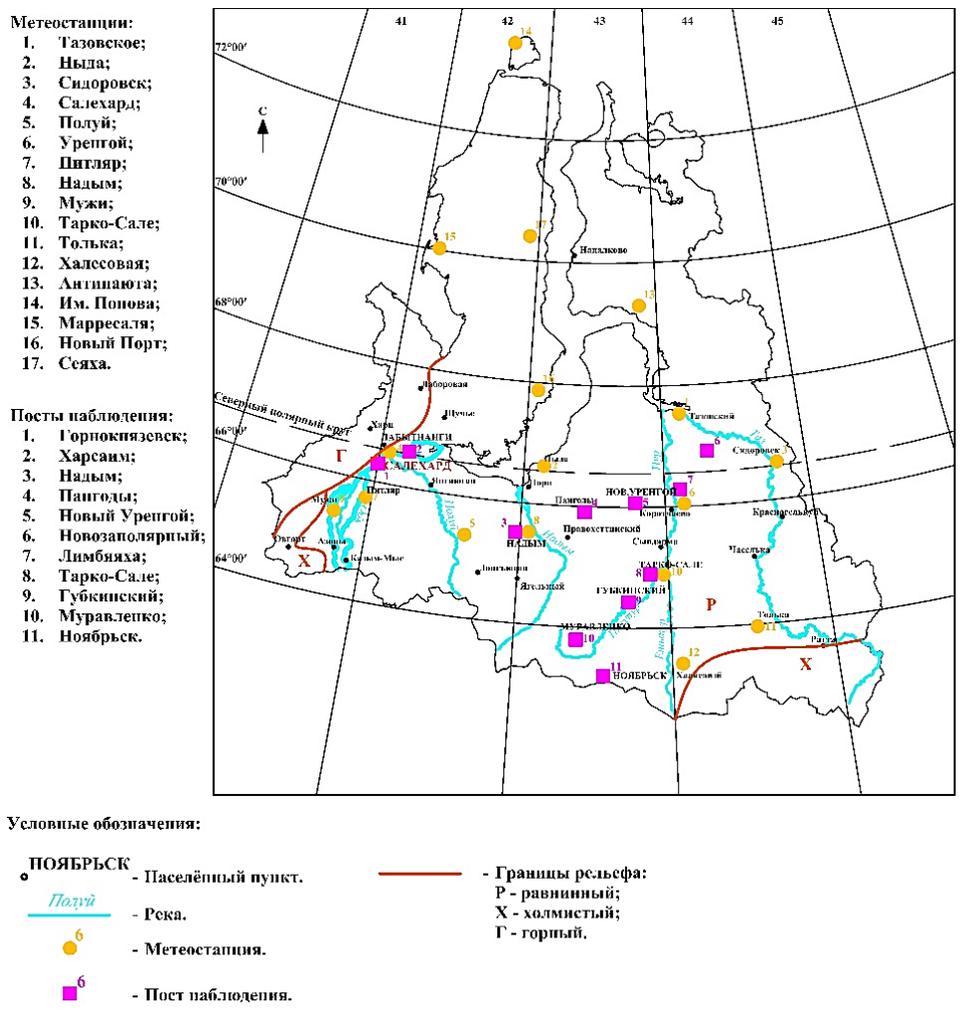


Рис. 3. Карта-схема ЯНАО с зонированием территории по рельефу
 Fig. 3. Map-scheme of the YNAO with territory relief zoning

Наличие многолетней мерзлоты – важная региональная особенность территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Мерзлотные ландшафты отличны от природных комплексов, т. к. мерзлота влияет на распределение почв, рек, озер и растительности. По особенностям распространения многолетнемерзлых пород выделено три таксона (рис. 4). Первый характеризуется мощностью ММП в пределах 50–450 м и отрицательной температурой грунтов на поверхности, второй – мощностью ММП в пределах 50–450 м и температурой грунтов на поверхности, равной 0 ... +1,5 °С, третий – мощностью ММП в пределах 0–50 м и температурой грунтов на поверхности более +1,5 °С.

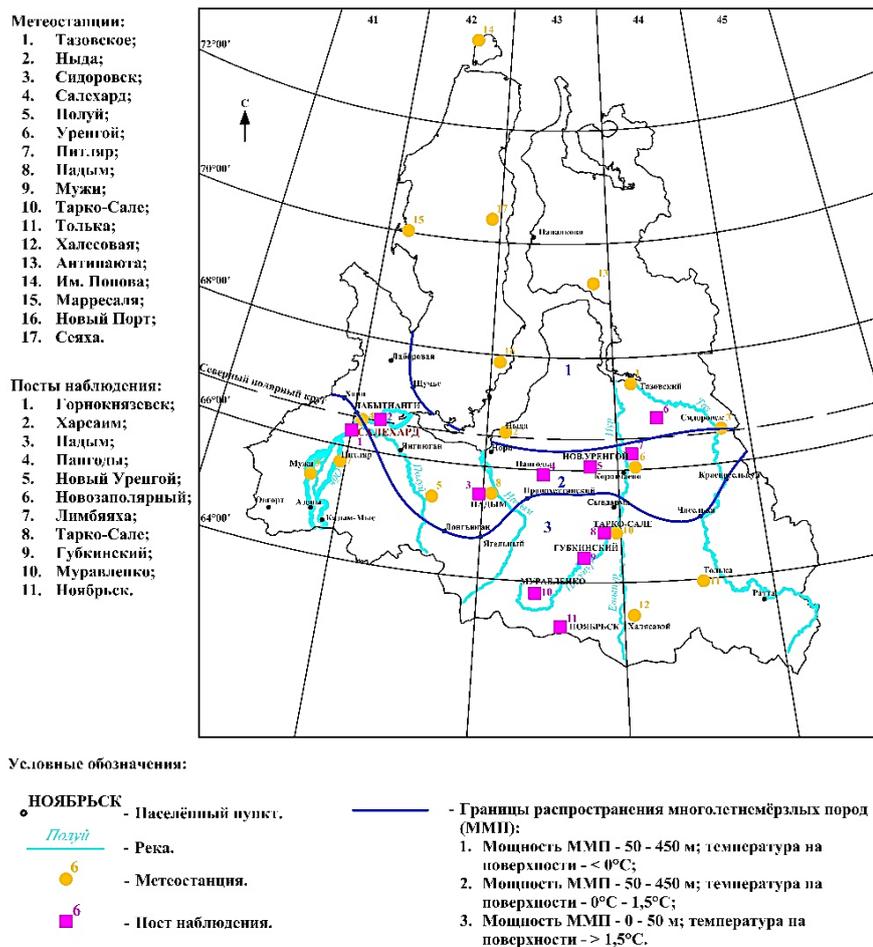


Рис. 4. Карта-схема ЯНАО с детализацией зонирования территории по распространению мерзлотных пород

Fig. 4. Map-scheme of the YNAO with detailed territory zoning by permafrost distribution

Представленная на рис. 5 карта-схема территории Ямало-Ненецкого автономного округа отражает детализацию дорожно-климатического районирования, полученную методом наложения [9] доминирующих признаков географического комплекса (см. рис. 2–4).

В заключение отметим, что детализация дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа направлена на обеспечение качества проектирования и строительства автомобильных дорог и требуемых межремонтных периодов в регионе. Для территории ЯНАО рекомендованы одна дорожно-климатическая зона (I), три подзоны (равнинный, холмистый и горный рельеф) и шесть дорожных районов (от 1 до 3 в зависимости от зоны и подзоны) (рис. 6).

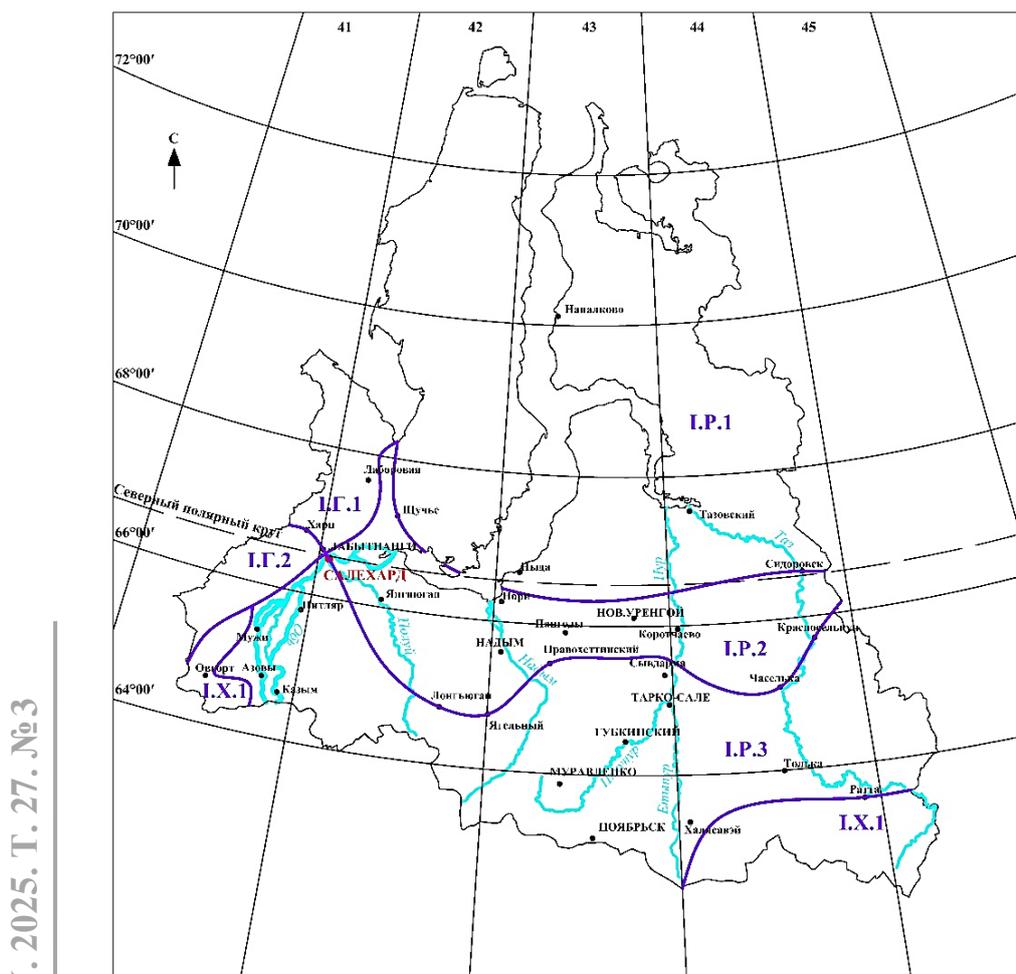


Рис. 6. Карта-схема дорожно-климатического районирования территории ЯНАО:
I – дорожно-климатическая зона; Р, Х, Г – подзоны по типам рельефа (равнинный, холмистый, горный); 1–3 – номера дорожных районов

Fig. 6. Map-scheme of road-building climatic zoning on the YNAO territory:
I – road-building climatic zone; R, X, G -- subzones by relief types (flat, hilly, mountainous); 1–3 – numbers of road districts

Перспективы дальнейших исследований предполагают конкретизацию признаков «дорожные подзоны; районы», назначение расчетных значений ха-

рактических преобладающих грунтов земляного полотна на территории выделенных при детализации дорожно-климатического зонирования таксонов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Энциклопедия Сибири*. URL: <https://encyclopediaofsiberia.tilda.ws/main> (дата обращения: 08.10.2024).
2. *Российская Федерация. Указы*. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года : Указ Президента РФ от 26.10.2022 г. № 645 // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/ (дата обращения: 10.09.2024).
3. *СП 34.13330.2021*. Автомобильные дороги / Минстрой России. Москва, 2021. 94 с.
4. *Золотарь И.А., Пузаков Н.А., Сиденко В.М.* Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Москва : Транспорт, 1971. 416 с.
5. *Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Баширова И.А.* Особенности формирования информационного банка данных для уточнения границ дорожно-климатических подзон на территории ЯНАО // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 150–159. DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-6-150-159. EDN: KSGVEB
6. *Ефименко С.В., Елисеенко М.М.* К уточнению схемы дорожно-климатического районирования территории Ямало-Ненецкого автономного округа // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1 (86). С. 94–103. EDN: BAVBSO
7. *Сиволап В.Е.* Полевые и лабораторные исследования грунтов земляного полотна автомобильных дорог ЯНАО // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XIX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 26–29 апреля 2022 г. Том 6. Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. С. 66–68. EDN: ZHBPGE
8. *Ефименко С.В., Черепанов Д.Н.* Методические аспекты регионального уточнения простираения линий границ дорожно-климатических зон // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 214–222. EDN: QGRZHD
9. *Ефименко С.В., Бадина М.В.* Дорожное районирование территории Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. 244 с. ISBN: 978-5-93057-613-9. EDN: TUKYDD
10. *Ефименко С.В., Ефименко В.Н., Бадина М.В., Афиногенов А.О.* Учёт особенностей распространения геокомплексов при территориальной организации дорожно-климатического районирования // Дороги и мосты. 2014. № 31. С. 42–52.
11. *Ефименко С.В.* Учёт территориальной однородности географических комплексов при проектировании автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 3 (50). С. 226–236. EDN: TVVOUJ
12. *Афиногенов О.П., Ефименко С.В., Афиногенов А.О.* Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог на основе дифференциации районирования. Кемерово : ООО «Офсет», 2015. 364 с.
13. *Бадина М.В., Ефименко В.Н., Ефименко С.В.* К обоснованию территориального распространения границы I–II дорожно-климатических зон в Западно-Сибирском регионе // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4 (41). С. 295–303.
14. *Васильев А.П., Яковлев Ю.М., Коганзон М.С.* Принципы прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог // Автомобильные дороги. 1993. № 1. С. 8–10.
15. *Ефименко В.Н., Вилисов В.П.* Анализ причин разрушения нежестких дорожных одежд в условиях Западной Сибири // Рациональные методы строительства и эксплуатации автомобильных дорог в условиях Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1983. С. 41–45.
16. *Сильянов В.В.* Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. Москва : Транспорт, 1984. 287 с.
17. *СП 313.1325800.2017*. Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства. Москва : Стандартинформ, 2018. 77 с.
18. *Большая Российская энциклопедия*. URL: <https://old.bigenc.ru/> (дата обращения: 08.10.2024).

REFERENCES

1. Entsiklopediya Sibiri. Available: <https://encyclopediaofsiberia.tilda.ws/main> (accessed October 8, 2024). (In Russian)
2. Decree N 645 of 26.10.2022 of the President of the Russian Federation “On the Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035”. Available: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/ (accessed September 10, 2024). (In Russian)
3. SP 34.13330.2021. Automobile roads. Moscow, 2021. 94 p. (In Russian)
4. Zolotar I.A., Puzakov N.A., Sidenko V.M. Water-Thermal Regime of Earth Bed and Roadways. Moscow: Transport, 1971. 416 p. (In Russian)
5. Efimenko V.N., Efimenko S.V., Bashirova I.A. Data Bank for Road-Building Climatic Zones in Yamalo-Nenets Autonomous District. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2022; 24 (6): 150–159. (In Russian)
6. Efimenko S.V., Eliseenko M.M. Towards Clarification of Road-Building Climatic Zoning in the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura*. 2022; 1 (86): 94–103. (In Russian)
7. Sivolap V.E. Field and Laboratory Studies of Soils of the Earth Bed of YNAO Highways. In: *Proc. 19th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development'*, 26–29 April. Vol. 6. Tomsk: TPU, 2022. Pp. 66–68. (In Russian)
8. Efimenko S.V., Cherepanov D.N. Methodological Aspects of Regional Road-Building Climatic Zone Boundaries. *Vestnik MGSU*. 2013; (6): 214–222. (In Russian)
9. Efimenko S.V., Badina M.V. Road Zoning of the Territory of Western Siberia. Tomsk: TSUAB, 2014. 244 p. (In Russian)
10. Efimenko S.V., Efimenko V.N., Badina M.V., Afinogenov A.O. Account for the Geocomplex Distribution at Territorial Organization of Road-Building Climatic Zones. *Dorogi i mosty*. 2014; (31): 42–52. (In Russian)
11. Efimenko S.V. Territorial Homogeneity of Geographic Complexes in Design of Automobile Roads. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015; 3 (50): 226–236. (In Russian)
12. Afinogenov O.P., Efimenko, S.V., Afinogenov A.O. Improvement of Highway Design Methods Based on Zoning Differentiation. Kemerovo: Ofset, 2015. 364 p. (In Russian)
13. Badina M.V., Efimenko V.N., Efimenko S.V. Rationale for Boundaries of Road Building Climatic Zones I–II in West Siberia. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013; 4 (41): 295–303. (In Russian)
14. Vasilev A.P., Yakovlev Yu.M., Koganzon M.S. Principles of Forecasting Transportation and Operational Conditions of Roads. *Avtomobilnye dorogi*. 1993; (1): 8–10. (In Russian)
15. Efimenko V.N., Vilisov V.P. Analysis of Failure of Non-Rigid Road Pavements in Western Siberia. In: *Rational Methods of Construction and Operation of Highways in Siberia*. Tomsk: TSU, 1983. Pp. 41–45. (In Russian)
16. Silyanov V.V. Transportation and Operational Qualities of Roads. Moscow: Transport, 1984. 287 p. (In Russian)
17. SP 313.1325800.2017 “Motor roads in permafrost areas. Design and construction rules”. Moscow: Standartinform, 2018. 77 p. (In Russian)
18. Big Russian Encyclopedia. Available: <https://old.bigenc.ru/> (accessed October 8, 2024). (In Russian)

Сведения об авторах

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

Гиллих Светлана Николаевна, заместитель директора департамента, начальник управления, Департамент транспорта и дорожного хозяйства Ямало-Ненецкого автономного округа, 629008, г. Салехард, ул. Зои Космодемьянской, 43, SNGillih@yanao.ru

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.

Authors Details

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

Svetlana N. Gillikh, Director Deputy, Department of Transport and Road Facilities of Yamalo-Nenets Autonomous District, 43, Zoi Kosmodemyanskoy Str., 629008, Salekhard, Yamalo-Nenets Autonomous District, Russia, SNGillikh@yanao.ru

Sergei 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.

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 05.03.2025
Одобрена после рецензирования 21.03.2025
Принята к публикации 21.04.2025

Submitted for publication 05.03.2025
Approved after review 21.03.2025
Accepted for publication 21.04.2025