

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И
ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ / DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AIRFIELDS,
BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS**

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1>

**УТОЧНЕНИЕ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КЫРГЫЗСТАН ДЛЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД**

Научная статья

Козуев М.Р.^{1,*}, Горячев М.Г.²

²ORCID : 0000-0001-5414-7110;

^{1,2}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (kozuevmarsel[at]gmail.com)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы учета климатических условий эксплуатации автомобильных дорог при проектировании конструкций дорожных одежд на примере Кыргызской Республики.

Главными признаками при определении нормативных границ дорожно-климатических зон Кыргызстана были приняты высота над уровнем моря и среднегодовая сумма осадков. Горный рельеф местности с выраженным перепадом высотных отметок местности и сокращение наблюдательной сети метеостанций ограничивают возможность правильного районирования территории.

Установлено, что с изменениями высотных отметок Кыргызская Республика характеризуется значительными изменениями показателей температуры и влажности. На основе анализа многолетних климатических данных выполнено деление территории Кыргызской Республики на климатические районы. Районирование основано на нескольких климатических параметрах: гидротермическом коэффициенте и показателе Эмбергера.

Ключевые слова: дорожно-климатическое районирование, дорожные одежды.

**SPECIFICATION OF ROAD-CLIMATIC ZONING OF THE REPUBLIC OF KYRGYZSTAN FOR ROAD
PAVEMENT DESIGN**

Research article

Kozuev M.R.^{1,*}, Goryachev M.G.²

²ORCID : 0000-0001-5414-7110;

^{1,2}Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (kozuevmarsel[at]gmail.com)

Abstract

The article examines the issues of taking into account climatic conditions of highways operation in the design of pavement structures on the example of the Kyrgyz Republic.

The main attributes in determining the normative boundaries of the road-climatic zones of Kyrgyzstan are altitude above sea level and average annual precipitation. Mountainous terrain with a marked difference in altitude and reduction of the observation network of meteorological stations limit the possibility of correct zoning of the territory.

It has been established that with changes in altitude, the Kyrgyz Republic is characterized by significant changes in temperature and humidity indicators. Based on the analysis of long-term climatic data, the territory of the Kyrgyz Republic was divided into climatic regions. The zoning is based on several climatic parameters: hydrothermal coefficient and Emberger's index.

Keywords: road-climatic zoning, road pavements.

Введение

Для территории Кыргызстана характерна выраженная вертикальная зональность. Территория Кыргызской Республики расположена в пределах двух горных систем. Северо-восточная ее часть, большая по площади, лежит в пределах Тянь-Шаня, юго-западная – в пределах Памиро-Алая. Климат Кыргызстана является континентальным с относительно небольшим количеством осадков. В году в среднем 247 солнечных дней. В низинах температура меняется от -4°...-6°С в январе до 16°...24°С в июле. В высокогорьях от -14°...-20°С в январе до 8°...12°С в июле. Для зимы характерны сильные снегопады. По схеме климатического районирования Кыргызстана на её территории выделяют 4 климатические области [1].

В действующем нормативе на проектирование автомобильных дорог СНиП КР 32-01:2004 [2] территория Кыргызстана делится на 4 дорожно-климатические зоны (II, III, IV, V) по таким признакам геокомплекса, как абсолютные высотные отметки зоны над уровнем моря и годовое количество осадков. Этого для проектирования дорожных одежд явно недостаточно.

Основная часть

В нормативах на проектирование дорожных одежд: ОДН 218.046-01 [3] и др. территория Кыргызской Республики отнесена исключительно к V-ой дорожно-климатической зоне. Констатируется рассогласование между нормативными

документами. При проектировании дорожных одежд проигнорирован разнообразный климат Кыргызской Республики, что обуславливает неточность в назначении расчётных параметров при проектировании дорожных одежд.

Дорожно-климатические зоны Республики Кыргызстан, согласно действующему нормативному документу на проектирование автомобильных дорог, показаны на рисунке 1.

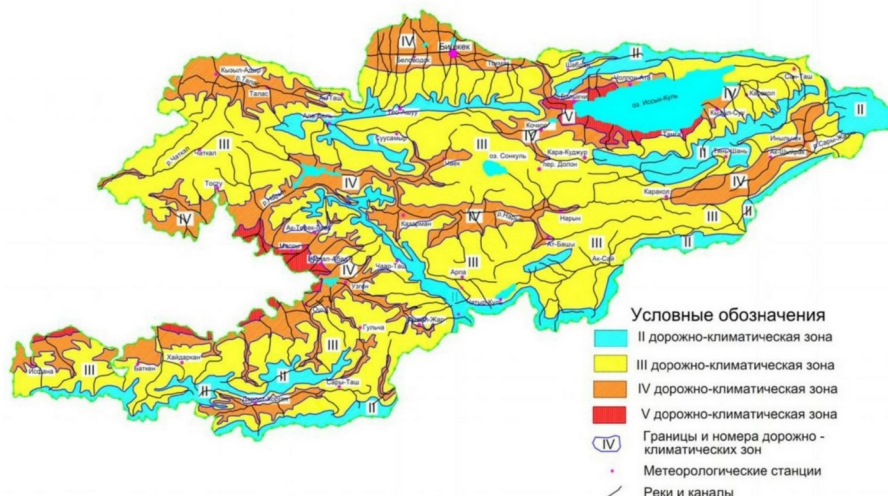


Рисунок 1 - Дорожно-климатическое районирование Кыргызской Республики (согласно СНиП КР 32-01:2004)

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.1>

Всю территорию Кыргызской Республики условно можно разделить на 4 климатические области: Северный и Северо-Западный Кыргызстан (ССЗК); Юго-Западный Кыргызстан (ЮЗК); Северо-Восточный Кыргызстан, в который входит Иссык-Кульская котловина (ИКК); Внутренний Тянь-Шань (ВТШ). По изменчивости основных метеорологических параметров, особенностям формирования температурного режима и вертикальной поясности на территории республики выделено 14 климатических районов. В основу районирования положено два основных климатических параметра – температурный режим и количество осадков. Температурный режим определяется по сумме положительных температур воздуха за период между датами устойчивого перехода средней суточной температуры через 10°C [1].

Обзор ранее проведённых исследований районирования различных территорий свидетельствует об актуальности и перспективах сужения границ районирования для повышения надёжности проектирования инженерных сооружений и конструкций [4], [5].

Существует несколько известных в научной литературе подходов районирования территорий, построенных на учёте тех или иных климатических параметров [6], [7], [8], [9].

В данной работе анализ климатических условий Кыргызской Республики проведен на основе метеорологических данных наблюдательной сети Кыргызгидромета [10], [11].

В среднем для всей территории Кыргызстана средняя годовая температура в XX веке в пересчёте на 100 лет возросла на 1,6°C, что значительно выше глобального потепления на 0,6°C [1]. При этом как по отдельным климатическим областям, так и станциям внутри областей, то есть высотным зонам, повышение температуры неодинаково.

В рамках программы по поддержанию и развитию сети автомобильных дорог Российской Федерации на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО МАДИ ведётся разработка альбомов типовых конструкций дорожных одежд для различных условий эксплуатации автомобильных дорог. На начальном этапе выполняется анализ особенностей природно-климатических условий рассматриваемой территории для более точного учёта важных условий эксплуатации дорожных одежд при их проектировании.

Например, была проведена оценка климатических факторов для Республики Удмуртии [9]. Оценка условий увлажнения территории выполнена с помощью гидротермического коэффициента (ГТК), предложенного в работах Селянинова Г. Т. Гидротермический коэффициент определяется по следующей формуле:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum r}{\sum t} * 10 \quad (1)$$

где $\sum r$ – сумма осадков за вегетационный период (мм);

$\sum t$ – сумма активных температур за тот же период (°C).

Классификация зон увлажнения по ГТК приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация зон увлажнения по ГТК Селянинова Г. Т.

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.2>

Показатель ГТК Селянинова Г. Т.	Характеристика района
---------------------------------	-----------------------

<0,4	Сухой
0,4...0,7	Очень засушливый
0,7...1,0	Засушливый
1,0...1,3	Слабо засушливый
1,3...1,6	Влажный

В последующем, на основе показателя Селянинова Г. Т. было выполнено уточнённое дорожно-климатическое районирование Республики Удмуртия.

Ввиду выраженной вертикальной зональности территории Кыргызстана для мест с малой или нулевой плотностью размещения метеостанций было принято решение провести линейно-регрессионный анализ зависимости ГТК Селянинова Г. Т. от высоты над уровнем моря (рис. 2). Значение коэффициента корреляции составило $r = 0,53$, что по шкале Чеддока интерпретируется как заметная степень статистической взаимосвязи. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 3,93 \cdot 10^{-4} \cdot x + 0,262 \quad (2)$$

где y – ГТК Селянинова Г. Т.;

x – высота над уровнем моря, м.

Чтобы определить характеристики районов с малой или нулевой плотностью размещения метеостанций, было использовано вышеуказанное уравнение регрессии. Для каждой характеристики района с известными значениями ГТК Селянинова Г. Т. рассчитаны диапазоны высотных отметок. В результате получено следующее: для территорий, расположенных на высоте более 2 600 м, территория района характеризуется как влажная, 1 900...2 600 м – слабо засушливая, 1 100...1 900 м – засушливая, 400...1 100 м – очень засушливая, менее 400 м – сухая.

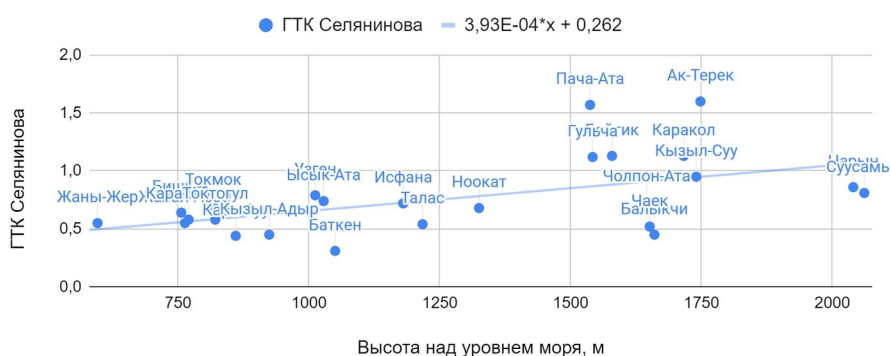


Рисунок 2 - Линейный парный регрессионный анализ зависимости ГТК Селянинова Г. Т. от высоты над уровнем моря
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.3>

Районирование по ГТК Селянинова Г. Т. (рис. 3) позволило разделить Кыргызстан на влажные места в высокогорных территориях, на слабо засушливые и засушливые места в низкогорьях, на очень засушливые территории, которые включают Ферганскую, Чуйскую и Таласскую долины. К сухим местам отнесена только территория города Баткен.



Рисунок 3 - Районирование территории Кыргызской республики по ГТК Селянинова Г. Т.
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.4>

Магистр из Сирийской Арабской Республики Арус Навар предложил для целей проектирования дорожных одежд провести районирование Сирии на основе показателя французского учёного Луи Эмбергера (Louis Emberger) – таблице 2.

Таблица 2 - Классификация зон увлажнения по показателю Эмбергера
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.5>

Показатель Эмбергера	Характеристика района
Более 90	Влажный
50...90	Полувлажный
30...50	Полусухой
Менее 30	Сухой

Показатель Эмбергера определяется по следующей формуле [8]:

$$Q = \frac{100 \cdot P}{2 \cdot \left(\frac{M+m}{2}\right) \cdot (M-m)} \quad (3)$$

где P – среднегодовое количество осадков, мм;

M – средняя максимальная температура самого тёплого месяца, °C;

m – средняя минимальная температура самого холодного месяца, °C.

Таким образом, предложенный метод основан на учёте двух главных параметров, определяющих водно-тепловой режим дорожных одежд, которыми являются температура воздуха и количество осадков.

Так же, как и в случае определения зависимости ГТК Селянинова Г. Т. от высоты над уровнем моря, было принято решение провести линейно-регрессионный анализ зависимости показателя Эмбергера от высоты над уровнем моря (рис. 4). Значение коэффициента корреляции составило $r = 0,58$, что по шкале Чеддока интерпретируется как заметная степень статистической взаимосвязи. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 0,0359 \cdot x + 3,19 \quad (4)$$

где y – показатель Эмбергера;

x – высота над уровнем моря, м.

Характеристики районов с малой или нулевой плотностью размещения метеостанций были определены с помощью вышеуказанного уравнения регрессии. Для каждой характеристики района с известными показателями Эмбергера рассчитаны диапазоны высотных отметок. В результате получено следующее: для территорий, расположенных на высоте более 2 400 м, назначена влажная характеристика района, 1 300...2 400 м – полувлажная, 700...1 300 м – полусухая, менее 700 м – сухая.

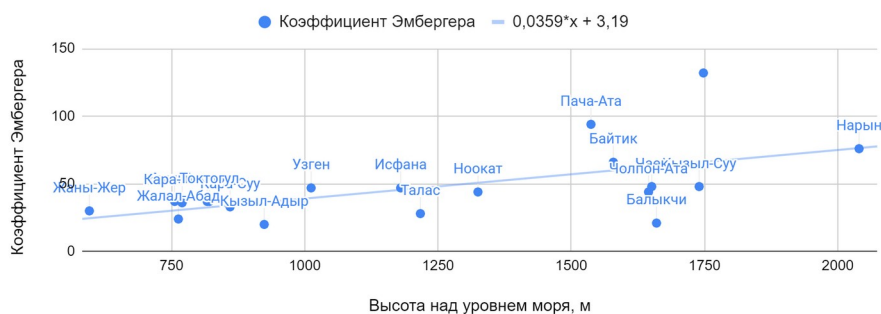


Рисунок 4 - Линейный парный регрессионный анализ зависимости коэффициента Эмбергера от высоты над уровнем моря

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.6>

Районирование по показателю Эмбергера (рис. 5) позволило районировать Кыргызстан на влажные места в высокогорных территориях, на полувлажные места в низкогорьях, на полусухие территории, которые включают Ферганскую, Чуйскую и Таласскую долины на высоте 600...1 700 м, на сухие места, к которым отнесены подгорные равнины Ферганской, Чуйской и Таласской долин.

Увлажнённость местности является общепринятым критерием выделения однородных территорий при дорожно-климатическом районировании. Увлажнённость местности можно выразить как через показатель Эмбергера, так и ГТК Селянинова Г. Т.

Чтобы определить возможность назначения расчетных характеристик по дорожно-климатическим зонам с известными показателями, предлагается сопоставить значения климатических параметров и параметров ГТК Селянинова Г. Т. для районов Кыргызской Республики и Российской Федерации.



Рисунок 5 - Районирование территории Кыргызской Республики по коэффициенту Эмбергера

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.7>

Степень увлажнения территорий является одним из доминантных критериев разделения территорий при дорожно-климатическом районировании, поскольку в зависимости от дорожно-климатических зон выполняют назначение расчётной влажности грунта земляного полотна при проектировании дорожных одежд. Районирование Кыргызстана по ГТК Селянинова Г. Т. и показателю Эмбергера показало, что основная площадь Кыргызстана относится к влажным местам. Сравнение действующего дорожно-климатического районирования с границами по показателям Селянинова Г. Т. и Эмбергера частичное. На территории с влажными местами располагаются II, III и IV ДКЗ [2]. Подобное расхождение, но уже в отношении иных условий увлажнённости, наблюдается и для других районов страны. Поэтому требуется дальнейшее уточнение границ дорожно-климатических зон Кыргызстана.

Заклучение

Существующие методы климатического районирования территорий показывают схожие результаты в определении природно-климатических условий районов Кыргызстана. Некоторые различия в результатах объясняется разным количеством характеристик районов в методиках районирования территорий. Так по ГТК Селянинова Г. Т. зоны делятся на 5 типов, а по показателю Эмбергера – на 4. Тем не менее близость полученных результатов свидетельствуют о корректности используемых подходов. Увлажненность территорий является одним из основных критериев дорожно-климатического районирования. Уточнение дорожно-климатического районирования Кыргызской Республики будет способствовать повышению достоверности и надёжности при проектировании дорожных одежд.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Нестеренко Г.А., Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.8>

Review

Nesterenko G.A., Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2024.47.1.8>

Список литературы / References

1. Шинко Ю. В. География Кыргызской Республики: Физическая география Кыргызской Республики / Ю. В. Шинко. — Бишкек : Издательство КРСУ, 2021. — 1 ч.
2. СНиП КР 32-01:2004. Проектирование автомобильных дорог. — Введ. 2004-05-17. — Бишкек : Госкомархстрой при Правительстве Кыргызской Республики, 2004. — 85 с.
3. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. — Введ. 2001-01-01. — Москва : Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства, 2001. — 148 с.
4. Расулов Т. А. Обоснование границ дорожно-климатических зон и расчетных характеристик крупнообломочных грунтов при проектировании дорожных одежд в условиях Республики Таджикистан : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Расулов Тоджиддин Абдуваххобович. — Москва, 2019. — 190 с.
5. Ефименко В. Н. Особенности дорожно-климатического районирования территории Юго-Западного Кыргызстана / В. Н. Ефименко, С. В. Ефименко, Э. М. Каримов и др. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2022. — 2. — С. 161–171.
6. Каримов Э. М. Зональные признаки и деление на дорожно-климатические районы территории Юго-Западного Кыргызстана / Э. М. Каримов // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство : материалы V Национальной научно-практической конференции. — Омск : Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2022. — С. 360–370.
7. Прибылов В. С. Дорожно-эксплуатационное районирование территории Западной Сибири по маркам битумного вяжущего PG x-y для целей дорожного строительства / В. С. Прибылов, Т. В. Семенова, С. А. Макарова // Качество. Технологии. Инновации : материалы IV Международной научно-практической конференции. — Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2021. — С. 356–362.
8. Васильев Ю. Э. Районирование территории Сирийской Арабской Республики / Ю. Э. Васильев, М. Г. Горячев, Н. Н. Арус // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2020. — 4. — С. 6–9.
9. Ушаков В. В. Учет природно-климатических условий эксплуатации автомобильных дорог для проектирования дорожных одежд / В. В. Ушаков, М. Г. Горячев, А. Н. Кудрявцев // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2022. — 3. — С. 68–73.
10. Официальный сайт «Кыргызгидромет». — URL: http://upload.meteo.kg/attachment/76_85_ee248cff39666405248f35762447d304.pdf (дата обращения: 01.03.2024).
11. Официальный сайт «rp5.ru». — URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 01.03.2024).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shinko Yu. V. Geografiya Kirgizskoi Respubliki [Geography of the Kyrgyz Republic] / Yu.V. Shinko. — Bishkek : Publishing House KRSU, 2021. — 1 vol. [in Russian]
2. SNiP KR 32-01:2004. Proektirovanie avtomobil'nyh dorog [Highway Design]. — Introduced 2004-05-17. — Bishkek : Goskomarkhstroy under the Government of the Kyrgyz Republic, 2004. — 85 p. [in Russian]
3. ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd [Design of Flexible Road Pavements]. — Introduced 2001-01-01. — Moscow : Ministry of Transport of the Russian Federation. State Road Service, 2001.— 148 p. [in Russian]
4. Rasulov T. A. Obosnovanie granits dorozhno-klimaticheskikh zon i raschetnyh harakteristik krupnooblomochnyh gruntov pri proektirovanii dorozhnyh odezhd v usloviyah Respubliki Tadjikistan [Substantiation of the Boundaries of Road-climatic Zones and the Calculated Characteristics of Coarse-grained Soils in the Design of Pavements in the Conditions of the Republic of Tajikistan] : dis....of PhD in Engineering: 05.23.11 / T. A. Rasulov. — Moscow : 2019. — 190 p. [in Russian]
5. Efimenko V. N. Osobennosti dorozhno-klimaticheskogo rajonirovanija territorii Jugo-Zapadnogo Kyrgyzstana [Road-building Climate Zoning of the Territory of South-west Kyrgyzstan] / V. N. Efimenko, S. V. Efimenko, E. M. Karimov et al. // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. — 2022. — 2. — P. 161–171. [in Russian]

6. Karimov E. M. Zonal'nye priznaki i delenie na dorozhno-klimaticheskie rajony territorii Jugo-Zapadnogo Kyrgyzstana [Zonal Features and Division into Road-climatic Regions of the Territory of South-Western Kyrgyzstan] / E. M. Karimov // *Obrazovaniye. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo* [Education. Transport. Innovations. Construction] : materials of the V National Scientific and Practical Conference. — Omsk : Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2022. — P. 360–370. [in Russian]
7. Pribylov V. S. Dorozhno-ekspluatatsionnoe rajonirovanie territorii Zapadnoj Sibiri po markam bitumnogo vjazhushchego PG x-y dlja tselej dorozhnogo stroitel'stva [Road Maintenance Zoning of the Territory of Western Siberia According to Grades of Bitumen Binder PG x-y for Road Construction Purposes] / V. S. Pribylov, T. V. Semenova, S. A. Makarova // *Kachestvo. Tekhnologii. Innovatsii* [Quality. Technologies. Innovations] : materials of the IV International Scientific and Practical Conference]. — Novosibirsk : Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2021. — P. 356–362. [in Russian]
8. Vasil'ev Ju. E. Rajonirovanie territorii Sirijskoj Arabskoj Respubliki [The Territory Zoning of the Syrian Arab Republic for Designing of Road Pavements] / Ju. E. Vasil'ev, M. G. Gorjachev, N. N. Arus // *Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli* [Science and Technology in the Road Sector]. — 2020. — 4. — P. 6–9. [in Russian]
9. Ushakov V. V. Uchet prirodno-klimaticheskikh uslovij ekspluatatsii avtomobil'nyh dorog dlja proektirovaniya dorozhnyh odezhd [Accounting for Natural and Climatic Conditions for the Operation of Roads for Road Design] / V. V. Ushakov, M. G. Gorjachev, A. N. Kudrjavitsev // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (MADI)* [Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)]. — 2022. — 3. — P. 68–73. [in Russian]
10. Oficial'nyj sajt «Kyrgyzgidromet» [Official website of «Kyrgyzgidromet»]. — URL: http://upload.meteo.kg/attachment/76_85_ee248cff39666405248f35762447d304.pdf (accessed: 01.03.2024). [in Russian]
11. Oficial'nyj sajt «rp5.ru» [Official website of «rp5.ru»]. — URL: <https://rp5.ru/> (accessed: 01.03.2024). [in Russian]