УДК 631.436; 910.3; 551.4.022
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-2-0-5
EDN BJLLFY

Влияние выпаса на температурный режим почв Терско-Кумского междуречья

[1]Пинской В.Н., [2]Атаев З.В., [3]Идрисов И.А., [1]Борисов А.В.
[1]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Россия, 142290, г. Пущино, ул. Институтская, 2а,
[2]Дагестанский государственный университет,
Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43а
[3]Институт геологии Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН
Россия, 367010, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75
pinskoy@inbox.ru

Аннотация. Исследовано влияние различной интенсивности выпаса на температурный режим почв Терско-Кумского междуречья. Изучали годовой ход температур на глубинах 7 и 18 см в каштановых почвах, солонцах и почвах пастбищных бедлендов (абраземах солонцовых). Установлено, что интенсивный выпас и скотопрогон приводят к более глубокому зимнему промерзанию почв по сравнению с территориями с умеренной пастбищной нагрузкой. Причиной этого являются высокая плотность, более тяжелый гранулометрический состав и более высокая влагоудерживающая способность почв в условиях перевыпаса, обусловленные развитием солонцового процесса. Летом на участках с перевыпасом наблюдаются снижение температур и уменьшение их суточной амплитуды вследствие увеличения альбедо верхнего горизонта солонцов и в результате формирования осветленной корочки из опесчаненного материала на поверхности почв пастбищных бедлендов. В зоне умеренного выпаса для каштановых почв характерны отсутствие промерзания и более высокие летние температуры, что объясняется интенсивным десукционным иссушением и меньшим альбедо каштановых почв при относительно низком проективном покрытии. При дальнейшем усилении пастбищной нагрузки в пустынно-степной зоне Терско-Кумского междуречья будет происходить общее снижение температуры почв и их переход из фации непромерзающих в фацию кратковременно промерзающих почв.

Ключевые слова: температура почв, солонцы, выпас, эрозия, каштановые почвы

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-20040 «Пространственно-временная изменчивость приморских природных и антропогенных ландшафтов Дагестана под влиянием современных климатических изменений и колебаний уровенного режима Каспийского моря», http: //rscf.ru/project/25-17-20040/».

Для цитирования: Пинской В.Н., Атаев З.В., Идрисов И.А., Борисов А.В. 2026. Влияние выпаса на температурный режим почв Терско-Кумского междуречья. Региональные геосистемы, 50(2): 285–298. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-2-0-5 EDN: BJLLFY

Effect of Grazing on the Temperature Regime of the Soils of the Tersko Terek-Kuma Interfluve

[1]Viktor N. Pinskoy, [2]Zagir V. Ataev, [3]Idris A. Idrisov, [1]Aleksandr V. Borisov
[1]Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences,
2a Institutskaya St., Pushchino, 142290, Russia

© Пинской В.Н., Атаев З.В., Идрисов И.А., Борисов А.В., 2026

[2]Dagestan State University,
43a M. Gadzhiev St., Makhachkala 367000, Russia
[3]Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
75 Yaragskogo St., Makhachkala 367010, Russia
pinskoy@inbox.ru

Abstract. The paper presents the results of a study into the effect of grazing on soil temperature in the Terek-Kuma interfluve. Annual temperature variations were examined at depths of seven and 18 cm in chestnut soils, solonetz soils, and pasture badlands (abrazems). We have found that intensive grazing and trampling lead to deeper winter soil freezing compared to areas with moderate grazing pressure. This is connected with a higher soil density, heavier texture, and higher water-holding capacity of overgrazed soils. These soil properties are caused by the development of the solonetz process. In summer, temperatures go down and the diurnal amplitude decreases on overgrazed plots due to the increased albedo of the upper horizon of solonetz soils and the formation of a lightened crust of sandy material on the soil surface of pasture badlands. In the moderate grazing zone, chestnut soils do not freeze, and summer temperatures are higher. This is explained by intense desiccation and the lower albedo of chestnut soils with relatively sparse vegetation. As the pasture load increases further in the desert-walled zone of the Terek-Kuma interfluve, the soil temperature will decrease overall, and the transition from a non-freezing to a briefly freezing soil phase will take place.

Keywords: soil temperature, solonetz soils, grazing, erosion, kastanozems

Acknowledgements: The study was supported by grant No. 25-17-20040 from the Russian Science Foundation, "Spatio-temporal variability of coastal natural and anthropogenic landscapes of Dagestan under the influence of modern climate change and fluctuations in the level regime of the Caspian Sea," http: //rscf.ru/project/25-17-20040/"

For citation: Pinskoy V.N., Atayev Z.V., Idrisov I.A., Borisov A.V. 2026. Effect of Grazing on the Temperature Regime of the Soils of the Terek-Kuma Interfluves. Regional Geosystems, 50(2): 285–298 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-2-0-5 EDN: BJLLFY

Введение

Температурный режим почв представляет собой один из ключевых факторов, влияющих на биологическую активность, физико-химические процессы и продуктивность природных экосистем [Onwuka, Mang, 2018; Guan et al., 2022]. В степной зоне состояние пастбищных почв напрямую зависит от степени пастбищной нагрузки [Лазарева, 2018].

Интенсивный выпас приводит к изменению структуры и снижению проективного покрытия, что в свою очередь изменяет альбедо, теплообмен почвы и атмосферы, а также температурный и выпотной режим почвы [Аветов и др., 2011; Козунь и др., 2013; Казиев и др., 2015; Залибеков, 2016], что в итоге приводит к снижению продуктивности пастбищ [Насиев, 2016; Насиев, Беккалиев, 2019; Темботова и др., 2023]. В то же время умеренный режим выпаса может поддерживать оптимальные условия для растительности и биологических процессов в почве, способствуя устойчивому природопользованию территории [Муратова и др., 2006; Зубкова и др., 2014].

Выпас скота изменяет температуру почвы, что, в свою очередь, влияет на активность микроорганизмов, скорость разложения органического вещества и круговорот питательных веществ [Butenschoen et al., 2011]. При наличии доступных субстратов биологическая активность в условиях выпаса увеличивается [Frey et al., 2008]. Однако эффект влияния температуры не прямой, а в значительной мере опосредованный через водный режим почв [Poll et al., 2013].

Общепринято, что выпас увеличивает суточную изменчивость температуры и среднюю температуру почвы [Odriozola et al., 2014]. Особенно интенсивно при выпасе изменяется температурный режим верхнего сантиметрового слоя [Zhang et al., 2023]. Известны работы, в которых показано, что температура почвы увеличивалась

экспоненциально с увеличением интенсивности выпаса в теплый сезон из-за удаления надземной биомассы и уменьшалась линейно с увеличением интенсивности выпаса в холодный сезон [Yan et al., 2018]. Интенсивный выпас повышал температуру почвы (глубина 10 см) в среднем на 2,6 °С с апреля по октябрь (наибольшее почасовое повышение температуры составило 8,8 °С), что представляет собой эффект нагревания почвы в 3,7 раза больше, чем глобальное потепление [Yan et al., 2018].

Выпас повышает водоудерживающую способность почвы, особенно на крупнозернистых почвах [Odriozola et al., 2014]. Показаны ковариации изменений температуры почвы с ее влажностью в различные временные периоды. При температуре почвы выше 0 °С ее температура и влажность демонстрировали обратную корреляцию, когда температура почвы опускалась ниже 0 °С, корреляции были положительными [Chang et al., 2021].

Современные исследования включают комплексный анализ температуры почв, их физико-химических свойств, агрохимических характеристик и биологических параметров [Жилкин, Батановская, 2003; Гасанов и др., 2017; Любимова, 2022]. В то же время для аридных регионов особую значимость приобретают исследования закономерностей изменений температурного режима почв в зависимости от степени интенсивности антропогенного воздействия, которое, зачастую выступает в качестве определяющего фактора развития экосистем [Муратова и др., 2006; Сотнева, 2006; Аветов и др., 2011; Козунь и др., 2013; Зубкова и др., 2014; Казиев и др., 2015; Любимова, 2022;]. В этой связи целью данного исследования была оценка динамики температур почв естественных пастбищ пустынных степей Терско-Кумского междуречья в условиях разной интенсивности выпаса.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования расположены на территории Прикаспийской низменности в северной части Терско-Кумского междуречья – Прикумской супесчано-суглинистой равнине. Территория относится к наиболее аридным районам нашей страны с резко континентальным климатом, характеризующимся значительными сезонными колебаниями температуры и низким уровнем осадков (среднегодовое количество осадков около 290 мм) [Агроклиматический справочник …, 1963]. Длительность засушливого периода достигает 5 месяцев [Агрометеорологический обзор…, 2015]. Среднегодовая температура воздуха составляет +11,0 °С, среднегодовая температура теплого периода года +18,1 °С, холодного +0,5 °С, относительная влажность воздуха в теплый период довольно низкая – 46,2 %. Продолжительность безморозного периода составляет 288 дней. Период с температурой выше +5 °С продолжается 232 дня. Период с температурой выше +10 °С составляет 192 дня. Сумма температур за период с температурой выше +5 °С составляет 4076 °С, за период с температурой выше +10 °С – 3770 °С. В Тарумовском районе Республики Дагестан максимальная температура воздуха может достигать +40,2–40,4 °С. Минимальная температура составляет –24,3... –27,3 °С. Снежный покров неустойчивый, образуется раз в 3–5 лет, и может сохраняться до 5–7 дней. Характерна частая повторяемость южных и юго-восточных ветров. Число дней с сильным ветром (> 15 м/сек) в разных точках низменности колеблется от 19 (Терекли–Мектеб) до 49 м/сек (Кочубей). Коэффициент увлажнения составляет 800–900 мм [Керимханов и др., 1975].

В пустынной зоне уровень осадков несколько ниже – от 180 до 200 мм в год, максимум приходится на середину весны, преимущественно на апрель и начало мая. Среднегодовая температура воздуха здесь также около +7 °С, с июльской максимальной температурой до +30 °С и январской минимальной – до –30 °С [Агрометеорологический обзор…, 2015].

Почвообразующие породы представлены супесчаными отложениями древних трансгрессий Каспия, покрытыми легкосуглинистыми наносами эолового происхождения. Значительные площади, прежде всего в приморской зоне, заняты солончаками и солеными озерами.

Природные условия Терско-Кумской низменности определяют специфический температурный режим почв, в который свой вклад, наряду с климатическими факторами, вносят и локальные условия, такие как состояние растительного покрова и степень антропогенной нагрузки [Сотнева, 2006; Аветов и др., 2011; Казиев и др., 2015]. Данная территория используется в основном под зимние пастбища, чему способствуют бесснежные и мягкие зимы [Курбанов, 2021].

Объекты исследования располагались в 12 км к северо-западу от п. Кочубей Тарумовского района Республики Дагестан (координаты: 44.48050602162179 N, 46.45893074008299 E (рис. 1).



Рис. 1. Расположение тестовых площадок на разном удалении от артезианского источника
а – абраземы в районе водопоя, б – комплексы каштановых почв и солонцов на площадке «100 м», в – каштановые почв на площадке «500 м»
Fig. 1. The location of the test sites at different distances from the watering hole.
a – anthrosols in the watering area, б – complexes of kastanozems and solonetz at the site "100 m", в – kastanozems at the site "500 m"

Измерения температуры почв выполняли на трех площадках, различающихся по интенсивности пастбищной нагрузки. Площадки располагались на разном удалении от артезианского источника, который используется для водопоя скота. По мере приближения к водопою интенсивность пастбищных трансформаций почвенного и растительного покрова возрастает, формируя явно выраженный градиент пастбищной нагрузки. По градиенту пастбищной нагрузки изменяются и почвы. На тестовой площадке у водопоя с максимально интенсивным выпасом и скотопрогоном растительный покров фрагментарный, значительные площади занимают участки с солонцами, утратившими верхний горизонт в результате эрозии и дефляции. В таких местах развиты пастбищные абраземы солонцовые (рис. 2). По классификации почв России 2004 почвы относятся к отделу Абраземы, типу почв абраземы солонцовые (утратившие верхний горизонт). Схема строения профиля: BSN – BCAs – Cca [Классификация и диагностика почв…, 2004].

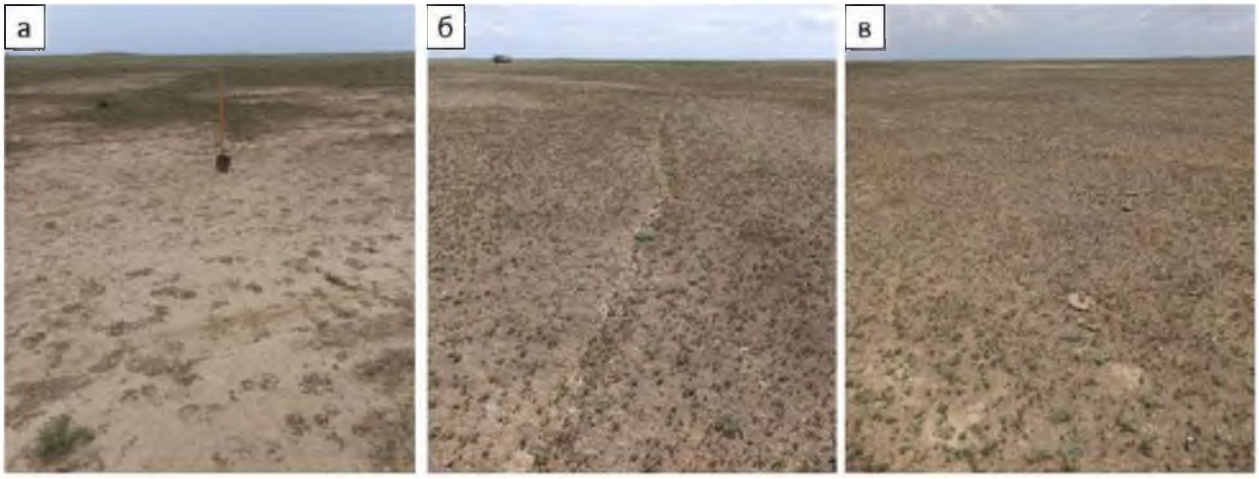


Рис. 2. Почвенно-растительный покров на тестовых площадках:
а – абраземы в районе водопоя, б – комплексы каштановых почв и солонцов на площадке «100 м», в – каштановые почв на площадке «500 м»
Fig. 2. Soil and vegetation cover on test sites: a – anthrosols in the watering area, б – complexes of kastanozems and solonetz at the site "100 m", в – kastanozems at the site "500 m"

На второй тестовой площадке (на удалении 100 м от водопоя) почвенный покров представлен комплексами солонцов и каштановых почв. Проективное покрытие до 50–70 % на участках с каштановыми почвами, и 30–50 % – на участках с солонцами. Тип почв – солонцы светлые входят в отдел щелочно-глинисто-дифференцированных почв (схема строения: SEL-BSN-BCAs-Cca), каштановые почвы относятся к отделу светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных почв (схема строения: AJ-BMK-BM-CAT-Cca) [Классификация и диагностика почв…, 2004]. На уделении 500 м (площадка 3) в почвенном покрове абсолютно доминируют каштановые почвы, солонцов нет, проективное покрытие 70–90 %. Особенности проявления солонцового процесса в этих почвах показаны ранее в работе А.В. Борисова с соавторами [2024].

Анализ температуры почв проводили с помощью логгеров TR-2V (DS1923-F5, производство ООО «Инженерные технологии»), которые были установлены в почву на глубинах 7 и 18 см. Установка логгеров на этих глубинах обусловлена строением профиля солонцовых разностей: как правило, мощность горизонта SEL составляла около 7–12 см, поэтому логгеры установили в нижней части горизонта, где динамика суточных температур менее резкая. Глубина 18 см близка к нижней границе горизонта BSN. В непосредственной близости от водопоя, где распространены абраземы солонцовые, утратившие верхний горизонт SEL, установка логгера осуществлялась в гор. BSN на глубину 7 см. Частота съемки температур составляла 4 замера в сутки, таким образом, было получено более 1400 записей с каждого логгера. Дата установки логгеров: 16 июня 2023 г. Температурные данные сняты программой *TR Complex*.

Результаты и их обсуждение

Морфологические свойства почв.

На площадке «500 м» в условиях умеренного выпаса развиты каштановые почвы. В отдельных местах, где растительный покров наиболее сильно нарушен, заметны слабые признаки солонцового процесса в виде более светлых тонов в окраске горизонта AJ. Мощность горизонта AJ достигает 20 см. Горизонт BMK до 15–20 см, в массе бурый с сероватыми тонами в окраске, без признаков солонцового процесса. В горизонте CAT преобладают пропиточные формы карбонатов. Гипсовый горизонт с глубины 100–110 см.

На площадке «100 м» в почвенном покрове участвуют каштановые почвы и солонцы. В солонце горизонт SEL имеет мощность до 8 см с характерной листовато-

порошистой структурой. Горизонт BSN до глубин 20–22 см, бурый, структура призматическая с хорошо заметной вертикальной ориентировкой призм. Бронирующий эффект солонцового горизонта обусловил близкое к поверхности залегание верхней границы слоевого горизонта – новообразования гипса и легкорастворимых солей отмечены с глубины 30 см. В каштановых почвах солонцовый процесс проявляется в более светлой окраске верхнего горизонта и призмовидной структуре горизонта BSN.

Морфологические и химические свойства «бедленда» исследовали в разрезе на удалении 70 м от водопоя, где доля таких почв достигает 20 %. Профиль почвы не дифференцирован на генетические горизонты, монотонный по цвету, красновато-бурый, влажный. Структура непрочная призмовидно-ореховатая. Карбонатная пропитка появляется при подсыхании профиля. Легкорастворимые соли с поверхности. Скопления кристаллов гипса с глубины 40–50 см.

Температурный режим почв.

Средняя годовая температура исследуемых горизонтов почв коррелировала с их физико-химическими свойствами. В зоне максимально интенсивных пастбищных трансформаций почв в профиле абразема на глубине 7 см выявлена минимальная средняя месячная температура – +0,3 °С (табл. 1). Вероятно, основным фактором уменьшения температур в холодные месяцы на скотосбоях является повышенная влажность почв (рис. 3) и отсутствие десукции в условиях полного стравливания растительного покрова. Возможно, более высокая влажность почвы бедленда связана с несколько более тяжелым гранулометрическим составом, что потенциально может влиять на водоудерживающую способность почв [Болотов и др., 2019]. Влияние выпаса на увеличение водоудерживающей способности почвы на легких породах хорошо доказана [Odriozola et al., 2014]. Также показана обратная корреляция температуры почвы и влажности в теплый сезон года [Chang et al., 2021].

Таблица 1
Table 1

Количество осадков (по метеостанции Кочубей) и температурные характеристики почв Терско-Кумского междуречья
Precipitation amount (according to Kochubey weather station) and temperature characteristics of the soils in the Terek-Kuma interfluve

Объект	Глубина, см	2023 г.							2024 г.					
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Среднемесячное количество осадков, мм														
Метеостанция		19,7	29,0	0,0	47,0	7,7	39,0	36,0	11,0	20,0	24,0	1,0	19,0	22,3
Среднемесячная температура воздуха, °С														
Метеостанция		23,1	25,3	28	20	13	8,8	3,1	–2,1	2,9	5,9	16,2	16,4	25,3
Среднемесячная температура почв, °С														
«100 м»	7	**27,0**	**29,7**	**31,0**	**23,0**	**15,8**	**11,2**	**4,1**	**0,3**	**2,8**	**6,5**	**18,5**	**18,3**	**28,9**
«200 м»	7	**27,0**	**30,2**	**31,6**	**22,7**	**15,9**	**11,1**	**4,1**	**0,8**	**2,8**	**6,6**	**18,7**	**18,8**	**28,4**
	18	25,6	29,8	31,4	23,3	16,6	12,0	5,0	1,7	3,3	6,7	18,1	19,3	28,6
«500 м»	7	**26,4**	**29,9**	**31,5**	**22,4**	**15,7**	**11,0**	**4,3**	**1,1**	**3,0**	**6,8**	**19,1**	**19,6**	**28,7**
	18	27,0	29,4	30,9	23,0	16,7	12,2	5,6	2,4	3,9	7,2	18,4	19,8	27,8

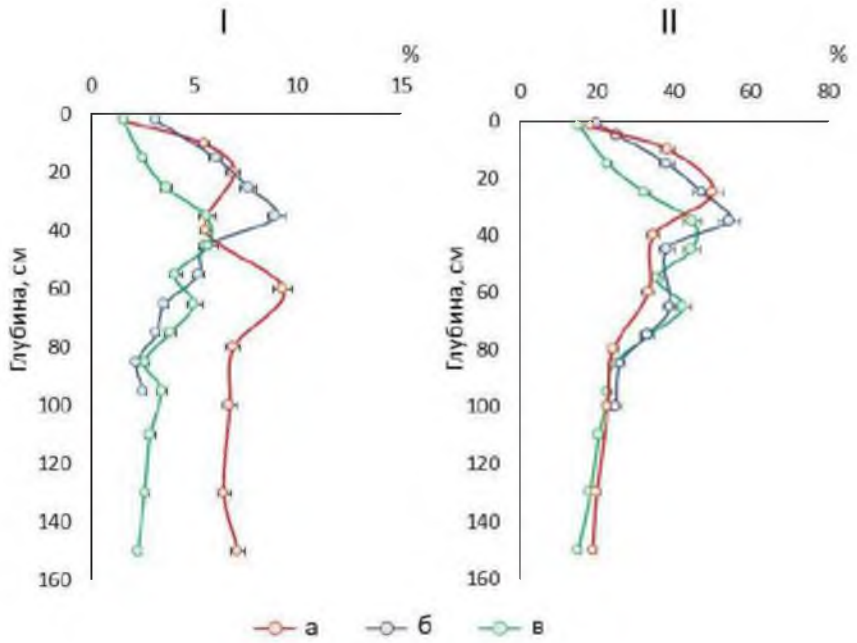


Рис. 3. Влажность (I) и содержание физ. глины (II) абраземов (а), солонцов (б) и каштановых почв (в) на период третьей декады апреля – первой декады мая
Fig. 3. Humidity (I) and phys. clays (II) of Anthrosols (a), solonetz (б) and Kastanozems (в) from the third ten-day period of April – to the first ten-day period of May

В зоне с умеренной пастбищной нагрузкой (площадка на рис. 2) средняя месячная температура гор. ВМК была выше на +0,7 °С в январе. Норма осадков в этом месяце составляла 11 мм.

В период с января по май в верхних горизонтах почв отмечено возрастание средних месячных температур по площадкам в ряду «бедленд» – «интенсивный выпас» – «умеренный выпас».

С июня по август средняя за месяц температура была больше в солонцах в зоне интенсивного выпаса, в то время как каштановая почва прогревалась слабее. Схожая закономерность отмечена и для более глубоких слоев.

Максимальное количество осадков выпадало в сентябре и составляло 47 мм. В этот месяц также максимальная средняя месячная температура была зафиксирована в абраземах. Минимальные различия по средней месячной температуре в верхних горизонтах почв было с октября по декабрь.

Следует также отметить контрастные переходы средних месячных температур: с марта на апрель абсолютное значение увеличилось в среднем на 12 °С, а с мая на июнь ≈ 10 °С. В период с августа на сентябрь температура снизилась на 9° С, в то время как разница выпадения осадков составила 47 мм. Общее количество осадков в регионе в год проведения исследования составляло 254,7 мм [Расписание погоды rp5.ru, 2025].

Средняя годовая температура *(Tср)* почв была максимальной в почвах в зоне умеренного выпаса, что связано с более высокими температурами в холодные месяцы (табл. 2). В зимний период датчики фиксировали незначительный переход почвенной температуры ниже 0 °С во второй и третьей декаде января. Следует отметить, что в этот период абраземы были более подвержены промерзанию (рис.4.а). В зимний период абраземы пребывали 17 дней при температуре от 0 до –6 °С, в то время как гор. SEL в солонцах промерзал 19 дней при температуре от 0 до –4,5 °С (рис.4.б), каштановые почвы промерзали 12 дней при температуре от 0 до –2,1 °С (рис. 4.в). На глубине 18 см количество дней промерзания солонцов составила всего 3 дня, в то время как каштановые почвы не промерзали вовсе.

Таблица 2
Table 2

Средняя месячная температура почв на глубине 7 и 18 см в условиях разной пастбищной нагрузки
Average monthly soil temperature at depths of seven and 18 cm under conditions of different pasture loads

Объект	Глубина, см	*Tcp*	Количество дней с температурой			*CAT*	*Tmin*, °C	*Tmax*, °C
			< 0 °C	0–10 °C	> 10 °C	> 10 °C		
Бедленд	7	15,8	17	100	249	5312	–6,0	37,1
Интенсивный выпас	7	16	19	111	236	5373	–4,5	38,6
	18	16,3	3	127	236	5396	–1,5	34,6
Умеренный выпас	7	16,1	12	131	235	5386	–2,1	40,1
	18	16,5	0	128	238	5341	0,1	34,6

Примечание: *Tcp* – средняя годовая температура; *CAT* – сумма активных (положительных) температур за год; *Tmin* – минимальное значение температуры за год; *Tmax* – максимальное значение температуры за год.

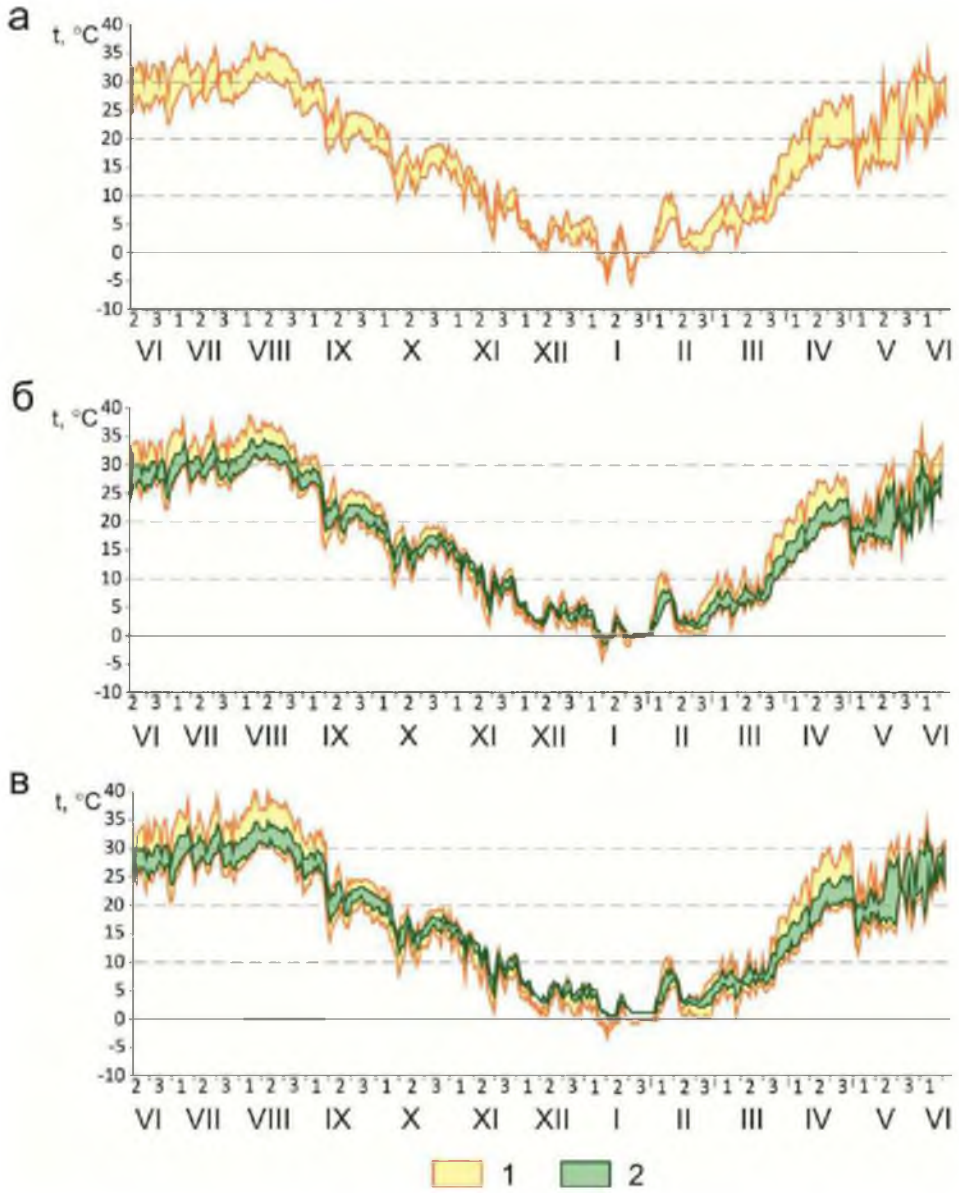


Рис. 4. Максимальные и минимальные суточные колебания температуры на глубине 7 см (1) и 18 см (2) в бедлендах (а), солонцах (б), каштановых почвах (в)
Fig. 4. Maximum and minimum daily temperature fluctuations at depths of seven cm (1) and 18 cm (2) in bedlands (a), solonetz soils (б), and kastanozems (в)

При этом количество дней с температурой выше +10 °С в солонцах и каштановых почвах было приблизительно одинаковым и составляло 235 и 238 дней, в то время как в абраземе – 249 дней.

Основное различие верхних горизонтов почв заключалось в сумме суточных температур вегетационного периода (≥ +10 °С): на площадке в почвах бедлендов – 5312 °С, в зоне интенсивного выпаса – 5373 °С, в зоне умеренного выпаса (каштановые почвы) – 5386 °С. Максимальное значение суммы активных температур *(САТ)* зафиксировано в гор. ВСА (на глубине 18 см) в солонце в зоне интенсивного выпаса – 5396 °С.

Максимальная температура в абраземе была зарегистрирована 8 августа 2023 г в 15:00 и составляла +37,1 °С. На площадке с каштановыми почвами, где проективное покрытие составляло более 50 % и альбедо должно было обусловить более низкий прогрев почв, была зафиксирована максимальная температура почв – +40,1 °С (8 августа 2023 г в 15:00). В горизонтах ВСА (солонец) и ВМК (каштановая почва) *Tmax* было одинаковым, при этом в верхнем гор. солонцов температура была ниже на 1,5 °С, что вероятно также подтверждается менее выраженным десукционным иссушением этого горизонта.

Более значительное промерзание *(Tmin)* отмечено в абраземе, также здесь выявлено уменьшение весеннего прогрева почв и менее выраженные суточные колебания температур летом (на глубине 7 см). В верхнем слое профиля абразема (0–5 см) влажность составляла 1,5 %, в то время как в нижележащих горизонтах почв содержание воды достигало 5,5–7 % (см. рис. 2).

Промерзание солонцов было менее глубоким, но более длительным, а колебание среднесуточных температур больше.

В случае с каштановыми почвами были хорошо выражены максимальные температуры в теплое время года и минимальное количество дней промерзания, а также полное отсутствия отрицательных температур на глубине 18 см.

Для анализа многомерной структуры данных о свойствах почв Прикаспийской низменности был применен метод главных компонент (рис. 5.). Факторы объясняют 83,01 % общей дисперсии данных (48,52 % и 34,49 % соответственно), что позволяет адекватно редуцировать данные по градации выпаса.

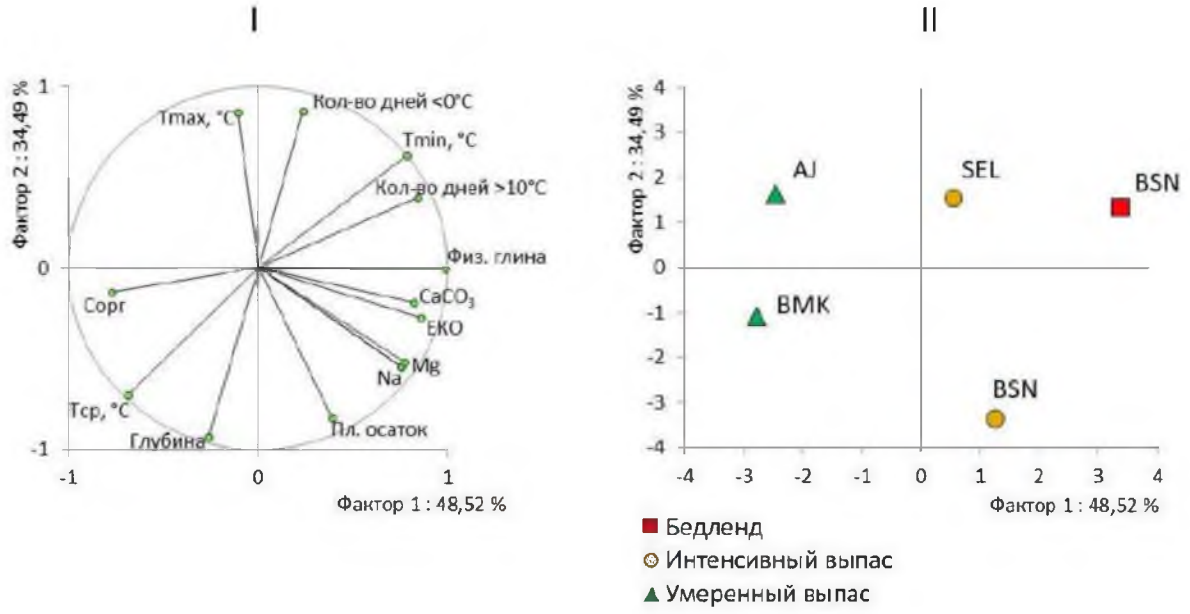


Рис. 5. Проекции температурных и физико-химических характеристик почв (I) и диаграмма рассеивания (II) исследуемых горизонтов, приуроченных к различной градации выпаса
Fig. 5. Projections of temperature and physicochemical characteristics of soils (I) and a scattering diagram (II) of the studied horizons, associated with different grazing gradations

Первый фактор (объясняет 48,52 % дисперсии данных) демонстрировал сильную положительную связь с содержанием токсичных солей, емкостью катионного обмена, содержанием карбонатов, физической глины и количеством дней с температурой > +10 °C. Содержание органического углерода имело отрицательную корреляцию с перечисленными параметрами почв по первому фактору. Направления отмеченных векторов обусловило разделение почвенных площадок по интенсивности выпаса и типовой принадлежности почв.

Вторая главная компонента имеет высокие положительные нагрузки по таким признакам как экстремальные положительные и отрицательные температуры, а также количество дней с температурой < 0 °C. В отрицательную полуось второй главной компоненты основной вклад вносят повышенные значения средней годовой температуры, глубины и величина плотного остатка. Таким образом, вторая ось (34,49 %) показывает распределение точек на диаграмме по глубине: поверхностные горизонты (положительная полуось) и срединные горизонты (отрицательная полуось).

Многофакторный анализ выявил, что перевыпас обуславливает распределение точек на левую и правую полуось и является основным фактором, влияющим на различие почв в пределах исследуемых площадок. В случае с бедлендом эрозия и дефляция привели к тому, что срединный гор. BSN стал поверхностным и подвергся более значительному промерзанию зимой, а также концентрации солей и увеличению содержания $CaCO_3$, физ. глины и ЕКО.

Заключение

Впервые для Прикаспийской низменности показано влияние выпаса на температурный режим почв на легких породах. Установлено, что в ареалах с наиболее интенсивным выпасом и скотопрогоном зимнее промерзание почв выше, чем в почвах под умеренной пастбищной нагрузкой. Это связано с большей теплоемкостью почв пастбищных бедлендов, что, в свою очередь, объясняется большей влагоудерживающей способностью, обусловленной засолением и более тяжелым гранулометрическим составом таких почв.

В целом для пастбищных абраземов и солонцов в зоне интенсивного выпаса и скотопрогона характерны более низкие температуры весной и летом. В случае с солонцами это обусловлено высоким альбедо верхнего горизонта SEL солонцов на фоне низкого проективного покрытия. В свою очередь, высокое альбедо абраземов солонцовых в зонах распространения бедлендов связано с формированием светлой минеральной корочки ноздреватой структуры, аналогичной таковой в почвах такыров.

Для каштановых почв в зоне умеренного выпаса характерно практически полное отсутствие промерзания и максимальные температуры в летний период.

Наши данные противоречат общепринятой точке зрения, что выпас увеличивает суточную динамику температуры, и что температура почв пастбищ увеличивается экспоненциально с увеличением интенсивности выпаса в теплый сезон. Очевидно, в нашем случае температурный режим во многом зависит от степени выраженности солонцового процесса: чем более развит солонцовый процесс, тем сильнее альбедо, что на фоне довольно низкого в целом проективного покрытия на всех участках пастбищ оказывается определяющим фактором. Однако, влияние солонцового процесса проявляется еще и в более тяжелом гранулометрическом составе горизонта BSN, в результате чего увеличивается водоудерживающая способность почвы. Еще одним фактором, объясняющим большие температуры почв в условиях умеренного выпаса, является более интенсивное десукционное иссушение почв в жаркие летние месяцы.

Таким образом, в условиях пустынных степей Терско-Кумского междуречья дальнейшее усиление пастбищной нагрузки приведет к общему снижению температур

почв. В летний период этот эффект будет достигаться благодаря усилению выраженности солонцового процесса и возрастанию альбедо почв, а также за счет уменьшения десукционного иссушения при стравливании растительности и более активного поступления влаги в верхние горизонты почвы. Следствием этого станет засоление почв и более интенсивное внутрипочвенное оглинивание, что приведет к повышению теплоемкости почв и станет причиной их более сильного промерзания в холодный период года. В более общем плане можно говорить об изменении фациальной принадлежности: в результате перевыпаса почвы пустынных степей будут переходить из фации непромерзающих в фацию кратковременно промерзающих почв.

Список источников

Агроклиматический справочник Дагестанской АССР. 1963. Ленинград, Гидрометеоиздат, 72 с.

Агрометеорологический обзор по Республике Калмыкия за 2014–2015 сельскохозяйственный год. 2015. Калмыцкий республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Филиал ФГБУ “Северо-Кавказское УГМС”, 8 с.

Аветов Н.А., Александровский А.Л., Алябина И.О., Ананко Т.В., Барсова Н.Ю., … Январева Л.Ф. 2011. Национальный атлас почв Российской Федерации. М., Астрель, 632 с.

Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск, Ойкумена, 343 с.

Расписание погоды rp5/ru. Электронный ресурс. URL: https://rp5.ru/ (дата обращения 23.10.2025).

Список литературы

Болотов А.Г., Шеин Е.В., Макарычев С.В. 2019. Водоудерживающая способность почв Алтайского края. Почвоведение, 2: 212–219. https://doi.org/10.1134/S0032180X19020035

Борисов А.В., Ельцов М.В., Идрисов И.А., Пинской В.Н., Ходжаева А.К. 2024. Антропогенное осолонцевание почв естественных пастбищ пустынно-степной зоны. Аридные экосистемы, 30(4(101)): 70–77. https://doi.org/10.24412/1993-3916-2024-4-70-77

Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Баширов Р.Р. 2017. Зависимость урожайности пастбищных фитоценозов на различных типах почв Северо-западного Прикаспия от экологического фактора и ФАР. Аридные экосистемы, 23(2): 24–28.

Жилкин А.А., Батовская Е.К. 2003. Генетическая и агрохимическая характеристика свойств почв Прикаспийской низменности. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 8: 106–112.

Залибеков З.Г. 2016. Основные критерии формирования разнообразия почв и их ресурсов в регионах Прикаспийской низменности. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН, 67: 200–206.

Зубкова Т.А. Ташнинова Л.Н., Котенко М.Е., Ташнинова, А.А. 2014. Почвы равнин Западного Прикаспия и проблемы их использования. Электронное научное издание Альманах Пространство и Время, 5(1–2): 8.

Казеев К.Ш. Козунь Ю.С., Самохвалова Л.С., Колесников С.И. 2015. Влияние аридности и континентальности климата на биологические свойства почв в трансекте Ростов-на-Дону–Астрахань. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 5: 46–53. https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-5-46-53

Керимханов С.У., Балаширов М.А., Мирзоев Э.Р, Залибеков З.Г. 1975. Почвы равнинной зоны Дагестана. Земельные и растительные ресурсы Дагестана и пути их рационального использования. Махачкала, Дагкнигоиздат, 321 с.

Козунь Ю.С. Казеев К.Ш., Колесников С.И. 2013. Влияние климата на биологические свойства почв юга России. Ростов-на-Дону, Издательство Южного федерального университета, 112 с.

Курбанов М.Ю. 2021. Миграция и проблемы сельскохозяйственного использования равнинных земель. В кн.: Диалог культур в глобализирующемся мире. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 29 апреля 2021. Махачкала, АЛЕФ: 114–116.

Лазарева В.Г. 2018. Трансформация пространственной структуры растительного покрова Северо-Западного Прикаспия в связи с антропогенным воздействием. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 20(2-1): 116–123.

Любимова И.Н. 2022. Возможные изменения почв сухостепной зоны в связи с глобальным изменением климата. Почвоведение, 10: 1301–1309. https://doi.org/10.31857/S0032180X22100112

Муратова Н.Р. Северская С., Терехов А.Г., Аманова Н.Т., Цычуева Н. 2006. Оценка состояния естественной растительности Прикаспийского региона в зависимости от погодных и ландшафтных особенностей. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 3(2): 351–358.

Насиев Б.Н. 2016. Влияние режимов выпаса на почвенный покров пастбищ. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 3–1: 160–162.

Насиев Б.Н., Беккалиев А.К. 2019.Изменение показателей почвенного покрова пастбищ под влиянием выпаса. Почвоведение и агрохимия, 4: 36–44.

Сотнева Н.И. 2006. Опыт земледельческого использования территории севера Прикаспия. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 58: 45–57.

Темботова Ф.А., Чадаева В.А., Горобцова О.Н., Пшегусов Р.Х., Цепкова Н.Л., … Хакунова Е.М. 2023. Закономерности пастбищной деградации семиаридных горных экосистем Центрального Кавказа. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 87(7): 1097–1112. https://doi.org/10.31857/S2587556623070142

Butenschoen O., Scheu S., Eisenhauer N. 2011. Interactive Effects of Warming, Soil Humidity and Plant Diversity on Litter Decomposition and Microbial Activity. Soil Biology and Biochemistry, 43(9): 1902-1907. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.05.011

Chang, Y., Zhang, R., Hai, C., Zhang, L. 2021. Seasonal Variation in Soil Temperature and Moisture of a Desert Steppe Environment: a Case Study from Xilamuren, Inner Mongolia. Environmental Earth Sciences, 80(7): 290.

Frey S.D., Drijber R., Smith H., Melillo J. 2008. Microbial Biomass, Functional Capacity, and Community Structure after 12 Years of Soil Warming. Soil Biology and Biochemistry, 40(11): 2904–2907. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.07.020

Guan C., Chen N., Qiao L., Zhao C. 2022. Photosynthesis Regulates the Diel Hysteresis Pattern between Soil Respiration and Soil Temperature in a Steppe Grassland. Geoderma, 408: 115561.

Odriozola I., García-Baquero G., Laskurain N.A., Aldezabal A. 2014. Livestock Grazing Modifies the Effect of Environmental Factors on Soil Temperature and Water Content in a Temperate Grassland. Geoderma, 235: 347–354.

Onwuka B., Mang B. 2018. Effects of Soil Temperature on Some Soil Properties and Plant Growth. Advances in Plants & Agriculture Research, 8(1): 34–37.

Poll C., Marhan S., Back F., Niklaus P.A., Kandeler E. 2013. Field-Scale Manipulation of Soil Temperature and Precipitation Change Soil CO_2 Flux in a Temperate Agricultural Ecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment, 165: 88–97.

Yan Y., Yan R., Chen J., Xin X., Eldridge D.J., ... Xu L. 2018. Grazing Modulates Soil Temperature and Moisture in a Eurasian Steppe. Agricultural and Forest Meteorology, 262: 157–165.

Zhang H., Du H., Sun S., Wang Y., Wang T., Li L. 2023. A Symmetrical Exponential Model of Soil Temperature in Temperate Steppe Regions of China. Open Geosciences, 15(1): 20220523.

References

Bolotov A.G., Shein, E.V., Makarychev S.V. 2019. Water Retention Capacity of Soils in the Altai Region. Eurasian Soil Science, 52(2): 187–192 (in Russian). https://doi.org/10.1134/S1064229319020030

Borisov A.V. Eltsov M.V., Idrisov I.A., Pinskoy V.N., Khodjaeva A.K. 2024. Anthropogenic Impact on Solonetz Soils Development in the Desert–Steppe Zone. Arid Ecosystems, 14(4): 456–462 (in Russian).

Hasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Akhmedova Z.N., Abdulayeva A.S., Bashirov R.R. 2017. The Dependence of the Yield of Pasture Phytocenoses on Various Types of Soils in the Northwestern Caspian Region on the Environmental Factor and the FAR. Arid ecosystems, 23(2(71)): 24–28 (in Russian).

Zhilkin A.A., Batovskaya E.K. 2003. Genetical and Agrochemical Chakactiristics of Soil Properties of the Near-Caspian Lowland. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety, 8: 106–112 (in Russian).

Zalibekov Z.G. 2016. Osnovnyye kriterii formirovaniya raznoobraziya pochv i ikh resursov v regionakh Prikaspiyskoy nizmennosti [The Main Criteria for the Formation of the Diversity of Soils and Their Resources in the Regions of the Caspian Lowland]. Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN, 67: 200–206.

Zubkova T.A. Tashninova L.N., Kotenko M.E., Tashninova, A.A. 2014. The Western Pre-Caspian Plains Soils and Problem of Their Using. Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time, 5(1–2): 8 (in Russian).

Kazeev K.Sh., Kozun Yu.S., Samokhvalova L.S., Kolesnikov S.I. 2015. Influence of Aridity and Continentality of Climate on Soil Biological Properties in Transect of Rostov-on-Don – Astrakhan. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya, 5: 46–53 (in Russian). https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-5-46-53

Kerimkhanov S.U., Balashirov M.A., Mirzoev E.R., Zalibekov Z.G. 1975. Pochvy ravninnoy zony Dagestana. Zemelnyye i rastitelnyye resursy Dagestana i puti ikh ratsionalnogo ispolzovaniya [Soils of the Lowland Zone of Dagestan. Dagestan's Land and Plant Resources and Ways of Their Rational Use]. Makhachkala, Pabl. Dagknigoizdat, 321 p.

Kozun Yu.S. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. 2013. Vliyaniye klimata na biologicheskiye svoystva pochv yuga Rossii [The Influence of Climate on the Biological Properties of Soils in Southern Russia]. Rostov-on-Don, Publ. Southern Federal University, 112 p.

Kurbanov M.Y. 2021. Migratsiya i problemy selskokhozyaystvennogo ispolzovaniya ravninnykh zemel [Migration and Problems of Agricultural Use of Lowland Lands]. In: Dialog kultur v globaliziruyushchemsya mire [Dialogue of Cultures in a Globalizing World]. Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference (with International Participation), Makhachkala, 29 April 2021. Makhachkala, Pabl. ALEPH: 114–116.

Lazareva V.G. 2018. Features of Spatial Distribution of Anthropogenic Vegetation on Drevneishikh Terraces of the Caspian Depression. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 20(2–1): 116–123 (in Russian).

Lyubimova I.N. 2022. Possible Changes in Soils of the Dry Steppe Zone Under the Global Climate Change. Eurasian Soil Science, 55(10): 1482–1489. https://doi.org/10.1134/s1064229322100118

Muratova N.P. Severskaya C., Terekhov A.G., Amanova N.T., Tsychueva N. 2006. Assessment of the State of the Natural Vegetation of the Caspian Region Depending on Weather and Landscape Features. Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space, 3(2): 351–358 (in Russian).

Nasiev B.N. 2016. The Influence of Grazing Regimes on the Soil Cover of Pastures. Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences, 3–1: 160–162 (in Russian).

Nasiev B.N., Bekkaliyev A.K. 2019. Change of Indicators of Soil Cover of Pastures Under the Influence of Graps. Soil Science and Agrichemistry, 4: 36–44 (in Russian).

Sotneva N.I. 2006. Opyt zemledelcheskogo ispolzovaniya territorii severa Prikaspiya [The Experience of Agricultural Use of the Territory of the North of the Caspian Sea]. Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva, 58: 45–57 (in Russian).

Tembotova F.A., Chadaeva V.A., Gorobtsova O.N., Pshegusov R.H., Tsepkova N.L., … Khakunova E.M. 2023. Assessment of the Grassland Degradation Stages in Highland Semiarid Ecosystems of the Central Caucasus. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya, 87(7): 1097–1112 (in Russian). https://doi.org/10.31857/S2587556623070142.

Butenschoen O., Scheu S., Eisenhauer N. 2011. Interactive Effects of Warming, Soil Humidity and Plant Diversity on Litter Decomposition and Microbial Activity. Soil Biology and Biochemistry, 43(9): 1902-1907. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.05.011

Chang, Y., Zhang, R., Hai, C., Zhang, L. 2021. Seasonal Variation in Soil Temperature and Moisture of a Desert Steppe Environment: a Case Study from Xilamuren, Inner Mongolia. Environmental Earth Sciences, 80(7): 290.

Frey S.D., Drijber R., Smith H., Melillo J. 2008. Microbial Biomass, Functional Capacity, and Community Structure after 12 Years of Soil Warming. Soil Biology and Biochemistry, 40(11): 2904–2907. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.07.020

Guan C., Chen N., Qiao L., Zhao C. 2022. Photosynthesis Regulates the Diel Hysteresis Pattern between Soil Respiration and Soil Temperature in a Steppe Grassland. Geoderma, 408: 115561.

Odriozola I., García-Baquero G., Laskurain N.A., Aldezabal A. 2014. Livestock Grazing Modifies the Effect of Environmental Factors on Soil Temperature and Water Content in a Temperate Grassland. Geoderma, 235: 347–354.

Onwuka B., Mang B. 2018. Effects of Soil Temperature on Some Soil Properties and Plant Growth. Advances in Plants & Agriculture Research, 8(1): 34–37.

Poll C., Marhan S., Back F., Niklaus P.A., Kandeler E. 2013. Field-Scale Manipulation of Soil Temperature and Precipitation Change Soil CO_2 Flux in a Temperate Agricultural Ecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment, 165: 88–97.

Yan Y., Yan R., Chen J., Xin X., Eldridge D.J., ... Xu L. 2018. Grazing Modulates Soil Temperature and Moisture in a Eurasian Steppe. Agricultural and Forest Meteorology, 262: 157–165.

Zhang H., Du H., Sun S., Wang Y., Wang T., Li L. 2023. A Symmetrical Exponential Model of Soil Temperature in Temperate Steppe Regions of China. Open Geosciences, 15(1): 20220523.

Поступила в редакцию 05.11.2025;
поступила после рецензирования 29.12.2025;
принята к публикации 31.03.2026

Received November 05, 2025;
Revised December 29, 2025;
Accepted March 31, 2026

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пинской Виктор Николаевич, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории археологического почвоведения, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Россия

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор кафедры рекреационной географии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

Идрисов Идрис Абдулбутаевич, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии, Институт геологии Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Россия

Борисов Александр Владимирович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией археологического почвоведения, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Viktor N. Pinskoy, Candidate of Geographical Sciences, Research Fellow at the Laboratory of Archaeological Soil Science, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

Zagir V. Ataev, Candidate of Geographical Sciences, Professor at the Department of Recreational Geography and Sustainable Development, Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Idris A. Idrisov, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher at the Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Aleksandr V. Borisov, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the laboratory of Archaeological Soil Science, Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia