

# ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА МЕСТООБИТАНИЙ РЕДКИХ СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

**Д.Т. Габбасова\***, **Н.И. Федоров**, **П.С. Широких**,  
**И.Г. Бикбаев**, **И.Р. Туктамышев**

Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

\*Эл. почта: [dilara.gt@yandex.ru](mailto:dilara.gt@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 21.04.2025; принята к печати 01.07.2025

Температура почвы является одним из параметров, полезных для понимания как поверхностных энергетических процессов, так и региональных экологических и климатических условий и их изменений. Цель настоящей работы – анализ результатов изучения климатических особенностей степных местообитаний уязвимых экосистем Башкирского Предуралья. Температуры почв степных объектов определяли с помощью датчиков Thermochron DS-1922, а иные климатические параметры анализировали с использованием базы данных Era5-Land. Исследования проводились на шести объектах по широтному ряду от северной Месягутовской лесостепи до степных экосистем на границе с Оренбургской областью. Различия температурного режима почвы местообитаний редких степных сообществ определяются сочетанием ряда факторов: крутизна и экспозиция склонов, состояние растительного покрова, тип почвы, количество осадков, а в зимний период – высота снежного покрова.

*Ключевые слова:* датчики температуры, температура почвы, осадки, степь, Башкирское Предуралье.

## CHARACTERISTICS OF THE TEMPERATURE REGIMEN OF HABITATS OF RARE STEPPE PLANT COMMUNITIES IN THE BASHKIR CIS-URALS

**D.T. Gabbasova\***, **N.I. Fedorov**, **P.S. Shirokikh**, **I.G. Bikbaev**, **I.P. Tuktamyshev**

Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

\*Email: [dilara.gt@yandex.ru](mailto:dilara.gt@yandex.ru)

Soil temperature is essential for understanding both surface energy transfer processes and the regional ecological and climatic conditions and their changes. The objective of the present work is to analyze the results of studies of climatic characteristics of steppe habitats of vulnerable ecosystems of the Bashkir Cis-Urals. Soil temperatures were monitored using Thermochron DS-1922 sensors. Other climatic parameters were analyzed using information available in the Era5-Land database. Studied were six sites along the latitudinal dimension from Mesiagutovskaya forest-steppe to steppe ecosystems at the Orenburg Region borderline. Differences in the soil temperature regime in the habitats of rare steppe plant communities were found to depend on the steepness of hillsides and their exposition to sunlight, the conditions of vegetation cover, the type of soil, and the amount of precipitations and, in winter, on the height of snow cover.

*Keywords:* temperature sensors, soil temperature, precipitations, steppe, Bashkir Cis-Urals.

### Введение

В настоящее время многие экосистемы испытывают климатически обусловленные воздействия, последствия которых могут быть необратимые структурные изменения и снижение биоразнообразия в целом. Однако в разных частях планеты эти изменения происходят с разной скоростью и по-разному влияют на экосистемы. Среди них есть наиболее уязвимые, что обуславливает необходимость оценки влияния климатических изменений на них.

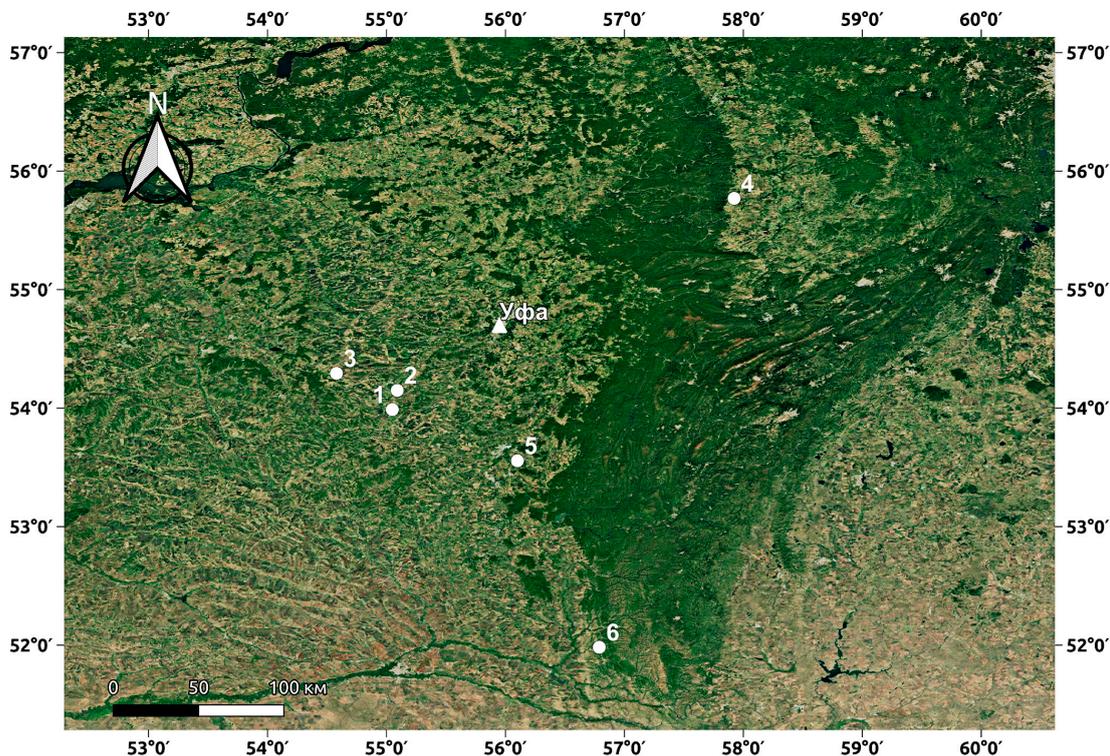
Среди процессов, влияющих на региональную погоду и климат на суше, особую роль играет обмен энергией между атмосферой и земной поверхностью. Его скорость зависит от нескольких факторов, включая температуру почвы. Колебания почвенной температуры изменяют ее распределение от поверхности и влияют на процессы в пограничном слое атмосферы и региональную циркуляцию [35]. Тепловой режим почв является важнейшей составной частью почвенного климата [10]. Температуры почвы на разных глубин-

нах полезны для описания как поверхностных энергетических процессов в экосистеме, так и региональных экологических и климатических условий [40, 41]. Исследованию изменений температуры верхних и глубинных слоев почвы в период современного потепления климата посвящено большое число работ [4, 5, 7, 19, 20-22, 25, 32]. Тенденции изменений температуры в верхних слоях почвы сложны, так как они связаны с режимом осадков и продолжительностью залегания и высоты снежного покрова [6, 23]. Именно тепловой режим, наряду с водным, определяет емкость и интенсивность процессов почвообразования, и в целом биопродуктивность различных экосистем [10]. В Южно-Уральском регионе сохранились ставшие редкими в России крупные участки редких степных ландшафтов, на которых отмечается исключительно высокое разнообразие редких и эндемичных видов растений, в частности – петрофитные степи [12, 14, 15, 28]. Для понимания роли температуры почвы в процессах на поверхности земли, влияющих на погоду и климат, необходим надежный набор данных о температуре почвы [36]. Целью настоящей работы является анализ результатов изучения климатических особенностей местообитаний степных уязвимых природных экосистемах Башкирского Предуралья.

## Материалы и методы

В качестве модельных уязвимых редких степных экосистем были выбраны участки существующих и проектируемых особо охраняемых природных территорий в Башкирском Предуралье: в Месягутовской лесостепи – гора Большая Тастуба; в Предбелье (центральная часть Предуралья) – гора Торатау, гора Сусактау, гора Ярыштау, на Белебеевской возвышенности (восточная часть Бугульмино-Белебеевской возвышенности) – степные участки Природного парка "Аслы-Куль"; в Южном Предуралье – Гора Канонникова (рис. 1, табл. 1).

В системе эколого-флористической классификации сообщества модельных уязвимых степных экосистем, на которых проводились исследования, представлены 4 ассоциациями (табл. 1), относящимися к союзам *Helictotricho desertori-Stipion rubentis* Toman 1969 и *Helictotricho desertorum-Orostachion spinosae* Korolyuk 2017 prov., которые объединяют сообщества настоящих и луговых степей степной и южной части лесостепной зоны на территории Западной Сибири и Северного Казахстана, а также степных и лесостепных предгорий и низкогорий Южного Урала и Западного Алтая. В Башкирском Предуралье сообщества ассоциаций обоих союзов занимают лишь небольшие



**Рис. 1.** Расположение модельных участков. Обозначения: 1 – гора Сусактау; 2 – гора Ярыштау; 3 – Природный парк «Аслы-Куль»; 4 – гора Большая Тастуба; 5 – гора Торатау; 6 – гора Канонникова.

площади на вершинах холмов и склонах преимущественно южных экспозиций невысоких сопок и останцев с мелкопрофильными каменистыми или щебнистыми почвами, а также на органогенно-щебнистых и слабо развитых маломощных черноземах, подстилаемых карбонатными породами [26, 27, 29]. На горах Ярыштау и Сусактау петрофитные степи распространены на песчаных почвах, сформировавшихся при разрушении карбонатизированных песчаников.

Экологические условия местообитаний отличаются высокой степенью каменистости (20–60%). Проективное покрытие травяного яруса варьирует в широких пределах (табл. 1). Помимо присутствия ковылей в травостое с высоким обилием и постоянством встречаются: василек сибирский (*Centaurea sibirica*) и овсец пустынный (*Helictotrichon desertorum*). Ядро сообществ составляют виды каменистых степей: лук красноватый (*Allium rubens*), бурачок извилистый (*Alyssum tortuosum*), полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana*), мордовник русский (*Echinops crispus*), хвойник двухколосковый (*Ephedra distachya*), тимьян Талиева (*Thymus talijevii*), осока стоповидная (*Carex pediformis*), тонконог жестколистный (*Koeleria sclerophylla*), копеечник крупноцветковый (*Hedysarum grandiflorum*), астрагал Гельма (*Astragalus helmii*), углостебельник высокий (*Goniolimon elatum*), пустынная Корина (*Eremogone koriniana*), полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*) и ряд дифференцирующих видов [8, 9, 17, 19, 28, 45]. По флористическому составу сообщества отличаются присутствием группы редких и исчезающих видов растений, включенных в Красную Книгу Республики Башкортостан: копеечник крупноцветковый (*Hedysarum grandiflorum*), копеечник серебристолистный (*Hedysarum argyrophyllum*), астрагал Гельма (*Astragalus helmii*), тонконог жестколистный (*Koeleria sclerophylla*), минуартия Красенинникова (*Minuartia krascheninnikovii*), флокс сибирский (*Phlox sibirica*), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*), ковыль Залесского (*Stipa zaleskii*), ковыль Коржинского (*Stipa korshinskyi*), ковыль красивый (*Stipa pulcherrima*), остролодочник Ипполита (*Oxytropis hippolyti*), бедренец разрезаннолистный (*Pimpinella tomiophylla*) и др.) [11], что делает данные сообщества объектами особого внимания за их состоянием в результате климатических изменений.

Для анализа сезонной и годичной динамики температуры почвы в степных объектах были использованы данные датчиков измерения температуры (Thermochron DS-1922). На каждом модельном участке было установлено по одному датчику в почве на глубине 5–7 см. Регистрация температуры почвы проводилась с 09.11.2022 по 18.10.2023. Показания фиксировались каждый час. В вегетационный период с 16.05.2023 по 18.10.2023 использовались данные датчиков температуры с участков гор Большая Тастуба,

Ярыштау, Сусактау, Торатау и Природного парка "Аслы-Куль". В холодный период с 09.11.2022 по 09.03.2023 использовались данные датчиков температуры с участков гор Ярыштау, Сусактау, Канонникова и Природного парка "Аслы-Куль". На трех участках (Гора Канонникова с 16.05.2023 по 18.10.2023, горы Торатау и Большая Тастуба с 09.11.2022 по 09.03.2023) датчики температуры вышли из строя, в связи с чем показания имели небольшой временной охват.

Для анализа сезонной динамики скорости ветра и количества твердых и жидких осадков также использовались данные климатической базы данных Era5-Land (<https://cds.climate.copernicus.eu/>). Для анализа состояния растительности рассчитывался вегетационный индекс NDVI по космоснимкам Landsat 8 (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) в программе QGIS 3.26 (<http://qgis.osgeo.org/>).

## Результаты

При анализе данных датчиков температуры почвы за 2023 год установлено, что с начала и до середины вегетационного периода наиболее высокие температуры почвы наблюдались на горе Торатау, а наиболее низкие – на горе Большая Тастуба и в Природном парке "Аслы-Куль" (рис. 2). С середины и до конца вегетационного периода температура почвы в южной части склон гор Сусактау и Ярыштау характеризовались максимальными показателями температуры, даже по сравнению с температурой почв северной части склона горы Торатау, расположенной южнее. В осенний период чаще наблюдались более низкие температуры на горе Торатау.

В середине вегетационного периода среднюю максимальную положительную температуру почвы показали датчики температуры, расположенные на горе Торатау – 25°C, минимальную – датчики, расположенные в Природном парке "Аслы-Куль" – 19°C (рис. 2).

Согласно данным климатической базы данных (Era5-Land), максимальное количество выпавших осадков на протяжении всего вегетационного периода в 2023 году наблюдалось на горе Большая Тастуба, минимальное количество осадков на горе Ярыштау (рис. 3). При этом в середине вегетационного периода наибольшее количество осадков выпало в Природном парке "Аслы-Куль", а наименьшее – на горе Канонникова.

От количества и частоты выпадения осадков зависит состояние растительности. Оно может быть охарактеризовано с использованием вегетационного индекса NDVI, которое также отражает соотношение между зеленой растительностью и ветошью [14]. В 2023 году на объектах степной растительности в середине сезонного развития (15.06.2023 – день 166) NDVI составлял от 0,43 (Ярыштау), что соответствует угнетенной растительности, до 0,64 (Большая Тастуба), что соответ-

## Характеристика модельных участков, на которых были установлены датчики температуры

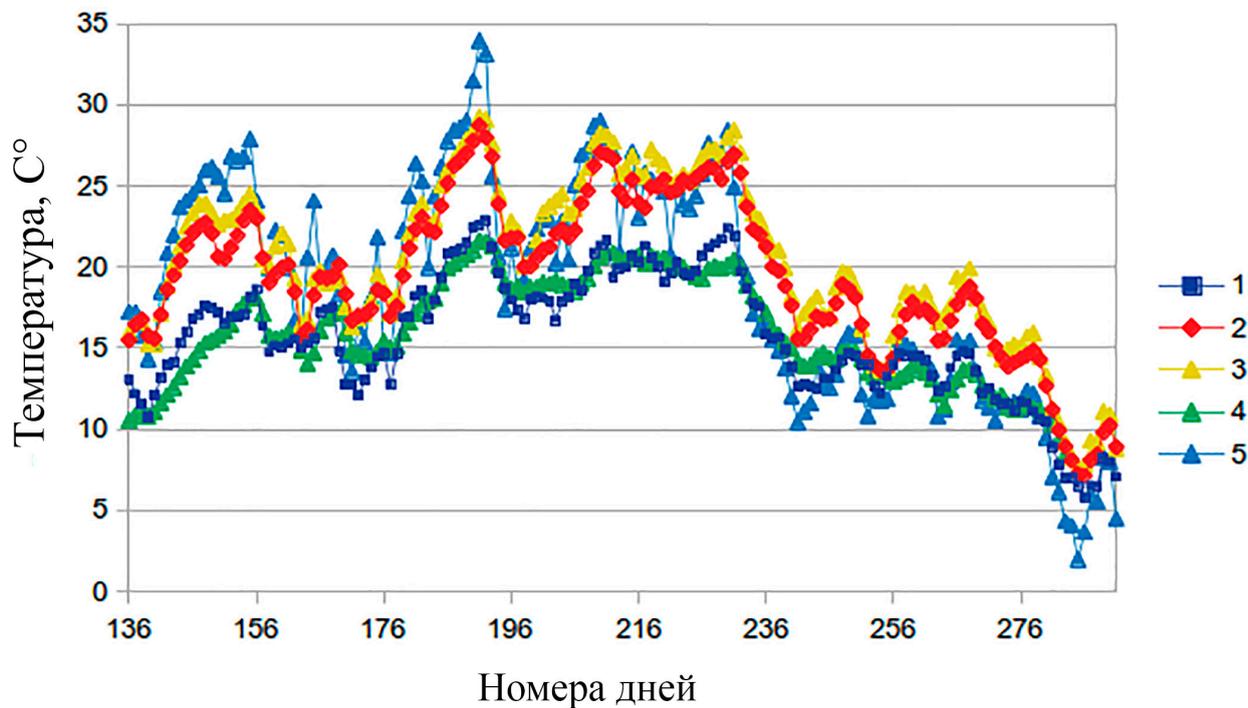
Объект	Период наблюдений	Географические координаты в системе WGS-84	Союз	Ассоциация	Проективное покрытие травяного яруса, % / средняя высота травостоя, см	Высота над уровнем моря, м	Рельеф: уклон, градусы	Экспозиция
Гора Сусактау	09.11.22-18.10.23	53°59'13" с.ш. 55°2'56" в.д.	<i>Helictotricho desertorum-Orostachyion spinosae</i>	<i>Astragalo helmii-Stipetum lessingianae</i> Martynenko et al. 2018	35/25	244	9,98°	95 (ВЮВ)
Гора Ярыштау	09.11.22-18.10.23	54°8'57" с.ш. 55°5'27" в.д.	<i>Helictotricho desertorum-Orostachyion spinosae</i>	<i>Astragalo helmii-Stipetum lessingianae</i> Martynenko et al. 2018	60/30	233	12,15°	154 (ЮЮВ)
Природный парк «Аслы-Куль»	09.11.22-09.03.23	54°17'36" с.ш. 54°34'47" в.д.	<i>Helictotricho desertorum-Orostachyion spinosae</i>	<i>Astragalo helmii-Stipetum lessingianae</i> Martynenko et al. 2018	60/30	316	14,21°	79 (ВСВ)
Гора Большая Тастуба	16.05.23-18.10.23	55°46'11" с.ш. 57°55'24" в.д.	<i>Helictotricho-Stipion</i>	<i>Minuartio krascheninnikovii-Festucetum pseudovinae</i> Bayanov in Yamalov et al. 2011	50/30	393	6,47°	140 (ЮЮВ)
Гора Торатау	16.05.23-18.10.23	53°33'19" с.ш. 56°6'5" в.д.	<i>Helictotricho-Stipion</i>	<i>Trinio muricatae-Centauretum sibiricae</i> Yamalov, Bayanov, Martynenko, Muldashev et Shirokikh 2011	40/25	351	24,01°	68 (ВСВ)
Гора Канонникова	09.11.22-09.03.23	51°58'54" с.ш. 56°47'22" в.д.	<i>Helictotricho-Stipion</i>	<i>Hedysaro argyrophylli-Centauretum sibiricae</i> Yamalov et Sultangareeva 2010	50/25	410	8,81°	242 (ЮЮЗ)

ствуется зеленой растительности. Таким образом, в этот период наблюдалась наибольшая фотосинтетическая активность растительности на севере Предуралья в Месягутовской лесостепи на горе Большая Тастуба, а наименьшая – в центральной части Башкирского Предуралья на горе Ярыштау (рис. 4).

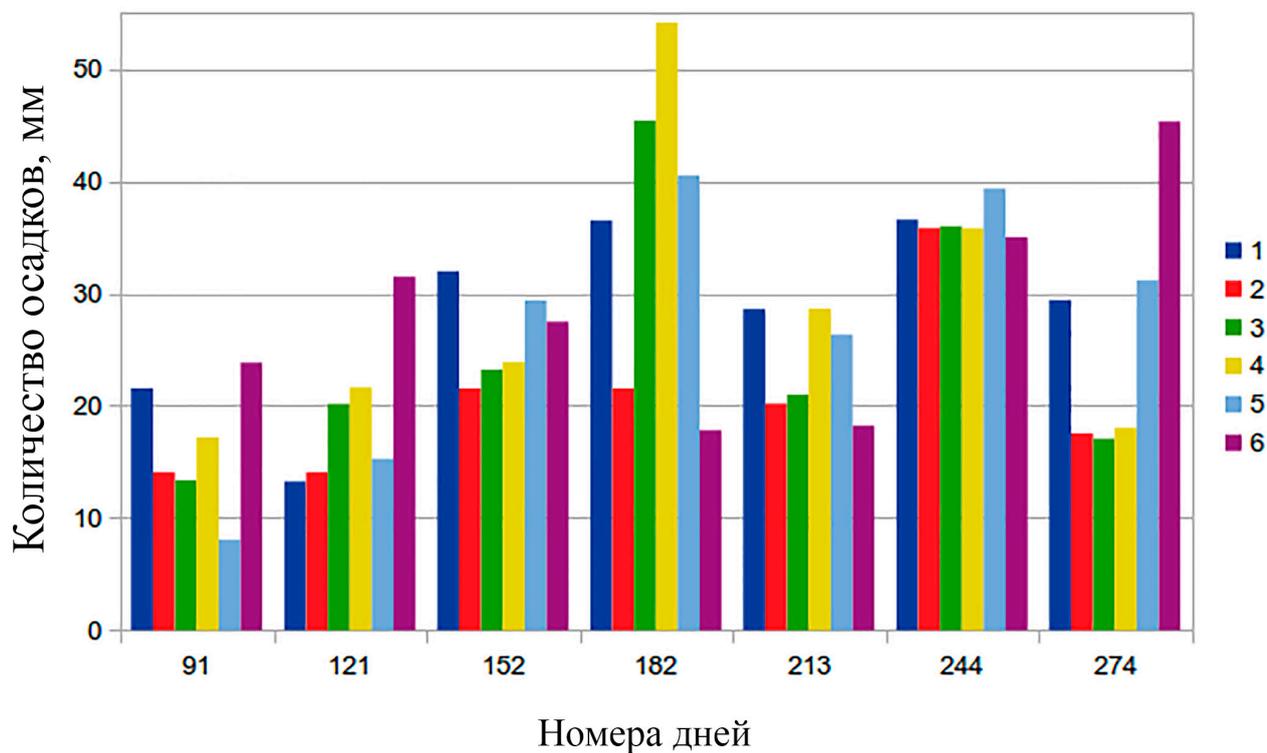
Для выявления особенностей формирования температурного режима почвы в зимний период использовались данные по скорости ветра и количеству осадков только за тот период, где были получены данные с датчиков температуры. Из рисунка 5 видно, что максимальное ветровое воздействие в начале зимнего периода испытывал участок на горе Канонникова, а на-

именьшее воздействие — участок на горе Ярыштау.

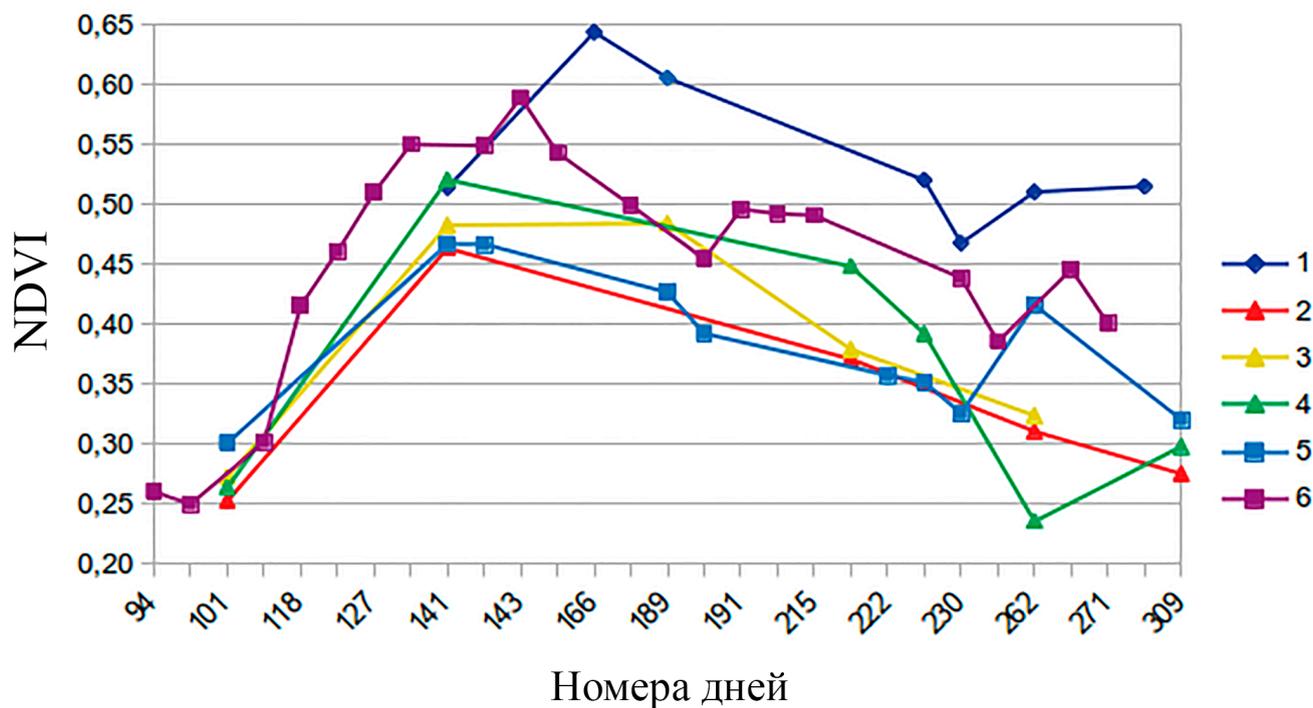
Ветровое воздействие влияет на высоту снежного покрова в связи с чем наиболее высокие значения температуры почвы наблюдались на горе Ярыштау, а наиболее низкие — на горе Канонникова (рис. 6). Низкие температуры почвы в зимний период на горе Канонникова связаны также с наименьшим количеством выпавших осадков в ноябре-марте — 92 мм (табл. 2). Из рисунка 6 видно, что к началу весеннего периода линии хода температур на всех участках сближались и в начале марта (04.03.2023 г. — день 63) происходило оттаивание почвы на участках гор Ярыштау, Сусактау, Канонникова и в Природном парке «Аслы-Куль».



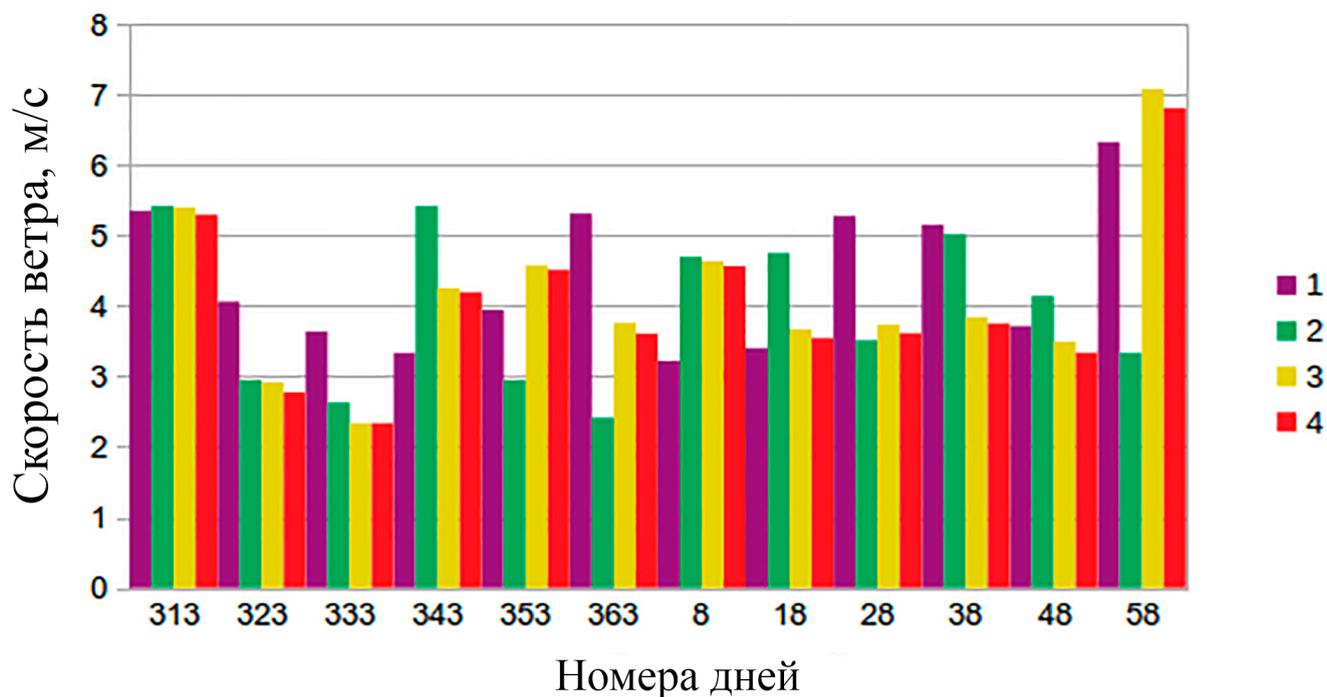
**Рис. 2.** Динамика среднесуточных температур по данным измерений датчиков температуры на модельных участках за вегетационный период (16.05.2023 по 18.10.2023). Обозначения: 1 – гора Большая Тастуба; 2 – гора Ярыштау; 3 – гора Сузактау; 4 – Природный парк "Аслы-Куль"; 5 – гора Торатау. Отсутствие данных с участка горы Канонникова связано с неисправностью датчиков температуры



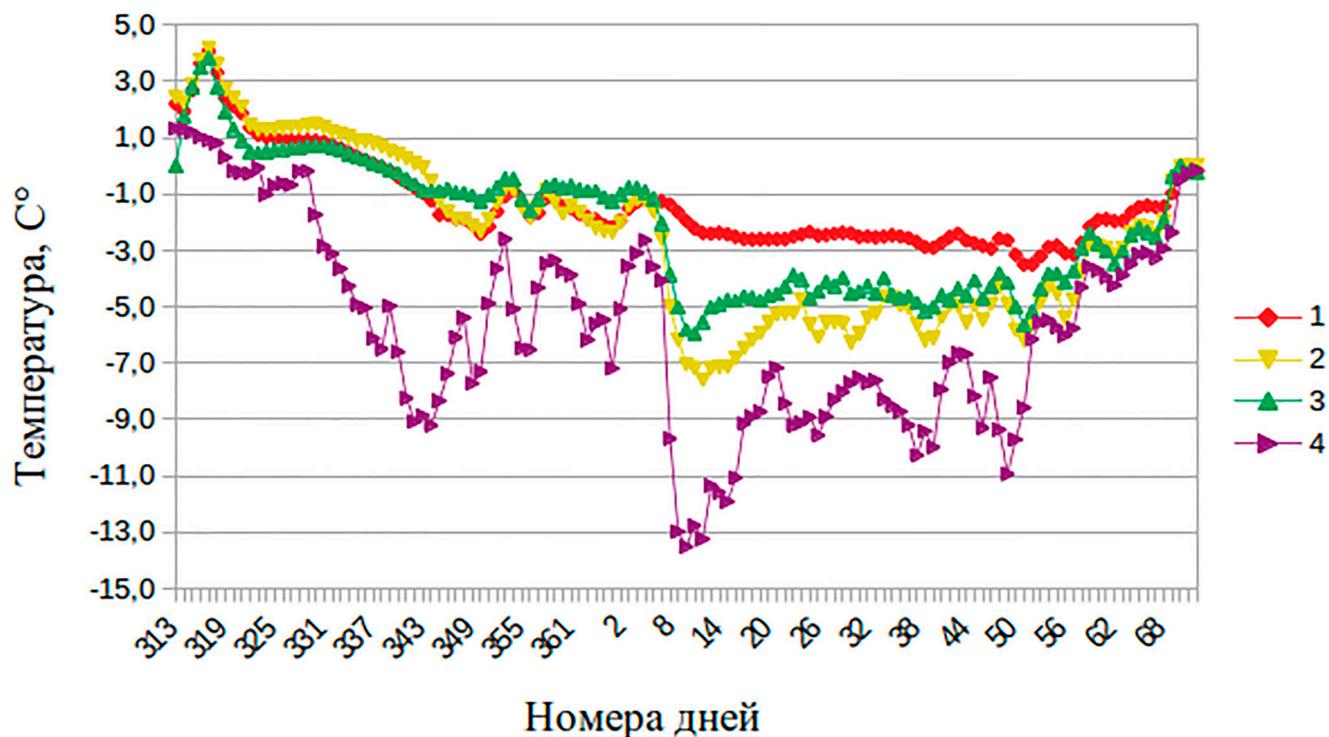
**Рис. 3.** Показатели количества осадков на модельных участках, по данным климатической базы данных Era5-Land, за вегетационный период (с 01.04.23 по 18.10.23 гг.). Обозначения: 1 – гора Большая Тастуба; 2 – гора Ярыштау; 3 – гора Сузактау; 4 – Природный парк "Аслы-Куль"; 5 – гора Торатау; 6 – гора Канонникова.



**Рис. 4.** Значение показателя NDVI на модельных участках за вегетационный период (с 04.04.2023 по 05.11.2023). Обозначения: см. рис. 3.



**Рис. 5.** Максимальная скорость ветра на модельных участках в холодный период (09.11.22 - 09.03.23 гг.) по данным климатической базы данных Era5-Land. Обозначения: 1 – гора Канонникова; 2 – Природный парк "Аслы-Куль"; 3 – гора Сусактау; 4 – гора Ярыштау.



**Рис. 6.** Динамика среднесуточных температур по данным измерений датчиков температуры на модельных участках в холодный период (09.11.22 по 09.03.23 гг.). Обозначения: 1 – гора Ярыштау; 2 – гора Сусактау; 3 – Природный парк "Аслы-Куль"; 4 – Гора Канонникова. Отсутствие данных с гор Торатау и Большая Тастуба связано с неисправностью датчиков температуры.

Табл. 2.

**Показатели количества осадков в (мм) по данным климатической базы данных Era5-Land на модельных участках Горы Канонникова и гор Ярыштау, Сусактау и Природного парка "Аслы-Куль" за период с 09.11.2022 по 09.03.2023.**

Месяц	Декада	Гора Канонникова	Гора Ярыштау	Гора Сусактау	Природный парк "Аслы-Куль"
Ноябрь	2	4,39	23,59	22,51	23,86
	3	1,57	28,91	29,20	29,34
Декабрь	1	0,87	2,69	2,57	2,26
	2	0,05	3,20	2,89	3,69
	3	18,97	15,99	14,35	17,66
Январь	1	8,19	25,28	25,24	2,44
	2	0,04	0,33	0,34	0,00
	3	0,04	1,00	0,69	0,01
Февраль	1	0,06	1,62	1,34	1,29
	2	5,79	4,96	5,01	4,88
	3	28,27	13,65	13,69	14,05
Март	1	24,40	18,21	18,21	21,64
<b>Сумма</b>		92,64	139,44	136,03	121,12

## Обсуждение

Изучение природы варьирования температуры почвы и факторов, которые оказывают на нее влияние в условиях изменяющейся среды, необходимо для более точной оценки быстротекущих почвенно-биологических процессов, понимания как поверхностных энергетических процессов, так и региональных экологических и климатических условий [36]. Изменение температуры почвы оказывает прямое воздействие на почвенные биотические процессы и гидрологический цикл почвы, например почвенное дыхание [42] и разложение углерода в почве [31, 44]. Процессы промерзания и оттаивания почвы определяют доступность почвенной воды для растительного покрова. Время оттаивания почвы влияет на количество инфильтрации талого снега, вследствие чего происходят изменения в гидрологических характеристиках почвы [30]. При анализе данных за 2023 год выявлено, что в средней части Башкирского Предуралья направление и крутизна склона являлись своеобразными «перераспределителями» инсоляции, что может влиять на интенсивность испарения воды [3]. Данное явление наблюдалось на горе Торатау, которая отличается наибольшей крутизной склона. Там датчики температуры фиксировали с начала и до середины вегетационного периода максимальные значения температур.

Экспозиция склона имеет большое значение в формировании температуры почвы. На южных инсолируемых склонах происходит испарение большего количества воды, чем на северных теневых, и это различие усиливается с повышением крутизны склонов, которое наряду с экспозицией контролирует испарение [38]. Соответственно, растительные сообщества здесь испытывают дефицит влаги, в то время как теневой склон может иметь достаточное увлажнение [9]. В 2023 году наименьшее количество осадков наблюдалось в июле, когда происходит плодоношение многих степных видов. Влияние дефицита влаги в большей степени проявлялась на южных склонах гор Сусактау и Ярыштау, где датчики температуры показывали максимальные значения температуры с середины вегетационного периода в сравнении с температурой почв северной части склона горы Торатау, которая расположена южнее.

Еще одним фактором, определяющим температурный режим почвы, является состояние растительного покрова, отвечающего за формирование приземного микроклимата [23, 35]. Показателем, отражающим интенсивность фотосинтеза растений, является NDVI, значительно коррелирующий с влажностью почвы и количеством выпавших осадков. В обычные годы, значение NDVI степной растительности увеличивается до конца июня – периода максимального развития степной растительности (начала плодоношения злаков и цветения разнотравья). Вполне ожидаемо,

что почвы под более густой растительностью будут в меньшей степени подвержены колебанию температур, поскольку наличие растительности способствует формированию более мягкого микроклимата по сравнению с оголенными участками. Самые высокие показатели NDVI в достаточно засушливый 2023 год наблюдались на горе Большая Тастуба. Данное явление может быть связано с тем, что в этом районе выпало наибольшее количество осадков, и исследуемый участок горы отличается наименьшей крутизной склона.

Горы Ярыштау, Сусактау и Торатау характеризуются наиболее низкими значениями NDVI по сравнению с другими изучаемыми объектами. Причиной этого может являться состав почв. На данных модельных участках почва эрозионного происхождения сложена алевролитами, песчаниками, аргиллитами, мергелями, известняками [17], ввиду этого на склонах распространены песчаные и петрофитные степные сообщества. Кроме того, Ярыштау, Сусактау и Торатау отличаются наибольшей крутизной склона по сравнению с другими объектами. Вследствие этого даже эпизодическое ливневое выпадение жидких осадков в теплый период обеспечивает промывной режим в почвах, увеличивающий вымывание питательных элементов, что снижает продуктивность растительности [13].

Количество выпавших осадков оказывает опосредованное влияние на температурный режим, поскольку в зависимости от этого изменяется объемная теплоемкость почвы [1]. Теплоемкость сырых почв выше, а скорость нагревания при прочих равных условиях меньше, чем у сухих. Наибольшее количество осадков, выпавших в Природном парке "Аслы-Куль" в середине вегетационного периода, вероятно стало одной из причин колебания показателя температуры почвы в этот период времени. Гора Торатау, характеризующаяся наибольшей крутизной склона, отличается более высокой температурой почв при не самом низком показателе количества осадков при сравнении с остальными участками. Вероятно, это объясняется тем, что на крутых склонах происходит быстрый сток атмосферных осадков, и они таким образом оказывают меньшее влияние на температуру почв.

Высота снежного покрова является сильным регулятором температуры почвы и глубины ее промерзания [34]. Самыми холодными на любой территории являются участки с минимальной высотой снежного покрова [1]. Ветровой режим влияет на изменение диапазона минимальных температур почв, а именно на количество твердых осадков. В ветреные дни количество твердых осадков соответственно уменьшается, что влияет на температуру почв. С учетом рельефа местности, даже незначительный ветер уменьшает высоту снежного покрова на элементах рельефа, подверженных ветровому воздействию [34, 37, 39, 43]. От-

существование снега в начале зимы и минимальная высота снежного покрова объясняет низкие значения температуры почв участка горы Канонникова при сравнении с участком горы Ярыштау, где отмечались высокие значения температур почв, вследствие выпадения большего количества осадков на протяжении всего зимнего периода.

Различия температурных режимов почв местобитания редких степных сообществ определяются сочетанием ряда факторов: крутизна и экспозиция склонов, состояние растительного покрова, тип почвы, количество осадков, а в зимний период высота снежного покрова.

### Заключение

При прогнозируемых климатических изменениях предполагается аридизация климата Южно-Уральского региона с увеличением температуры и зимних осадков при снижении осадков в летний период, а также увеличение частоты засух (<https://www.meteorf.gov.ru/>

[upload/pdf\\_download/doklad\\_klimat2020.pdf](https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf)). Мониторинг температуры почвы при помощи стандартных метеорологических данных, таких как температура воздуха, количество осадков, скорость ветра, высота снежного покрова, а также рельефа местности позволяют лучше понять биологические и энергетические процессы, происходящие в почве и различия во флористическом составе растительных сообществ. Степные объекты, расположенные по широтному ряду от северной Месягутовской лесостепи до границы с Оренбургскими степями, могут сделать возможной оценку влияния климатических изменений на широкий спектр степных сообществ от луговых до настоящих степей и их петрофитных вариантов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 123020800001-5 «Анализ и прогноз комплексного влияния антропогенных факторов и климатических изменений на растительный покров Южно-Уральского региона».*

## Литература

### Список русскоязычной литературы

1. Алфимов АВ, Берман ДИ, Булахова НА. Зимние температурные условия в корнеобитаемом слое почв в Сибири и на северо-востоке Азии. Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2012;(3):10-18.
2. Аненхонов ОА, Лю Х, Ху Г, Бадмаева НК. Мониторинг гидротермических условий в экспозиционной лесостепи Западного Забайкалья. Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. 2014;(3):255-263.
3. Аненхонов ОА, Санданов ДВ, Лю Х, Королюк АЮ, Ху Г, Гуо В, Чимитов ДГ. Значение термических условий почв в дифференциации растительности экспозиционной лесостепи Забайкалья. Сибирский экологический журнал. 2020;(5):632-646.
4. Васильев АА, Дроздов ДС, Москаленко НГ. Динамика температуры многолетнемерзлых пород Западной Сибири в связи с изменениями климата. Криосфера Земли. 2008;12(2):10-18.
5. Гиличинский ДА, Быховец СС, Сороковиков ВА, Федоров-Давыдов ДГ, Барри РГ, Жанг Т, Алексеева ОИ. Использование данных метеорологических станций для оценки тенденций многолетних изменений температуры почв на территории сезонной и многолетней криолитозоны России. Криосфера Земли. 2000;4(3):59-66.
6. Дюкарев ЕА, Головацкая ЕА. Особенности температурного режима торфяной залежи олиготрофного болота в южной тайге Западной Сибири. География и природные ресурсы. 2013;(1):65-71.
7. Золотов СЮ, Ипполитов ИИ, Логинов СВ, Луцицкая ИО, Белая НИ. Сравнение данных реанализа NCEP/NCAR профилей температуры почвы с данными измерений сети станций на территории Западной Сибири. Криосфера Земли. 2011;15(2):14.
8. Золотарева НВ, Королюк АЮ, Ямалов СМ. Сообщества класса Festuco-Brometea Br.-Bl. et tx. Ex Soó 1947 Месягутовской и Красноуфимской лесостепей (Среднее Предуралье). Растительность России. 2019;(37):29-78.
9. Королюк АЮ. Подходы к анализу структуры растительного покрова ландшафтов с пересеченным рельефом. Изв. Самар. науч. центра РАН. 2012;14(5):1280-3.
10. Копысов СГ, Пеньков НА. Термический режим почв как индикатор гидролого-климатических особенностей экосистем. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН; 10-14 сентября 2018 г.; Новосибирск. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета; 2018. стр. 214-217.

11. Мартыненко ВБ. Красная книга Республики Башкортостан: Растения и грибы. – Москва: Студия онлайн; 2021.
  12. Мелентьева АИ, Мартыненко ВБ. Уникальные памятники природы – шиханы Тратау и Юрактау. - Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия; 2014.
  13. Миркин БМ. Что такое растительные сообщества. Москва: Наука; 1986.
  14. Миркин БМ. Флора и растительность Национального парка «Башкирия». Уфа: Гилем; 2010.
  15. Миркин БМ, Мартыненко ВБ. Природные условия и биота Природного парка «Аслы-Куль». Уфа: Башкирская энциклопедия; 2018.
  16. Миркин БМ, Наумова ЛГ, Соломещ АИ. Современная наука о растительности. М.: Логос. 2002.
  17. Мулдашев АА, Позднякова ЭП, Едренкина ЛА, Сагитов ШЗ, Волков АМ, Богдан ЕА, Соколов ЮВ. Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения. - Уфа: Белая река; 2016.
  18. Мулдашев АА, Маслова НВ, Елизарьева ОА, Галеева АХ. Характеристика возрастного состава популяций *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) в Башкирском Предуралье. Вестник Оренбургского государственного университета. 2013;10(159):198-201.
  19. Павлов АВ. Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео»; 2008.
  20. Трофимова ИЕ. Современное состояние и тенденции многолетних изменений мерзлотно-термического режима почв Прибайкалья. География и природные ресурсы. 2006;(4):38-45.
  21. Трофимова ИЕ, Балыбина АС. Мониторинг температуры почвы и толщины снежного покрова на территории Иркутской области. Лед и снег. 2012;(1):62-8.
  22. Трофимова ИЕ, Шеховцов АИ. Оценка термического режима почв котловин Прибайкалья и Северного Забайкалья. География и природные ресурсы. 2011;(4):100-7.
  23. Хорошаев ДА, Курганова ИН, де Геренно ВОЛ. Температурный режим серой лесной почвы под сеяным лугом и чистым паром в полевом эксперименте по имитации почвенных засух. Агрофизика. 2019;(4):31-8.
  24. Хорошев АВ, Калмыкова ОГ, Дусаева ГХ. Оценка индекса NDVI как источника информации о наземной фитомассе в степях. Исследование Земли из космоса. 2023;3:27-43.
  25. Шерстюков АБ. Корреляция температуры почвогрунтов с температурой воздуха и высотой снежного покрова. Криосфера Земли. 2008;12(1):79-87.
  26. Ямалов СМ, Баянов АВ, Мулдашев АА, Аверина ЕА. Ассоциации луговых степей Южного Урала. Растительность России. 2013;(22):106-25.
  27. Ямалов СМ, Баянов АВ, Муллагулов РТ, Мулдашев АА. Разнообразие сообществ степей Зауралья Республики Башкортостан. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013;15(3):1531-5.
  28. Ямалов СМ, Баянов АВ, Мартыненко ВБ, Мулдашев АА, Широких ПС. Эндемичные ассоциации петрофитных степей палеорифов Южного Урала. Растительность России. 2011;(19):117-26.
  29. Ямалов СМ, Миркин БМ. Флористическая и географическая дифференциация настоящих и луговых степей Южного Урала. Растительный мир Азиатской России. 2010;2(6):58-65.
- Общий список литературы / Reference List**
1. Alfimov AV, Berman DI, Bulakhova NA [Winter temperature conditions in the root-inhabited layer of soils in Siberia and northeast Asia]. Vestnik Severo-Vostochnogo Nauchnogo Tsentra DVO RAN. 2012;(3):10-8. (In Russ.)
  2. Anenkhonov OA, Liu X, Hu G, Badmayeva NK [Monitoring of hydrothermal conditions in the exposed forest-steppe of Western Transbaikalia]. Vestnik Buriatskogo Nauchnogo Tsentra Sibirskogo Otdeleniya Rossiyskoy Akademii Nauk. 2014;(3):255-63. (In Russ.)
  3. Anenkhonov OA, Sandanov DV, Liu X, Korolyuk AY, Hu G, Guo W, Chimitov DG [Significance of soil thermal conditions in differentiation of vegetation of the exposed forest-steppe of Transbaikalia]. Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal. 2020;(5):632-46. (In Russ.)
  4. Vasilyev AA, Drozdov DS, Moskalenko NG [Temperature dynamics of perennially frozen rocks in Western Siberia in connection with climate change]. Kriosfera Zemli. 2008;12(2):10-18. (In Russ.)
  5. Gilichinsky DA, Bykhovets SS, Sorokovikov VA, Fedorov-Davydov DG, Barry RG, Zhang T, Alekseyeva OI [Use of meteorological station data for assessment of trends in multiyear changes in soil temperature in the seasonal and perennial cryolithozone of Russia]. Kriosfera Zemli. 2000;4(3):59-66. (In Russ.)
  6. Diukarev EA, Golovatskaya EA [Peculiarities of temperature regime of peat deposit of oligotrophic bog in the southern taiga of Western Siberia]. Geografiya i prirodnye resursy. 2013;(1):65-71. (In Russ.)
  7. Zolotov SY, Ippolitov II, Loginov SV, Luchitskaya IO, Belaya NI [Comparison of NCEP/NCAR

- reanalysis data of soil temperature profiles with data of station network measurements in Western Siberia]. *Kriosfera Zemli*. 2011;15(2):14. (In Russ.)
8. Zolotareva NV, Korolyuk AY, Yamalov SM [Communities of the class Festuco-Brometea Br.-Bl. et tx. Ex Soó 1947 Mesyagutovskaya and Krasnoufimskaya forest-steppe (Middle Urals)]. *Rastitelnost Rossii*. 2019;(37):29-78. (In Russ.)
  9. Korolyuk AY [Approaches to analyzing the structure of the vegetation cover of landscapes featuring rugged relief]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2012;14(5):1280-3. (In Russ.)
  10. Kopysov SG, Pen'kov NA [Thermal soil mode as the indicator of the hydrological-climate features of ecosystems]. *Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 50-letiyu Instituta pochvedeniya i agrohimii SO RAN; 110-14 sentyabrya 2018 g.; Novosibirsk. Tomsk: Izdatel'skij Dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta; 2018. p. 214-217. (In Russ.)*
  11. Martynenko VB [The Red Book of the Republic of Bashkortostan: Plants and Mushrooms]. *Moskva: Studiya onlain; 2021. (In Russ.)*
  12. Melentyeva AI, Martynenko VB [Unique natural monuments include the Tratau and Yuraktau hills]. *Ufa: Gilem, Bashkirskaya Entsiklopediya; 2014. (In Russ.)*
  13. Mirkin BM [What are plant communities]. *Moscow: Nauka; 1986. (In Russ.)*
  14. Mirkin BM [Flora and vegetation of the Bashkiria National Park]. *Ufa: Gilem; 2010. (In Russ.)*
  15. Mirkin BM, Martynenko VB [Natural conditions and biota of the Asly-Kul Nature Park]. *Ufa: Bashkirskaya Entsiklopediya; 2018. (In Russ.)*
  16. Mirkin BM, Naumova LG, Solomeshch AI [Modern science of vegetation]. *Moscow: Logos; 2002. (In Russ.)*
  17. Muldashev AA, Pozdnyakova EP, Edrenkina LA, Sagitov ShZ, Volkov AM, Bogdan EA, Sokolov YuV [Register of specially protected natural areas of national importance]. *Ufa: Belaya Reka; 2016. (In Russ.)*
  18. Muldashev AA, Maslova NV, Elizaryeva OA, Galeyeva AH [Characterization of age composition of *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) populations in the Bashkir Pre-Urals]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013;10(159):198-201. (In Russ.)
  19. Pavlov AV. [Monitoring of Cryolithozone]. *Novosibirsk: Geo; 2008. (In Russ.)*
  20. Trofimova IE [Current state and trends of multi-year changes in permafrost-thermal regimen of soils in Pribaikalye]. *Geografiya i Prirodnye Resursy*. 2006;(4):38-45. (In Russ.)
  21. Trofimova IE, Balybina AS [Monitoring of soil temperature and snow cover thickness in the Irkutsk region]. *Led i Sneg*. 2012;(1):62-8. (In Russ.)
  22. Trofimova IE, Shekhovtsov AI [Assessment of the thermal regimen of soils in the basins of Pribaikalye and Northern Transbaikalia]. *Geografiya i Prirodnye Resursy*. 2011;(4):100-107.
  23. Khoroshayev DA, Kurganova IN, de Guerenu VOL [Temperature regimen of gray forest soil under sown meadow and clean fallow in a field experiment on soil drought simulation]. *Agrofizika*. 2019;(4):31-38. (In Russ.)
  24. Khoroshev AV, Kalmykova OG, Dusayeva GK [Assessment of the NDVI index as a source of information about terrestrial phytomass in steppes]. *Issledovaniye Zemli iz Kosmosa*. 2023;3:27-43.
  25. Sherstiukov AB [Correlation of soil temperature with air temperature and snow cover height]. *Kriosfera Zemli*. 2008;12(1):79-87. (In Russ.)
  26. Yamalov SM, Bayanov AV, Muldashev AA, Averinova EA [Associations of meadow steppes of the Southern Urals]. *Rastitelnost Rossii*. 2013;(22):106-25. (In Russ.)
  27. Yamalov SM, Bayanov AV, Mullagulov RT, Muldashev AA [Diversity of steppe communities in the Trans-Urals of the Republic of Bashkortostan]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2013;15(3):531-5. (In Russ.)
  28. Yamalov SM, Bayanov AV, Martynenko VB, Muldashev AA, Shirokikh PS [Endemic associations of petrophytic steppe paleophytes of the Southern Urals]. *Rastitelnost Rossii*. 2011;(19):117-26. (In Russ.)
  29. Yamalov SM, Mirkin BM [The floristic and geographical differentiation of true and meadow steppes of the Southern Urals]. *Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii*. 2010; 2(6):58-65. (In Russ.)
  30. Barnett TP, Adam JC, Lettenmaier DP. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*. 2005;438(7066):303-9.
  31. Davidson EA, Janssens IA. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*. 2006;440(7081):165-73.
  32. Duchkov AD. Characteristics of permafrost in Siberia. In: *Advances in the Geological Storage of Carbon Dioxide*. Berlin: Springer Publ; 2006. P. 81-92.
  33. Gxasheka M, Dlamini P. Slope aspect of a mountainous grassland landscape shapes the structure of an encroaching shrub (*Euryops floribundus* NE Br): insights from communal grazing sites locat-

- ed at varying distances from rural homesteads. *Comm Ecol.* 2024;25(2):127-143.
34. Hardy JP, Groffman PM, Fitzhugh RD, Henry KS, Welman AT, Demers JD, Nolan S. Snow depth manipulation and its influence on soil frost and water dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry.* 2001; 56:151-74.
  35. Hu G, Liu H, Anenkhonov OA, Korolyuk AY, Sandanov DV, Guo D. Forest buffers soil temperature and postpones soil thaw as indicated by a three-year large-scale soil temperature monitoring in the forest-steppe ecotone in Inner Asia. *Global and Planetary Change.* 2013;104:1-6.
  36. Hu Q, Feng S. A daily soil temperature dataset and soil temperature climatology of the contiguous United States. *J Appl Meteorol.* 2003;42(8):1139-56.
  37. Kubin E, Poikolainen J. Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways. *Folia Forestalia. - Helsinki (Finland): Finnish Forest Research Institute; 1982.*
  38. Liu H, He S, Anenkhonov OA, Hu G, Sandanov DV, Badmaeva NK. Topography-controlled soil water content and the coexistence of forest and steppe in Northern China. *Phys. Geogr.* 2012;33(6):561-73.
  39. Mellander PE, Laudon H, Bishop K. Modelling variability of snow depths and soil temperatures in Scots pine stands. *Agricult Forest Meteorol.* 2005;133(1):109-18.
  40. Pan HL, Mahrt L. Interaction between soil hydrology and boundary-layer development. *Boundary-Layer Meteorol.* 1987;38:185-202.
  41. Peters-Lidard CD, Blackburn E, Liang X, Wood EF. The effect of soil thermal conductivity parameterization on surface energy fluxes and temperatures. *J Atmosph Sci.* 1998;55(7):1209-24.
  42. Schlesinger WH, Andrews JA. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry.* 2000;48:7-20.
  43. Stadler D, Wunderli H, Auckenthaler A, Fluhler H, Brundl M. Measurement of frost induced snowmelt runoff in a forest soil. *Hydrol Processes.* 1996;10:1293-304.
  44. von Lutzow M, Kogel-Knabner I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition – what do we know? *Biol Fertil Soils.* 2009;46:1-15.
  45. Zang Y, Chen W, Smith SL, Riseborough DW, Cihlar J. Soil temperature in Canada during the twentieth century: Complex responses to anthropogenic climate change. *J Geophys Res.* 2005;110:D03112.

