

**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ
ЛАНДШАФТОВ/PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, SOIL GEOGRAPHY AND LANDSCAPE
GEOCHEMISTRY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46>

ТРЕНДЫ ПОТЕПЛЕНИЯ И УВЛАЖНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ ПОС. ЧЕРТКОВО)

Научная статья

Назаренко О.В.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-8515-4241;

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (ovnazarenko[at]sfedu.ru)

Аннотация

Рассмотрены особенности изменений климатических условий в северной части Ростовской области на примере поселка Чертково. Цель исследования — выявление устойчивых тенденций в изменении климатических показателей (среднегодовых и сезонных температур, атмосферных осадков, снежного покрова). Выявлено значительное повышение температуры, наиболее выраженное в зимний период (от -10,4 °C до -3,1°C). Выявлено незначительное повышение годовой суммы осадков и смена влажных (1986–2005 гг.) периодов засушливыми (2007–2015 гг.). Отмечена неравномерность в выпадении осадков с преобладанием летних и снижением доли зимних. Снижение запасов воды в снеге может влиять на водный режим степных экосистем. Тренды согласуются с глобальным изменением климата: рост температур, смещение сезонности осадков, уменьшение снежного покрова.

Ключевые слова: климатические изменения, засушливая степь, температура, осадки, снежный покров, Ростовская область.

TRENDS IN WARMING AND MOISTURIZATION IN DRY STEPPE CONDITIONS (ON THE EXAMPLE OF THE CHERTKOVO VILLAGE)

Research article

Nazarenko O.V.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-8515-4241;

¹ Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (ovnazarenko[at]sfedu.ru)

Abstract

The study examines the specifics of climate change in the northern part of Rostov Oblast, using the village of Chertkovo as an example. The aim of the research is to identify sustainable tendencies in climate indicators (average annual and seasonal temperatures, precipitation, snow cover). A significant increase in temperature was identified, most significant in the winter period (from -10.4 °C to -3.1 °C). A slight increase in annual precipitation and a shift from wet periods (1986–2005) to dry periods (2007–2015) were identified. There was uneven precipitation, with a predominance of summer precipitation and a decrease in winter precipitation. The decrease in snow water reserves may affect the water regime of steppe ecosystems. The trends are consistent with global climate change: rising temperatures, shifting seasonal precipitation patterns, and decreasing snow cover.

Keywords: climate change, arid steppe, temperature, precipitation, snow cover, Rostov Oblast.

Введение

Незначительные колебания климата в засушливых регионах могут привести к серьезным последствиям как для природных экосистем, так и для хозяйственной деятельности человека [1], [3], [4], [5]. Юг Европейской части России характеризуется жарким летом и недостаточным увлажнением [6], [7], [9], [10], поэтому проблема оценки изменения климатических показателей становится очень острой для данных районов.

В настоящей работе изучаются особенности климатических условий в северной части Ростовской области на примере поселка Чертково. Основная цель исследования — выявление устойчивых тенденций в изменении климатических показателей (среднегодовых и сезонных температур, атмосферных осадков, снежного покрова). Данная работа дополняет информацию по изменению климата в засушливых зонах Юга России, где наблюдения часто фрагментарны, и может стать инструментом для принятия решений в аграрном секторе в условиях изменения климата.

Методы и принципы исследования

Изменение климатических условий рассматривается на примере поселка Чертково Ростовской области (49°23 с.ш., 40°10 в.д.), который расположен в условиях засушливой степи, высота местности 145 м. Он расположен на севере Ростовской области, где был основан в 1869 г. Метеорологические наблюдения на станции ведутся с 1924 г. [7], [8]. Район исследований представляет собой равнинно-возвышенный водораздельный ландшафт с овражно-балочным расчленением, умеренно-засушливой разнотравно-злаковой растительностью на обыкновенных черноземах.

Анализ изменений климатических характеристик выполнен на основе архивных данных ВНИИГМИ-МЦД [11], [12]. Были использованы суточные и средние месячные данные наблюдений за температурой воздуха и осадками, высотой снежного покрова, запасами воды в снеге за период с 1966 по 2024 гг. Проведен статистический анализ климатических данных, для этого определялось наличие трендов метеорологических характеристик за весь имеющийся период наблюдений, величина изменений показателей. Средние температуры за месяц, год, сезоны, полугодия рассчитаны из среднесуточной. За теплый период рассматривается период с апреля по октябрь, холодный — с ноября по март. Кроме того, анализ велся по основным сезонам года.

Основные результаты и обсуждение

Анализ динамики температуры воздуха показывает, что наблюдается значительное нарастание и увеличение амплитуды годовых значений (рис. 1). Сравнение периодов 1966–2020 и 2001–2020 гг. показывает увеличение среднегодовой температуры на 0,8°C (табл. 1) [7], [8], [9].

Таблица 1 - Среднемесячная температура воздуха и количество осадков по м/ст Чертково

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46.1>

| Сроки наблюдений | Температура, °C | Температура, °C | Температура, °C | Осадки, мм | Осадки, мм | Осадки, мм |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|
| | год | январь | июль | год | XI-III | IV-X |
| 1966-2020 | 8,0 | -6,4 | 21,9 | 529 | 222 | 314 |
| 2001-2020 | 8,8 | -5,2 | 22,8 | 551 | 221 | 338 |
| 1971-1980 | 7,4 | -9,0 | 20,9 | 546 | 216 | 329 |
| 1981-1990 | 7,4 | -5,6 | 21,4 | 507 | 232 | 276 |
| 1991-2000 | 7,7 | -5,6 | 21,8 | 539 | 208 | 331 |
| 2001-2010 | 8,6 | -5,0 | 22,7 | 590 | 233 | 358 |
| 2011-2020 | 9,0 | -5,4 | 22,9 | 512 | 209 | 304 |

Фиксируется устойчивый тренд повышения температуры воздуха с 1998 г., когда она устойчиво превышала средние значения (8°C) за период 1966 – 2020 гг. Отмечается также уменьшение амплитуды колебания среднегодовой температуры воздуха. Исключения составили 2003 (7,0°C), 2006 (7,9°C) и 2011 (7,7°C) гг., когда среднегодовая температура воздуха была ниже среднееголетних значений. Анализ среднегодовой температуры воздуха позволил выявить аномальные по температуре года. Самым холодным годом за период 1941 – 2023 гг. были 1945 г. (4,7°C), 1987 г. (4,9°C) и 1956 г. (5,2°C). Самыми теплыми — 1979 г. (10,1°C), 2020 г. (10,0°C) и 2010 г. (9,9°C). Отмечается положительный тренд в изменении температуры воздуха (рис.1).

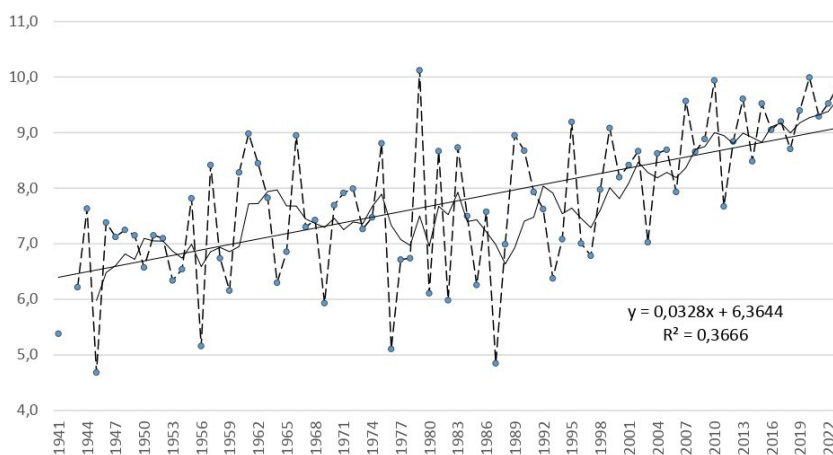


Рисунок 1 - Изменение температуры по данным м/ст Чертково

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46.2>

Примечание: 1941–2023

Отмечается значительный рост температуры в холодный период (от -6,7°C до 0,1°C) и незначительный положительный тренд в теплый период (от 15,4°C до 16,8°C). Самым холодным было десятилетие 1941–1950 гг. (6,6°C), а самым теплым — 2011–2020 гг. (9,0°C).

Отмечается повышение температур во все сезоны года: средняя температура в зимний период увеличивается с -10,4 до -3,1°C, в летний период — с 19 до 21,5°C, весенний и осенний сезон характеризуются аналогичными подъемами с 5,9 и 3,9°C до 10,6°C. Рост годовой температуры воздуха связан, главным образом с большим прогреванием атмосферы зимой.

Наиболее теплым в ряду наблюдений стало текущее столетие. Превышение средней годовой температуры воздуха над средним многолетним значением в этот период составил 0,2 – 2°C, исключением стали 2003, 2011 и 2006 гг., когда температура была ниже на 0,1–1°C.

Годовой ход температуры воздуха четко выражен (рис.1). Минимальные средние месячные температуры отмечаются зимой (в январе) и достигают -6,4°C. К маю температура постепенно увеличивается, достигая максимума в июле — августе и составляет 22,8 – 22,1°C. Далее идет постепенное снижение температуры.

Средние температуры января варьировали значительно от -16,1°C (1972 г.) до 1,1°C (2007 г.). Период с 1941 по 1950 гг. является самым холодным в данной выборке. Средняя температура июля изменялась от 17,8°C (1976 г.) до 26,4°C (2010 г.). С 2002 по 2008 гг. отмечается понижение июльской температуры с 2,4°C до 21,7°C, далее устойчивое повышение. С 2008 по 2023 гг. фиксировались температуры июля превышающие многолетние данные на 0,2-3,3°C, за исключением 2019 г., когда была зафиксирована температура ниже на 0,8°C среднемноголетней.

Для степных районов важную роль играет увлажнение территории. Неравномерность выпадения осадков в течение года характеризует период наблюдений 1966 – 2023 гг. (рис.2). Для данной метеостанции сохраняется сложный характер распределения осадков. Минимальное количество осадков было зафиксировано в 1975 г. и оно составило 313 мм. Максимальное — 822 мм (2001 г.). Колебания месячных сумм осадков достаточно велико: от их отсутствия (август 1986 г., сентябрь 1998 г., май 2003 г.) до 179 мм (июнь 1977 г.). Наблюдается период постепенного увеличения количества осадков с 1986 по 2005 гг., за которым последовало значительное их уменьшение до 2007 г. С 2006 по 2015 гг. отмечается период пониженного увлажнения, когда количество осадков было ниже средних многолетних данных. Анализ сумм осадков за период 1966 по 2023 гг. показал, что в 55% случаев отмечался уровень увлажнения ниже средних многолетних данных.

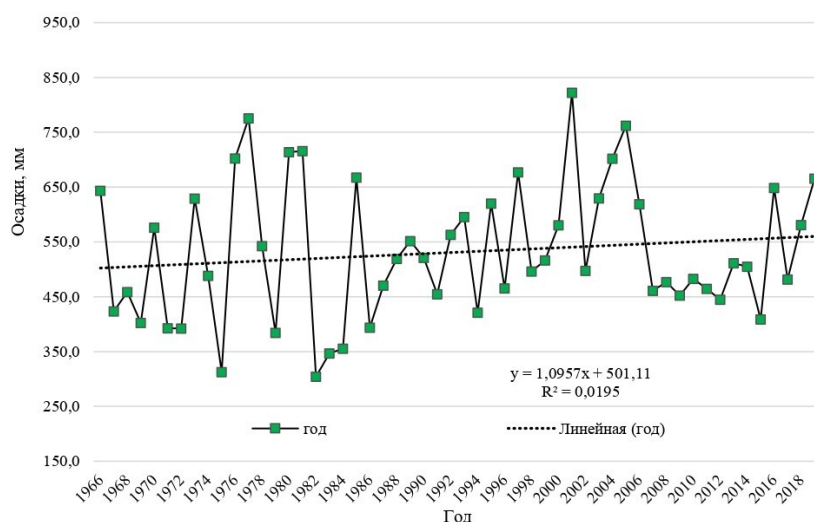


Рисунок 2 - Распределение сумм осадков по м/ст Чертково
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46.3>

Примечание: 1966–2023 гг

Летний максимум осадков характерен для континентального типа их годового распределения (табл.2). Преобладают осадки теплого сезона от 50,3 (1961–1970 гг.) до 61,5% (1991–2000 гг.). Наименьшая доля осадков по средним многолетним данным приходится на весну 22%, наибольшая — лето (29%). Осадки, выпадающие в теплый период, варьировали от 16 до 27%. Наибольшее количество осадков в весенний период пришлось на 2011 – 2020 гг. Отмечается существенное уменьшение осадков в зимний период с 33 до 27%. Выделяется период с 1991 – 2010 гг., когда доля осадков летнего периода увеличилась до 30%.

Таблица 2 - Доля осадков в % от годовой суммы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46.4>

| Период | Холодный сезон | Теплый сезон | Весна | Лето | Осень | Зима |
|-----------|----------------|--------------|-------|------|-------|------|
| 1961-1970 | 49,7 | 50,3 | 16,3 | 25,4 | 25,0 | 33,3 |
| 1971-1980 | 39,6 | 60,4 | 22,1 | 29,3 | 24,8 | 23,8 |
| 1981-1990 | 45,7 | 54,3 | 19,5 | 26,5 | 25,6 | 28,5 |
| 1991-2000 | 38,5 | 61,5 | 23,1 | 30,2 | 22,2 | 24,4 |
| 2001-2010 | 39,4 | 60,6 | 17,6 | 30,0 | 27,9 | 24,5 |
| 2011-2020 | 40,7 | 59,3 | 27,1 | 26,7 | 19,1 | 27,2 |
| 1966-2020 | 41,9 | 59,4 | 21,7 | 28,7 | 24,4 | 26,6 |
| 2001-2020 | 40,0 | 61,3 | 22,0 | 28,5 | 23,8 | 25,7 |

Преобладают осадки в жидком виде, которые выпадают весь год, включая зимние месяцы. Максимальное число дней со снегом зафиксировано в 1988 г. и составило 134 дня, 1994 г. — 130 дней (рис.3, табл.3). Минимальное количество дней пришлось на 1972 г. (25 дней). Среднее число дней со снегом составляет 81. Наибольшее количество дней со снегом приходится на январь (24) и февраль (21), минимальное — ноябрь (5).

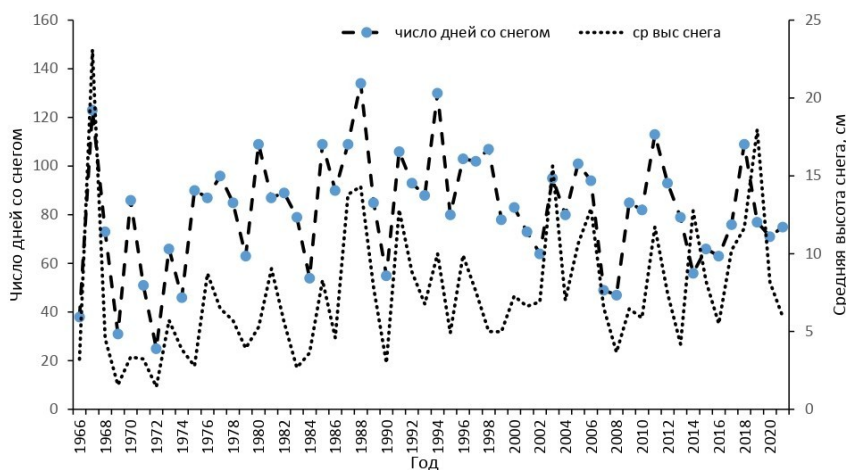


Рисунок 3 - Число дней со снегом и его средняя высота

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46.5>

Распределение снежного покрова в многолетнем разрезе неравномерно. Средняя высота снежного покрова составляет 7,5 см. Минимальная высота зафиксирована в ноябре (3,2 см), максимальная — 10,3 см. Самая большая мощность снежного покрова была отмечена в 1967 (23 см), 2019 (18 см), 2003 (16 см). Зима 1967 г. была продолжительной и снежной. Устойчивый снежный покров сформировался 6 декабря 1966 г. и пролежал до первых чисел апреля 1967 г. Мощность снежного покрова варьировала от 7,3 см до 45 см.

Корреляция между числом дней со снегом и температурой составила 0,93, высота снежного покрова и температура 0,81.

Таблица 3 - Характеристика снежного покрова в аномальные годы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.46.6>

| Год | Средняя высота, см | Число дней со снегом |
|------|--------------------|----------------------|
| 1967 | 23 | 127 |
| 1988 | 14,3 | 134 |
| 1972 | 1,4 | 25 |
| 1968 | 4,5 | 73 |
| 2019 | 18 | 77 |

Анализ многолетних данных по изменению плотности снега и запасы воды в нем за период с 1966 по 2024 гг. показывает, что идет значительное снижение плотности снега за указанный период и тенденция к снижению запасов воды в снеге.

Максимальные значения плотности снега зафиксирована в 1966 и 1989 (0,37 г/см³), 1967 и 1973 (0,36 г/см³), минимальные значения — 2008 (0,1 г/см³). Анализ изменения плотности снега по десятилетиям показывает, что в период с 1971–1980 и 1981–1990 гг. январь отличался достаточно высокой плотностью снега, которая составила 0,26 и 0,27 г/см³ соответственно. Далее отмечается снижение значений и минимальные зафиксированы в 2001–2010 гг. В феврале плотность снега повышается и достигает максимальных значений в марте 0,32–0,37 г/см³. Наименьшая плотность снега отмечается в ноябре – декабре и составляла 0,14 (1991–2000 гг.) — 0,23 (1981–1990 гг.) г/см³.

Запасы воды в снеге значительно изменяются в течение года. Минимальные значения отмечаются в ноябре (16,9 мм), достигая максимальных в марте (48,2 мм). Максимальный запас воды в снеге отмечался Среднее многолетнее значение составляет 30,7 мм. Наименьшее значение отмечалось в период 1991–2000 гг. и составило 23 мм, а максимальное — 2001 – 2010 гг. (33,6 мм).

Данные, полученные в результате исследований, коррелируют с обзорами погодно-климатических особенностей, наблюдавшихся в северном полушарии в 2001 – 2025 гг.

Отмечается значительная положительная тенденция в изменении температуры воздуха. Наиболее выраженный рост температуры наблюдается в 2000-х гг., с максимальными значениями в 2020 г.

Заключение

В результате исследований изменений климатических показателей в поселке Чертково за период с 1941 по 2023 гг. были выявлены устойчивые тенденции изменения характеристик в условиях засушливой степи. Установлена значительная тенденция к потеплению, что особенно ярко проявляется в зимний период. Отмечается рост зимней температуры от -10,4°C в начале периода наблюдения до -3,1°C. Изменение температур в летний период носит менее интенсивный характер.

Трансформация осадков отличается меньшей выраженностью. Отмечается незначительное увеличение в летний период и сокращение — в зимний. Сократилась продолжительность залегания снега с 81 дня до 60–70 дней и запасы воды в снеге, что, в свою очередь, влияет на снижение увлажнения почвы. Повышение температуры при незначительном увеличении испаряемости и ранее наступление весны может привести к нарастанию аридизации ландшафтов и потребовать пересмотра систем орошения в сельском хозяйстве, а также спровоцировать рост экстремальных погодных явлений.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Асварова Т.А. Влияние климатических показателей на состояние растительного покрова Терско-Кумской низменности в условиях аридизации. / Т.А. Асварова, Г.Н. Гасанов, Р.З. Усманов и др. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2025. — № 1. — С. 58–66. — DOI: 10.18522/1026-2237-2025-1-58-66
2. Шабанов П.А. Межгодовые изменения событий очень сильных осадков на Европейской части России. / П.А. Шабанов, Т.А. Матвеева, М.Ю. Маркина // Фундаментальная и прикладная климатология. — 2017. — № 4. — С. 106–123. — DOI: 10.21513/2410-8758-2017-4-106-123
3. Богданова Э.Г. Изменение числа дней с сильными осадками на территории России за период 1936–2000 гг. / Э.Г. Богданова, С.Ю. Гаврилова, Б.М. Ильин // Метеорология и гидрология. — 2010. — № 5. — С. 75–82.
4. Золина О.Г. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России. / О.Г. Золина, О.Н. Булыгина // Фундаментальная и прикладная климатология. — 2016. — № 1. — С. 84–103. — DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-84-103

5. Ергина Е.И. Климатические и палеоклиматические факторы почвообразования на территории Крымского полуострова. / Е.И. Ергина, Е.А. Артемова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2024. — № 3. — С. 54–62. — DOI: 10.18522/1026-2237-2024-3-54-62
6. Золотокрылин А.Н. Аридизация засушливых земель Европейской части России и связь с засухами. / А.Н. Золотокрылин, Е.А. Черенкова, Т.Б. Титкова // Известия российской академии наук. серия географическая. — 2020. — № 2. — С. 207–217. — DOI: 10.31857/S258755662002017X
7. Назаренко О.В. Изменение некоторых метеорологических показателей в условиях засушливой степи. / О.В. Назаренко // Известия высших учебных заведений. северо-кавказский регион. серия: естественные науки. — 2019. — № 4. — С. 84–90. — DOI: 10.23683/0321-3005-2019-4-84-90
8. Назаренко О.В. Изменение некоторых метеорологических показателей в бассейне Азовского моря. / О.В. Назаренко // Известия высших учебных заведений. северо-кавказский регион. серия: естественные науки. — 2020. — № 1. — С. 62–70. — DOI: 10.18522/1026-2237-2020-1-62-70
9. Назаренко О.В. Изменение увлажнения в Ростовской области за период 1966–2019 годов. / О.В. Назаренко // Известия высших учебных заведений. северо-кавказский регион. серия: естественные науки. — 2022. — № 4-2. — С. 45–52. — DOI: 10.18522/1026-2237-2022-4-2-45-52
10. Шумова Н.А./ Анализ климатических условий в Республике Калмыкии за 1966–2017 гг.. / Н.А./ Шумова // Аридные экосистемы. — 2020. — № 3. — С. 23–29.
11. Булыгина О.Н. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Н.Н. Коршунова [и др.]. — URL: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения: 10.06.2025)
12. Булыгина О.Н. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Л.Т. Трофименко [и др.]. — URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения: 10.06.2025).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Asvarova T.A. Vliyanie klimaticheskix pokazatelej na sostoyanie rastitel'nogo pokrova Tersko-Kumskoj nizmennosti v usloviyax aridizacii [The influence of climatic indicators on the state of the vegetation cover of the terek-kuma lowland under conditions of aridization]. / T.A. Asvarova, G.N. Gasanov, R.Z. Usmanov et al. // Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science. — 2025. — № 1. — P. 58–66. — DOI: 10.18522/1026-2237-2025-1-58-66 [in Russian]
2. Shabanov P.A. Mezhhodovye izmeneniya soby'tij ochen' sil'ny'x osadkov na Evropejskoj chasti Rossii [Interannual changes in very heavy precipitation events in the European part of Russia]. / P.A. Shabanov, T.A. Matveeva, M.Yu. Markina // Fundamental and Applied Climatology. — 2017. — № 4. — P. 106–123. — DOI: 10.21513/2410-8758-2017-4-106-123 [in Russian]
3. Bogdanova E'.G. Izmenenie chisla dnei s sil'ny'mi osadkami na territorii Rossii za period 1936–2000 gg. [Changes in the number of days with heavy precipitation in Russia during the period 1936–2000]. / E'.G. Bogdanova, S.Yu. Gavrilova, B.M. Il'in // Meteorology and hydrology. — 2010. — № 5. — P. 75–82. [in Russian]
4. Zolina O.G. Sovremennaya klimaticheskaya izmenchivost' xarakteristik e'kstremal'ny'x osadkov v Rossii [Current climatic variability of extreme precipitation characteristics in Russia]. / O.G. Zolina, O.N. Bulygina // Fundamental and Applied Climatology. — 2016. — № 1. — P. 84–103. — DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-84-103 [in Russian]
5. Ergina E.I. Klimaticheskie i paleoklimaticheskie faktory' pochvoobrazovaniya na territorii Kry'mskogo poluostrova [Climatic and paleoclimatic factors of soil formation in the territory of the crimean peninsula]. / E.I. Ergina, E.A. Artemova // Proceedings of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science. — 2024. — № 3. — P. 54–62. — DOI: 10.18522/1026-2237-2024-3-54-62 [in Russian]
6. Zolotokry'lin A.N. Aridizaciya zasushlivi'x zemel' Evropejskoj chasti Rossii i svyaz' s zasuxami [Aridization of drylands in the european part of russia: secular trends and links to droughts]. / A.N. Zolotokry'lin, E.A. Cherenkova, T.B. Titkova // Proceedings of the russian academy of sciences. geographical series. — 2020. — № 2. — P. 207–217. — DOI: 10.31857/S258755662002017X [in Russian]
7. Nazarenko O.V. Izmenenie nekotory'x meteorologicheskix pokazatelej v usloviyax zasushlivoj stepi [Variability of some meteorological parameters in the arid steppe]. / O.V. Nazarenko // Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences. — 2019. — № 4. — P. 84–90. — DOI: 10.23683/0321-3005-2019-4-84-90 [in Russian]
8. Nazarenko O.V. Izmenenie nekotory'x meteorologicheskix pokazatelej v bassejne Azovskogo morya [Variability of some meteorological parameters in the basin of azov sea]. / O.V. Nazarenko // Proceedings of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science. — 2020. — № 1. — P. 62–70. — DOI: 10.18522/1026-2237-2020-1-62-70 [in Russian]
9. Nazarenko O.V. Izmenenie uvlazhneniya v Rostovskoj oblasti za period 1966–2019 godov [Moisture changes in the rostov region in 1966–2019]. / O.V. Nazarenko // Proceedings of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Sciences. — 2022. — № 4-2. — P. 45–52. — DOI: 10.18522/1026-2237-2022-4-2-45-52 [in Russian]
10. Shumova N.A./ Analiz klimaticheskix uslovij v Respublike Kalmyk'ii za 1966–2017 gg. [Analysis of climatic conditions in the Republic of Kalmykia for 1966–2017]. / N.A./ Shumova // Arid ecosystems. — 2020. — № 3. — P. 23–29. [in Russian]
11. Bulygina O.N. Opisanie massiva dannyh mesyachnyh summ osadkov na stanciyah Rossii [Description of the monthly precipitation data array at Russian stations]: certificate of state registration of the database No. 2015620394 / O.N. Bulygina,

V.N. Razuvaev, N.N. Korshunova [et al.]. — URL: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (accessed: 06/10/2025) [in Russian]

12. Bulygina O.N. Opisanie massiva dannyh srednemesyachnoj temperatury vozduha na stanciyah Rossii [Description of the array of monthly average air temperature data at Russian stations]: certificate of state registration of the database No. 2014621485 / O.N. Bulygina, V.N. Razuvaev, L.T. Trofimenko [et al.]. — URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (accessed: 10.06.2025). [in Russian]