

ТЕНДЕНЦИИ ДИНАМИКИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ПРАВО-ЕГОРЛЫКСКОЙ ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

¹Дега Н.С., ²Марнополская Ю.Т.

¹*Карачаево-Черкесское региональное отделение ВОО Русского географического общества,
369202, Карачаевск, Россия*

²*ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, Ставрополь, Россия
e-mail: dega999@mail.ru*

В условиях глобального потепления и возрастающей значимости агропромышленного комплекса Ставропольского края, анализ климатических изменений на территории ключевых оросительных систем приобретает особую актуальность. Целью настоящей работы является выявление и анализ тенденций динамики основных климатических показателей на территории Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы (ПЕООС). В исследовании использованы мониторинговые данные метеостанций «Изобильный», «Красногвардейское» и «Дивное» с 1975 по 2024 гг. Установлено, что за исследуемый период произошло значимое потепление климата: среднегодовая температура воздуха повысилась на 2.5-2.6°C. В динамике осадков выявлена пространственная неоднородность – отмечается тенденция к их сокращению в степных и полупустынных ландшафтах системы (на 73-75 мм), в то время как в ландшафтах байрачных лесостепей их количество остается стабильным. Совокупность этих изменений свидетельствует об усилении аридности климата на большей части территории ПЕООС.

Ключевые слова: Право-Егорлыкская обводнительно-оросительная система, изменение климат, температура воздуха, атмосферные осадки, геоинформационные модели, аридность, Ставропольский край.

TRENDS OF CLIMATE DYNAMICS IN THE TERRITORY OF THE RIGHT-YEGORLYKSKAYA IRRIGATION SYSTEM

¹Dega N.S., ²Marnopolskaya Ju.T.

¹*Karachay-Cherkess regional office of the Russian geographical society,
369202, Karachayevsk, Russia*

²*North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Russia*

In the context of global warming and the increasing importance of the agro-industrial complex of the Stavropol Territory, the analysis of climatic changes in the territory of key irrigation systems is becoming especially relevant. The purpose of this work is to identify and analyze trends in the dynamics of the main climatic indicators on the territory of the Right-Yegorlyk irrigation system. The study used monitoring data from the Izobilny, Krasnogvardeyskoye and Divnoye meteorological stations from 1975 to 2024. It was established that significant climate warming occurred during the study period: the average annual air temperature increased by 2.5-2.6°C. In the dynamics of precipitation, spatial heterogeneity was revealed - there is a tendency to reduce them in the steppe and semi-desert landscapes of the system (by 73-75 mm), while in the landscapes of bayrach forest-steppes their number remains stable. The combination of these changes indicates an increase in climate aridity in most of the system.

Keywords: Pravo-Yegorlykskaya irrigation system, climate change, air temperature, precipitation, geoinformation models, aridity, Stavropol Territory.

Введение

Ставропольский край один из важнейших аграрных регионов России. Доля сельскохозяйственных земель края составляет 87% от общей площади, при этом они характеризуются высокой степенью распаханности [1]. Большая часть территории края является зоной рискованного земледелия [2]. Развитие земледелия в крае подтолкнуло к строительству оросительных каналов. Право-Егорлыкская обводнительно-оросительная система (ПЕООС) является составной частью Кубань-Егорлыкской обводнительной системы, охватывает пять районов северо-восточной части Ставропольского края, два района Ростовской области и два района Калмыкии. Право-Егорлыкский канал магистральный канал ПЕООС. Источником питания системы является река Кубань. Головное сооружение канала

расположено в зоне неустойчивого увлажнения на Новотроицком водохранилище. Далее трасса проходит по зонам неустойчивого увлажнения Труновского и Красногвардейского муниципальных округов, затем переходит в засушливую зону Ипатовского муниципального округа и наконец, в крайне засушливую – Апанасенковского муниципального округа (рис. 1). Сброс осуществляется в реку Калаус в районе города Ипатово. Протяженность канала составляет 123 км [3].

Почвенно-климатические условия ПЕООС имеют зональные особенности. Они представлены чернозёмной и каштановой почвенными зонами и характеризуются изменением климатических условий с запада на восток. На территории ПЕООС выделяют три природные зоны: умеренно-засушливая степь с карбонатными чернозёмами (южными

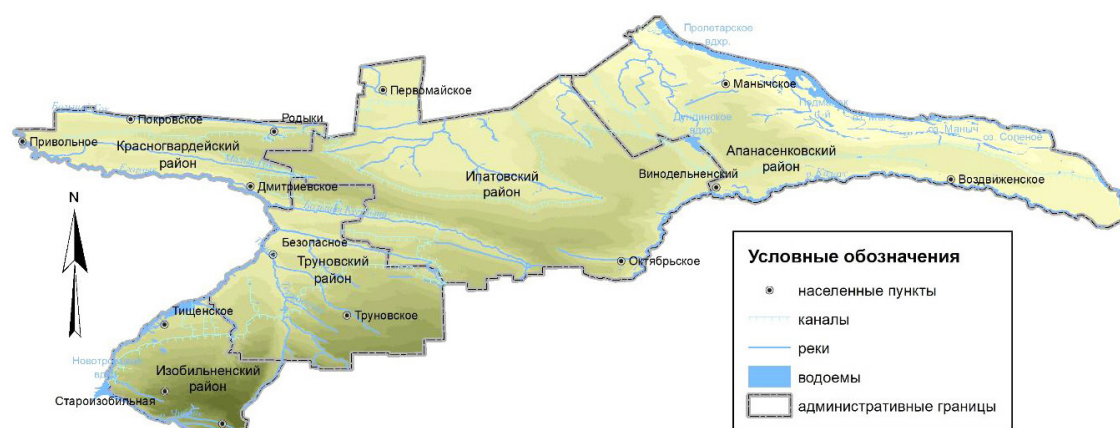


Рис. 1. Право-Егорлыкская обводнительно-оросительная система

и обыкновенными) – западная часть; сухая степь с темно-каштановыми и каштановыми почвами – центральная часть; полупустынная степь со светло-каштановыми почвами – восточная часть. Право-Егорлыкская обводнительно-оросительная система представлена тремя ландшафтными провинциями: степной, байрачных лесостепей и полупустынными ландшафтами Кумо-Манычской впадины [4].

В настоящее время отмечается глобальное потепление климата, которое в разных регионах имеет свои особенности. Так, анализ отклонений среднегодовой температуры воздуха по Ставропольскому краю от нормы показал её устойчивый рост. Начиная с 1998 г. по отдельным годам отклонение превышает $+1.5^{\circ}\text{C}$. Тренд годового количества осадков в среднем по территории края имеет восходящий характер и статистически достоверен; динамикой роста осадков 12 мм/10 лет [5-8].

Стратегическая важность Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы как инфраструктурной «артерии» для северо-востока края и сопредельных территорий, делает её уязвимой к колебаниям климата. Так, режим работы системы, объемы водоподачи, урожайность на орошаемых землях напрямую зависят от того сколько осадков выпадает и какова будет температура воздуха. Глобальное потепление климата приводит к усилению экстремальных событий. Короткие, но мощные ливни могут вызвать резкие паводки на реках. Таким образом, выявление и анализ современных климатических тенденций в зоне ПЕООС является необходимой научной основой для обеспечения устойчивого функционирования системы и продовольственной безопасности региона.

Цель исследования: выявить и проанализировать современные тенденции динамики климатических показателей на территории Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы.

Материал и методы исследования

В основу анализа были положены мониторинговые данные динамики основных метеорологических показателей трех метеостанций (м/с «Изо-

быльный», м/с «Красногвардейское», м/с «Дивное») Ставропольского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды филиал ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС».

В качестве исходных данных использованы сведения о среднемесячной температуре воздуха и годовым суммам осадков по трем метеостанциям. В программе Microsoft Excel вычислены средние многолетние значения температуры воздуха и атмосферных осадков, построены тренды тепло- влагообеспеченности.

Пространственный анализ и картографирование климатических изменений было выполнено в программе ArcGIS 10.5, с помощью модуля Spatial Analyst.

Основная часть

Согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации, в качестве нормы рекомендуется рассматривать не менее чем 30-летний период наблюдений за климатическими показателями [5]. Для выявления региональных особенностей изменения климата на территории Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы был рассмотрен период с 1975 по 2024 гг. на стационарных метеостанциях: м/с «Красногвардейское», м/с «Изобыльный», м/с «Дивное» (рис. 2).

Климат степных ландшафтов ПЕООС умеренно-континентальный с проявлениями засушливости. Его главные черты: резкое изменение климатических условий при движении с запада на восток, континентальность и засушливость. Зима здесь мягкая, но неустойчивая, лето жаркое и продолжительное. Годовое количество осадков уменьшается с запада на восток. На западе (умеренно-засушливая степь) осадков выпадает от 500 до 600 мм, в центральной части (сухая степь) 400-450 мм и на востоке (крайне засушливая степь) 400-350 мм и менее. Испаряемость значительно превышает количество осадков, особенно на востоке, что создает постоянный дефицит влаги [9-10]. В степных ландшафтах преобладают восточные и юго-восточные ветра, суховеи – характерное явление для региона.



Рис. 2. Ландшафтные провинции и ландшафты Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы

Для выявления особенностей климатической динамики в степной зоне ПЕООС были проанализированы сведения, полученные на метеостанции «Красногвардейское». На временном отрезке с 1975 по 2024 гг. по этим данным был рассчитан ряд среднегодовых температур, для которого был построен тренд, показывающий направление и интенсивность изменений (таблица 1).

Среднегодовая температура воздуха за исследуемый период повысилась на 2.5°C. Минимальные значения среднегодовых температур воздуха наблюдались в 1976 г. и 1993 г. (+8.9°C), а максимальные значения зарегистрированы в 2010 г. (+12.9°C) и 2024 г. (+13.2°C). На метеостанции «Красногвардейское» среднегодовое количество атмосферных осадков за многолетний период уменьшилось на 74.8 мм. Наименьшие годовые суммы осадков были зафиксированы в 1998 г. (411.4 мм) и в 2023 г. (357.0 мм).

В климатическом отношении байрачные лесостепи представляют собой переходную зону, где

климат становится более влажным, умеренным и контрастным, нежели в окружающих степных ландшафтах. Байрачные лесостепи приурочены к овражно-балочной системе, которая создает свой микроклимат. Северные склоны более прохладные, влажные, снег здесь тает медленнее. Южные, наоборот максимально прогреваются, климатические условия здесь ближе к засушливой степи. Днища балок защищены от ветра, здесь скапливается холодный воздух и влага от стока окружающих склонов. Для байрачных лесостепей характерны большая влажность и пониженная испаряемость из-за затененности на северных склонах и слабого ветра в днищах. Температурный режим более мягкий и стабильный. Склоны и изгибы балок являются естественными ветроломами, которые снижают скорость ветра.

Данные, полученные на метеостанции «Изобильный», легли в основу анализа динамики климата байрачных лесостепей. Средневзвешенные

Таблица 1

Изменение температуры воздуха и атмосферных осадков на метеостанциях, расположенных на территории Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы, за последние 38 лет

| Название метеостанции | Температура воздуха, °C | | | Осадки, мм/год | | |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Начальные показания тренда | Конечные показания тренда | Разница теплообеспеченности | Начальные показания тренда | Конечные показания тренда | Разница влагообеспеченности |
| Изобильный | 9.8 | 12.4 | +2.6 | 627.7 | 628.1 | +0.4 |
| Дивное | 9.6 | 12.1 | +2.5 | 476.7 | 403.8 | -72.9 |
| Красногвардейское | 9.8 | 12.3 | +2.5 | 592.0 | 517.2 | -74.8 |

значения температуры воздуха с 1975 по 2024 гг. имеют тенденцию увеличиваться, т.е. в слое подстилающей поверхности отмечается потепление климата. Среднегодовая температура воздуха увеличилась на 2.6 °C. Минимальные значения среднегодовой температуры воздуха зарегистрированы в 1980 г. (+8.5 °C), а максимальные в 2010 г. и 2024 г. (+13.3 °C). Анализ осадков за исследуемый период выявил высокую межгодовую изменчивость. В наиболее влажные годы (1998 г., 1992 г. и 2004 г.) годовые суммы осадков превышали 850 мм, в то время как в засушливые периоды опускались до отметки в 450 мм. Несмотря на эти колебания, общий тренд за период оказался слабо положительным, с общим увеличением на 0.4 мм.

Климат полупустынных ландшафтов Кумо-Манычской впадины можно охарактеризовать как резко континентальный, крайне засушливый. Резко-континентальный климат с максимальной для ПЕ-ООС аридностью является отличительной чертой этой территории. Подтверждением этому служат холодные, малоснежные зимы и жаркие, продолжительные летние месяцы, что формирует годовую амплитуду температур свыше 30°C. Увлажнение крайне недостаточное: годовое количество осадков достигает минимальных для края значений, а дефи-

цит влаги усугубляется тем, что испаряемость в 2-3 раза превышает их объем [11]. Влажность воздуха очень низкая, особенно летом. Преобладают восточные и северо-восточные ветра, приносящие сухой воздух из Прикаспийской полупустыни [12]. Часто можно наблюдать суховеи и пыльные бури.

М/с «Дивное» находится на границе восточной части степных ландшафтов и полупустынных ландшафтов Кумо-Манычской впадины Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы. Среднегодовая температура воздуха увеличилась на 2.5°C за исследуемый период. Минимальные значения среднегодовой температуры воздуха зарегистрированы в 1980 г. (+7.4°C), максимальные в 2024 г. (+13.0°C). Годовая сумма атмосферных осадков понизилась на 72.9 мм. Засушливые годы наблюдались в 2012 г., 2014 г., 2019 г. и 2024 г., суммы осадков в эти годы не превышали 340 мм. Самым влажным был 2002 г., годовое количество осадков составило 586.3 мм.

Средние многолетние температуры воздуха и суммы атмосферных осадков были обработаны в модуле «Геостатистический анализ» программы Arc GIS и построены геоинформационные модели тепло- и влагообеспеченности Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы (рис. 4).

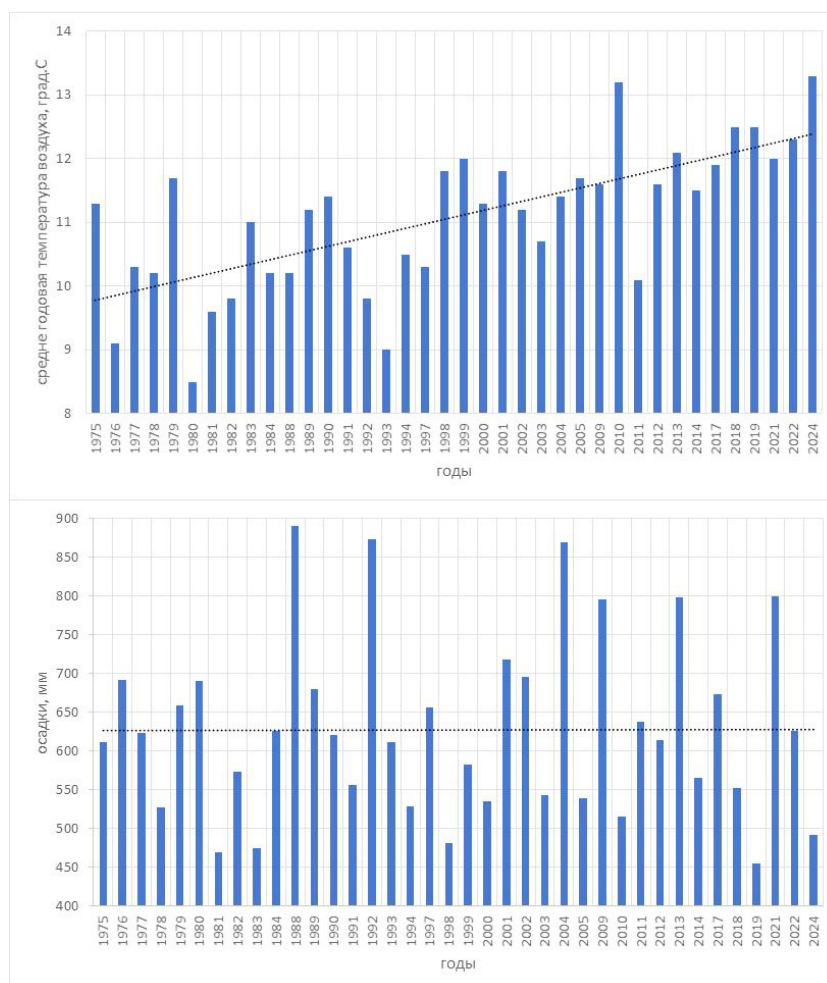


Рис. 3. Изменение тепло- и влагообеспеченности на м/с «Изобильный» в период с 1975 по 2024 гг.



Рис. 4. Карта влагообеспеченности Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы

Изотермы на территории ПЕООС изменяются с запада на восток от 11.1°C до 10.6°C. В степных ландшафтах байрачных лесостепей среднегодовая температура воздуха изменяется от 11.0°C до 10.9°C, в полупустынных ландшафтах Кумо-Манычской впадины понижается до 10.6. Количество атмосферных осадков по территории ПЕООС также изменяется с запада на восток. Максимально увлажнены ландшафты байрачных степей (630 мм/год), самые засушливые – полупустынные ландшафты – и влагообеспеченность здесь составляет менее 400 мм в год.

Заключение

Проведенный анализ многолетней динамики климатических показателей на территории Право-Егорлыкской обводнительно-оросительной системы за последние 30 лет позволил сделать следующие выводы:

1. На всех метеостанциях системы («Красногвардейское», «Изабильный», «Дивное») зафиксировано повышение среднегодовой температуры воздуха. Величина потепления составила от +2.5 до +2.6°C, что является существенным изменением для климатической нормы.

Список литературы

1. Антонов С.А., Каторгин И.Ю. Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. №3. С. 171-182. DOI 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182.
2. Бадахова Г.Х. Границы зон увлажнения территории Ставропольского края в условиях современного климата // Инновационная наука. 2022. №9-1. С. 80-84.
3. Марнопольская Ю.Т. Влияние оросительной системы и климатических факторов на уровень грунтовых вод (на примере Правоегорлыкского канала) // Успехи современного естествознания. 2025. №1. С. 12-16. DOI 10.17513/use.38364.
4. Шальнев В.А., Лиховид А.А., Диденко П.А. Современные ландшафты Ставропольского края. Ставрополь. 2002. 227 с.
5. Антонов С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №4(66). С. 43-46.
6. Айдаров И.П., Голованов А.И., Мамаев М.Г. Оросительные мелиорации. М.: Колос. 1982. 176 с.
7. Каплан Г.Л. Исследование современных изменений регионального климата и их влияния на ландшафты Ставропольского края // Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Ставрополь. 2010. 177 с.

8. Василенко М.П. Анализ региональных особенностей динамики климата Ставропольского края // Материалы 13-й конференции членов Русского географического общества: «Вопросы географии и краеведения». Ставрополь: Северо-Кавказский ФНАЦ. 2021. Вып. 13. С. 5-10.
9. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л., Кравченко Н.А. Вариации и тренды увлажнения степных ландшафтов Ставропольского края // «Естественные и технические науки». 2009. №4 (42). С. 247-252.
10. Бадахова Г.Х. Основные характеристики холодного периода в степных ландшафтах Ставропольского края // Академическая публицистика. 2023. №3-1. С. 194-201.
11. Марнопольская Ю.Т., Дега Н.С. Влияние орошения на мелиоративное состояние земель (на примере Правоегорлыкской обводнительно-оросительной системы) // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Наука. Практика. Человек». М.: Мир науки. 2025. С. 75-79.
12. Бадахова Г.Х., Баркова М.В., Каплан Г.Л. Особенности изменчивости регионального климата сухостепных ландшафтов Ставропольского края // Известия вузов Северного Кавказа. 2014. №2. С. 81-85.

References

1. Antonov S.A., Katargin I.Yu. Mapping the characteristics of climate change in the Stavropol Territory. *InterKarto. InterGIS*. 2021. V. 27. No. 3. Pp. 171-182. DOI 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182.
2. Badakhova G.Kh. Boundaries of zones of humidification of the territory of the Stavropol Territory in a modern climate. *Innovatsionnaya nauka*. 2022. No. 9-1. Pp. 80-84.
3. Marnopol'skaya Yu.T. The influence of the irrigation system and climatic factors on the groundwater level (on the example of the Right Gorlyk Canal). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2025. No. 1. Pp. 12-16. DOI 10.17513/use.38364.
4. Shal'nev V.A., Likhovid A.A., Didenko P.A. *Sovremennye landshafty Stavropol'skogo kraya* [Modern landscapes of the Stavropol Territory]. Stavropol. 2002. 227 p.
5. Antonov S.A. Climate change trends and their impact on agriculture in Stavropol Krai. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. No. 4(66). Pp. 43-46.
6. Aydarov I.P., Golovanov A.I., Mamaev M.G. *Orositel'nye melioratsii* [Irrigation reclamation]. Moscow: Kolos. 1982. 176 p.
7. Kaplan G.L. Study of modern changes in the regional climate and their impact on the landscapes of the Stavropol Territory. *Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geograficheskikh nauk*. Stavropol. 2010. 177 p.
8. Vasilenko M.P. *Analiz regional'nykh osobennostey dinamiki klimata Stavropol'skogo kraya* [Analysis of regional features of climate dynamics in Stavropol Krai]. Proceedings of the 13th Conference of Members of the Russian Geographical Society: «Problems of Geography and Regional Studies». Stavropol: North Caucasus Federal Scientific Research Center. 2021. Issue. 13. Pp. 5-10.
9. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L., Kravchenko N.A. Variations and trends in humidification of steppe landscapes of the Stavropol Territory. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2009. No. 4 (42). Pp. 247-252.
10. Badakhova G. Kh. The main characteristics of the cold period in the steppe landscapes of the Stavropol Territory. *Akademicheskaya publitsistika*. 2023. No. 3-1. Pp. 194-201.
11. Marnopol'skaya Yu.T., Deга N.S. *Vliyanie orosheniya na meliorativnoe sostoyanie zemel' (na primere Pravoegorlykskoy obvodnitel'no-orositel'noy sistemy)* [The impact of irrigation on land reclamation (on the example of the Right Gorlyk irrigation system)]. All-Russian scientific and practical conference with international participation «Science. Practice. Man». Moscow: Mir Nauki. 2025. Pp. 75-79.
12. Badakhova G.Kh., Barokova M.V., Kaplan G.L. Features of the variability of the regional climate of the dry steppe landscapes of the Stavropol Territory. *Izvestiya vuzov Severnogo Kavkaza*. 2014. No. 2. Pp. 81-85.

Сведения об авторах Принадлежность к организации

Дега Наталья Сергеевна

кандидат географических наук, доцент Карачаево-Черкесское региональное отделение ВОО Русского географического общества, 369202, Карачаевск, Россия

Марнопольская Юлия Тахиржановна

соискатель, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, Ставрополь, Россия

Information about authors Affiliations

Dega Natalia Sergeevna

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Karachay-Cherkess Regional Office of the Russian Geographical Society, 369202, Karachaevesk, Russia

Marnopolskaya Julia Takhirzhanovna

Applicant, North Caucasus Federal University, 355017, Stavropol, Russia

Поступила в редакцию 20.02.2026 г.