

Оригинальная статья / Original article

УДК 574.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-64-73

## Продуктивность растительности и запасы углерода в луговой степи на залежи в Башкирском Предуралье (Южно-Уральский регион)

Эльвира З. Баишева<sup>1,2</sup>, Николай И. Федоров<sup>1,2</sup>, Светлана Н. Жигунова<sup>1,2</sup>, Павел С. Широких<sup>1,2</sup>, Михаил А. Комиссаров<sup>1,2</sup>, Илюся М. Габбасова<sup>1,2</sup>, Альберт А. Мулдашев<sup>1,2</sup>, Ильнур Г. Бикбаев<sup>1,2</sup>, Ильшат Р. Туктамышев<sup>1,2</sup>, Галина В. Шендель<sup>1,2</sup>, Руслан Р. Сулейманов<sup>1,2</sup>, Тимур Т. Гарипов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

<sup>2</sup>Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

### Контактное лицо

Эльвира З. Баишева, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Уфимский институт биологии – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН; 450054 Россия, г. Уфа, проспект Октября, 69.  
Тел. +79871070537

Email [elvbai@mail.ru](mailto:elvbai@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0002-012X>

### Формат цитирования

Баишева Э.З., Федоров Н.И., Жигунова С.Н., Широких П.С., Комиссаров М.А., Габбасова И.М., Мулдашев А.А., Бикбаев И. Г., Туктамышев И.Р., Шендель Г.В., Сулейманов Р.Р., Гарипов Т.Т. Продуктивность растительности и запасы углерода в луговой степи на залежи в Башкирском Предуралье (Южно-Уральский регион) // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 4. С. 64-73. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-64-73

Получена 28 июня 2023 г.

Прошла рецензирование 14 августа 2023 г.

Принята 5 октября 2023 г.

### Резюме

**Цель.** Сбор и анализ сведений о составе и продуктивности растительности, оценка депонирования углерода растительностью и почвой на залежном участке луговой степи в Башкирском Предуралье.

**Материал и методы.** Работа основана на материалах обследования растительности и почв залежного участка луговой степи, на котором более 20 лет проходит постагрогенная восстановительная сукцессия.

**Результаты.** Растительный покров участка близок к естественным богато-разнотравным луговым степям, но отличается более низкими показателями видового богатства и насыщенности, а также присутствием сорных сеgetальных видов. Общая биомасса растений оценена в 11,35 т/га (в том числе надземная живая биомасса 2,98 т/га, мортмасса 3,11 т/га, масса корней 5,25 т/га). Средние величины запасов углерода в биомассе растений составляют 427,6 г/м<sup>2</sup>, а общий запас углерода в растительном веществе на всем участке – 36,88 тонн. Почвы представлены черноземом типичным карбонатным. Запасы углерода в маломощной почве в слое 0–90 см составляет 308 т/га, в среднемощной – 378 т/га.

**Заключение.** Особенностью обследованных сообществ является обедненный флористический состав, низкая продуктивность и невысокая доля корней (47 % от общей фитомассы), что связано с неполным восстановлением степной растительности и малой мощностью гумусового горизонта. Почвы участка по содержанию и запасам углерода приближаются к целинным аналогам.

### Ключевые слова

Луговая степь, карбоновый полигон, секвестрация углерода, залежь, Южно-Уральский регион.

# Productivity of vegetation and carbon stock in meadow steppe on fallow areas in the Bashkir Cis-Urals (Southern Urals region), Russia

Elvira Z. Baisheva<sup>1,2</sup>, Nikolai I. Fedorov<sup>1,2</sup>, Svetlana N. Zhigunova<sup>1,2</sup>, Pavel S. Shirokikh<sup>1,2</sup>, Mikhail A. Komissarov<sup>1,2</sup>, Ilusya M. Gabbasova<sup>1,2</sup>, Albert A. Muldashev<sup>1,2</sup>, Ilnur G. Bikbaev<sup>1,2</sup>, Ilshat R. Tuktamyshev<sup>1,2</sup>, Galina V. Shendel<sup>2</sup>, Ruslan R. Suleymanov<sup>1,2</sup> and Timur T. Garipov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

<sup>2</sup>Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

## Principal contact

Elvira Z. Baisheva, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, 69 Oktyabrya Prospekt, Ufa, Russia 450054.

Tel. +79871070537

Email [elvbai@mail.ru](mailto:elvbai@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0002-012X>

## How to cite this article

Baisheva E.Z., Fedorov N.I., Zhigunova S.N., Shirokikh P.S., Komissarov M.A., Gabbasova I.M., Muldashev A.A., Bikbaev I.G., Tuktamyshev I.R., Shendel G.V., Suleymanov R.R., Garipov T.T. Productivity of vegetation and carbon stock in meadow steppe on fallow areas in the Bashkir Cis-Urals (Southern Urals region), Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 4, pp. 64-73. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-64-73

Received 28 June 2023

Revised 14 August 2023

Accepted 5 October 2023

## Abstract

**Aim.** Data collection and analysis of the composition and productivity of vegetation and assessment of carbon sequestration by vegetation and soil in meadow steppe at a fallow site in the Bashkir Cis-Urals, Russia.

**Material and Methods.** The work is based on a survey of vegetation and soils of meadow steppe located in fallow areas, where post-agrogenic restoration succession has been going on for more than 20 years.

**Results.** The plant cover of the area studied is close to natural rich-forb meadow steppes but differs in lower indicators of species richness and saturation, as well as the presence of weedy segetal species. The total plant biomass on the plot studied was estimated at 11.35 t/ha (including live aboveground biomass 2.98 t/ha, mortmass 3.11 t/ha, root weight 5.25 t/ha). The average stock of carbon in the plant biomass is 427.6 g/m<sup>2</sup>, and the total carbon stock in plant matter within the site is 36.88 tons. The soil cover of the area studied is Chernozem Calcic. The average levels of carbon stocks in short-thickness soil at the 0–90 cm layer is 308 t/ha, while in medium-thick soil it is 378 t/ha.

**Conclusions.** A feature of the communities surveyed is a poor floristic composition, low productivity and low proportion of roots (47 % of the total plant biomass), which is caused by incomplete recovering of steppe vegetation and low thickness of the humus horizon. The soils of the site are close to virgin steppe lands in terms of carbon content and reserves.

## Key Words

Meadow steppe, carbon polygon, carbon sequestration, fallow land, Southern Urals region.

## ВВЕДЕНИЕ

Степи являются зональным типом растительности Евразии, встречаются в Центральной и Восточной Европе, на юге Западной Сибири, в Центральной Азии и горных районах, характеризуются высокой хозяйственной ценностью и антропогенной освоенностью [1]. Многочисленные работы последних десятилетий показывают, что под влиянием антропогенного воздействия и изменения климата происходят деградация и аридизация растительного покрова и почв степей, изменения в фенологии и ареалах видов, снижаются чистая первичная продукция, количество доступной почвенной влаги, показатели NDVI и др. [2; 3].

В зоне умеренного климата степи относятся к высокопродуктивным биомам и играют важную роль в глобальном цикле углерода. Основные запасы углерода находятся в почве степей, на наземную биомассу растений приходится небольшое количество углерода, которое часто выносятся за пределы степных экосистем в результате выпаса, сенокошения и пожаров. На долю степей приходится 10–20 % суммарного стока диоксида углерода в наземные экосистемы РФ, а запасы углерода в почвах равнинных степных ландшафтов составляют примерно четвертую часть от общего количества углерода, депонированного в почвах на территории страны [4; 5].

Органический углерод целинных степных почв чувствителен к изменениям окружающей среды. Умеренный выпас способствует накоплению углерода в почвах в результате компенсационного роста растений и усиленного корнеобразования. Чрезмерный выпас, наоборот, приводит к потере почвенного углерода из-за снижения продуктивности растений, уменьшения отложений подстилки и эрозии почв. Потеря углерода влияет на снижение водоудерживающей способности, интенсификацию ветровой и водной эрозии и снижение плодородия степных почв [6; 7]. Для увеличения секвестрации углерода степными экосистемами и снижения его эмиссии из почвы необходимо регулировать выпас и восстанавливать растительность на деградированных и залежных участках [4; 6].

До начала интенсивного хозяйственного освоения степи занимали не менее трети равнинной части Республики Башкортостан (РБ), соответствующей области распространения черноземов. Ко второй половине XX века, после освоения практически всех пахотнопригодных земель, площади степей резко сократились и остались преимущественно на непригодных для распашки участках и на особо охраняемых природных территориях. Участки степной растительности встречаются в степной и лесостепной зонах РБ, а также в предгорных и горных районах, где небольшие фрагменты степных сообществ сохранились на инсолированных крутых склонах южной и юго-восточной экспозиций, а также выше границы леса вблизи вершин гор и хребтов. Во многих местах растительность степных участков трансформирована в результате бессистемного выпаса и сложена флористически обедненными вариантами сообществ с доминированием типчака и полыней [8].

После распада СССР в результате экономического кризиса 1990-х гг. произошло резкое сокращение пахотных земель, а РБ вошла в число регионов с высокой долей неиспользуемых сельскохо-

зяйственных угодий. В лесостепной зоне Башкирского Предуралья за 1997–2017 гг. доля пашни уменьшилась на более 490 тыс. га [9]. Залежи являются основным резервом для восстановления степного биомы России, их зарастание и формирование на них вторичных восстановленных степей может внести значительные изменения в углеродный баланс, водный и тепловой режим степных и лесостепных ландшафтов [4; 5]. На настоящий момент сведения о составе и продуктивности растительности, а также углеродном балансе восстанавливающихся на залежах степей Башкирского Предуралья в научной литературе практически отсутствуют, что подчеркивает актуальность и новизну данного исследования.

В связи с высоким потенциалом накопления углерода в степных экосистемах, в РБ начаты исследования эмиссии парниковых газов и депонирования углерода в степях в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Программа создания и функционирования карбонового полигона на территории Республики Башкортостан «Евразийский карбоновый полигон» на 2022–2023 гг.».

Целью данной работы является сбор и анализ сведений о составе и продуктивности растительности, а также оценка депонирования углерода растительностью и почвой на участке луговой степи, восстанавливающейся на залежи в Башкирском Предуралье.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на участке карбонового полигона «Ковыльная степь», расположенного в луговой степи в 3.5 км на юг от д. Курятмасово в Давлекановском районе РБ. Согласно ботанико-географическому районированию республики, территория относится к степной зоне Предуралья [10]. Участок находится на выровненной вершине увала, характеризуется небольшим уклоном к северо-западу, ранее использовался в качестве пашни (по данным космоснимков – не менее 30 лет), с начала 2000-х гг. по настоящее время восстанавливается. На участке эпизодически происходит сенокошение. Площадь участка – 9 га.

Климат района исследования континентальный, с недостаточным увлажнением. Средняя годовая температура + 3,3°C; средняя температура января – 14,2°C; июля + 20°C; средняя глубина промерзания почвы к концу зимы – до 90–130 см. Среднее годовое количество осадков – 450 мм/год, продолжительность безморозного периода 125 дней, вегетационного периода – 170 дней [11].

Сбор данных по продуктивности надземной и подземной фитомассы проводился 14 и 15 июля 2022 г. на 60 пробных площадках размером 50x50 см в период максимального развития растительности. На площадках отмечались средняя и максимальная высота и общее проективное покрытие травяного яруса, а также обилие отдельных видов в процентах, для видов с малой степенью покрытия (до 1 %) использовалось обозначение «+». В связи с неоднородностью растительного покрова, отдельно собирались данные по микроценозам с доминированием злаков и с доминированием бобовых. Для картирования и вычисления площадей контуров, занятых разными микроценозами, использовались снимки, сделанные с БПЛА, и программа QGIS.

Надземную фитомассу определяли методом укосов, подземную – методом монолитов. Общий запас биомассы включает в себя следующие фракции: надземная зеленая фитомасса, подземная фитомасса, надземная мортмасса – мертвое органическое вещество растений, которое состоит из опада и ветоши. Под опадом подразумеваются отмершие части трав, ветошь – отмершие части растения, еще не потерявшие связи с фотосинтезирующими растениями. Мортмасса собиралась с поверхности площадок 50x50 см, после того как срезали живую надземную часть растений. Для определения подземной фитомассы с помощью почвенного бура, внутренний диаметр которого составлял 5 см, отбирались монолиты в слое 0–30 см, затем корни отмывали.

Образцы надземной живой фитомассы, мортмассы и корней высушивали до воздушно-сухого состояния, взвешивали и измельчали в режущих мельницах Vitek (серия VLM) до размера частиц менее 0,5 мм. Наиболее мелкие образцы корней перетирали до порошкообразного состояния в фарфоровых ступках с жидким азотом. Содержание углерода в образцах было определено на элементном анализаторе CHNS EA-3100 (Eurovector, Италия) в РЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.

Проведение почвенно-полевого обследования и отбор образцов почвы проводили в июле 2022 г. согласно ГОСТ Р 58595-2019 [12]. Для определения основных морфологических свойств почв (мощность генетических горизонтов, влажность, структура и текстура, наличие включений, вид перехода горизонта, предварительное название типа почвы) было заложено 2 полнопрофильных базовых разреза, а также дополнительно 60 точек отбора проб. Базовые разрезы закладывали шириной 1 м, длиной 2 м, глубиной 50–90 см, в зависимости от мощности гумусово-аккумулятивного (А+АВ) и иллювиального (В) горизонтов. Точки отбора проб закладывали в местах проведения геоботанического обследования (на пробных площадках, где выполнялись укосы). Отбор почвенных проб осуществляли с помощью бура из слоев 0–30, 30–60, 60–90 см, при этом дополнительно проводили описание морфологических свойств почвы. В базовых разрезах, а также в некоторых местах отбора проб дополнительно отбирали образцы ненарушенной почвы на определение ее объемной массы (плотности). Для этого послойно через каждые 10 см забивали металлические гильзы (высотой 10 см и диаметром 5 и 10 см); анализ проводили согласно методике А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [13]. Данные о плотности почв использовали для последующих расчетов запасов органического вещества ( $Z_{орг} = C \times V \times P$ , где  $Z$  – запас  $C_{орг}$ , т/га;  $C$  – содержание  $C_{орг}$ , %;  $V$  – мощность, см;  $P$  – плотность г/см<sup>3</sup>).

Содержание органического вещества в образцах почвы определяли согласно ГОСТ 26213-91 [14] по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Флористический и ценотический состав сообществ

Основными доминантами на пробных площадках являются дерновинные злаки (ковыль перистый – *Stipa pennata*, ковыль волосатик – *Stipa capillata*, овсяница ложноовечья – *Festuca pseudovina*) и корневищно-рыхлокустовой злак мятлик узколистный (*Poa angustifolia*). Среди разнотравья с относительно

большим обилием отмечаются репешок азиатский (*Agrimonia asiatica*), бедронец камнеломка (*Pimpinella saxifraga*), клевер средний (*Trifolium medium*), чина клубненосная (*Lathyrus tuberosus*), василистник малый (*Thalictrum minus*) и др. Проективное покрытие травостоя высокое (70–85 %), средняя высота растений – 40 см.

В аспекте сообществ прослеживается мозаичность – на фоне злаков выделяются «пятна» микроценозов с доминированием бобовых, главным образом, *Trifolium medium* и *Lathyrus tuberosus* (рис. 1). После картирования контуров растительности было установлено, что средний размер таких пятен – 19,4 м<sup>2</sup>, суммарная площадь 421 м<sup>2</sup>, что составляет 3,8 % от общей площади участка.

В системе эколого-флористической классификации растительности данные сообщества относятся к ассоциации *Poa angustifoliae-Stipetum pennatae* Yamalov et al. 2013 союза *Cirsio-Brachypodium pinnati* Hadač & Klika in Klika & Hadač 1944 порядка *Brachypodietalia pinnati* Korneck 1974 класса *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947. В Южно-Уральском регионе эта ассоциация объединяет широко распространенные в лесостепной зоне сообщества луговых степей, которые занимают склоны северной экспозиции и выравненные участки на плакорах, в Башкирском Предуралье контактируют с широколиственными и производными от них березовыми лесами, а в Башкирском Зауралье – с сосновыми, сосново-лиственничными лесами и вторичными березняками. Данные сообщества имеют высокую хозяйственную ценность и часто используются в качестве сенокосов и пастбищ [15].

В целом, флористический состав сообществ обследованного участка близок к естественным богато-разнотравным луговым степям региона: во флоре примерно в равных долях доминируют лугово-степные (36,6 % от общей флоры сосудистых растений) и луговые (33,7 %) виды. Степные виды составляют 12,8 % (на повышенных участках также встречаются петрофитно-степные виды полынь Маршалла – *Artemisia marschalliana* и мордовник татарский – *Echinops tataricus*). Выявлено 12 сорных видов (11,9 %), которые преимущественно являются сеgetальными сорняками пропашных культур (молочай лозовый – *Euphorbia virgata*, вьюнок полевой – *Convolvulus arvensis*, полынь горькая – *Artemisia absinthium* и др.) и, видимо, сохранились со времени использования участка в качестве пашни. 5 % флоры приходится на виды, имеющие оптимум в лесных сообществах.

Всего на обследованном участке выявлен 101 вид сосудистых растений. Реликты и эндемики отсутствуют. Число видов на 100 м<sup>2</sup> варьирует от 31 до 47 (в среднем 39), что меньше, чем в сообществах данной ассоциации, описанных в других районах РБ – 53–95 (в среднем 70) видов [15]. Невысокое флористическое и ценотическое разнообразие также может быть связано с небольшой площадью и экологической однородностью участка.

Низкая фитоценотическая роль сорных видов и длиннокорневищных злаков (пырея ползучего – *Elytrigia repens* и костреца безостого – *Bromopsis inermis*), которые с обилием «+» встречены в небольшом количестве описаний, в сочетании в высоким обилием дерновинных злаков (*Stipa* spp., *Festuca pseudovina*), является показателем того, что

растительность участка прошла начальные демультиционные стадии (сорно-бурьянную и корневищных злаков) и в настоящее время переходит от стадии рыхлокустовых злаков к стадии плотнокустовых дерновинных злаков (вторичной целине). По сравнению с залежными участками степей Ростовской и Воронежской областей, где стадия корневищных злаков длится не менее 25–30 лет, а стадия дерновинных плотнокустовых злаков наступает приблизительно

через 50 лет после распашки [16; 17], восстановление степной растительности на обследованном участке идет быстрее, что может быть связано как с щадящим режимом использования залежи (эпизодическим сенокосением), так и с близко расположенными источниками диаспор степных видов, которые в условиях сложного рельефа сохраняются на нераспаханных крутых склонах в окрестностях участка.



**Рисунок 1.** Микроценозы с доминированием бобовых (А) и злаков (В) в степных сообществах ассоциации *Poo angustifoliae-Stipetum pennatae* Yamalov et al. 2013  
**Figure 1.** Microcenoses dominated by legumes (A) and grasses (B) in steppe communities of the association *Poo angustifoliae-Stipetum pennatae* Yamalov et al. 2013

#### **Анализ запасов надземной и подземной фитомассы**

После обработки укосов суммарная биомасса надземных и подземных органов растений на участке была оценена в 1135,2 г/м<sup>2</sup> (11,35 т/га) (табл. 1).

В суббореальных степях Европы запасы надземной зеленой фитомассы составляют в сухих степях – 1,9 т/га, в настоящих степях – 2,1 т/га, в луговых степях – 3,7 т/га, а суббореальных степях Азии на эти показатели приходится, соответственно, по 0,9, 1,9 и 3,5 т/га [18]. Данные по запасам надземной зеленой фитомассы обследованного участка (табл. 1) приближаются к показателям низкопродуктивных вариантов луговых степей Евразии. В связи с тем, что в работе была использована оценка по величине запаса надземной зеленой фитомассы в момент ее максимального развития, было проведено сравнение полученных данных с другими работами, в которых этот показатель был рассчитан аналогично. Например, для участков луговых степей в Курской области усредненные данные по максимальной зеленой фитомассе составляют 1,2 т/га – при сильном выпасе, 2,7 т/га – при умеренном выпасе, 3,5 т/га – при слабом выпасе и до

6 т/га – при заповедном режиме [18]. Показатели максимальной живой надземной фитомассы луговой степи на нашем участке (2,98 т/га) соответствуют данным по обедненным луговым степям Русской равнины с умеренным выпасом.

Усредненное значение надземной мортмассы растений на исследованном участке составляет 311,1 г/м<sup>2</sup>, что незначительно (на 4,3 %) превышает средний показатель надземной фитомассы (табл. 1). Близкие значения надземной мортмассы и зеленой фитомассы (по 3,5 т/га) отмечаются для луговых степей Азии, в то время как в разных типах степных экосистем Европы показатели надземной мортмассы существенно выше надземной зеленой фитомассы [18].

Средняя масса корней 525,9 г/м<sup>2</sup> (46 % от общей фитомассы) на изученных пробных площадях значительно ниже аналогичных показателей в луговых степях Европейской России (65–75 %) и Сибири (70–88 %). В абсолютных числах, наши показатели также существенно ниже, чем, например, в луговой степи Курской области (1755 г/м<sup>2</sup>) или настоящей степи в Хакасии (2684 г/м<sup>2</sup>) (для сравнения привлекались

данные по отбору корней на глубине 0–30 см) [19]. На обследованном участке средние показатели подземной фитомассы превышают показатели зеленой надземной фитомассы на 176 % (на 160 % в микроценозах с доминированием злаков и на 180 % в микроценозах с доминированием бобовых). Этот показатель существенно ниже аналогичных данных по лугово-

степным сообществам других регионов, так как по усредненным данным подземная фитомасса превышает надземную в 2–3 раза в луговых и лугово-степных экосистемах, в 4–5 раз – в типичных степях и в 6–10 раз – в сухих степях, при этом, чем выше доля корней в общей фитомассе, тем выше их почвообразующий эффект [19; 20].

**Таблица 1.** Средние запасы надземной и подземной биомассы в разных микроценозах

**Table 1.** Average stocks of aboveground and belowground biomass in different microcenoses

Фракции растительного вещества Fractions of plant matter	Микроценозы с доминированием злаков Microcenoses dominated by grasses	Микроценозы с доминированием бобовых Microcenoses dominated by legumes	В среднем по участку Average at the site
<b>Запасы растительного вещества, г/м<sup>2</sup> / Stocks of plant matter, gm/m<sup>2</sup></b>			
<b>Надземная живая биомасса</b> Live aboveground biomass	283,4±17,8	342,7±26,9	298,3±15,3
<b>Мортмасса</b> Mortmass	292,6±19,4	366,5±39,7	311,1±18,1
<b>Подземная биомасса (корни)</b> Belowground biomass (roots)	517,5±28,6	551,2±67,8	525,9±27,4
<b>Совокупность всего растительного вещества</b> Total plant matter	1093,5±40,7	1260,3±84,0	1135,2±38,2

Соотношение биомасс надземных и подземных органов в разных типах травяных сообществ может зависеть от различий в абсолютной продуктивности травостоев, биологических свойств видов, условий произрастания растений, возраста сообществ, стадий сукцессии и др. По имеющимся данным, этот показатель очень вариабелен. Например, для лугов Украины данное соотношение меняется от 1:2,3 до 1:3,5, для окультуренных материковых лугов Московской области – от 1:0,8 до 1:1,6 [21]. Поскольку наш участок представляет собой залежь, то отношение надземной живой части фитомассы к подземной (1:1,8) существенно отличается от данных по целинным степям. Сходные результаты были получены в Тыве, где показатели подземной фитомассы в залежных сообществах терминальных стадий демултации (приблизительно через 30 лет после распашки) были в два раза ниже, чем в целинных степях (при этом показатели надземной фитомассы были близки) [22]. Поскольку в верхнем слое почвы доля корней увеличивается с возрастом залежи, что связано с изменением растительного сообщества и улучшением минерального питания за счет разложения накопи-

вающегося опада [23; 24], можно прогнозировать постепенное увеличение доли подземных органов на исследованном участке в ходе сукцессии.

При анализе микроценозов также было установлено, что участки с доминированием бобовых характеризуются более высокими показателями запасов фитомассы на единицу площади (на 20 % для надземной живой фитомассы, на 25 % – для надземной мортмассы и на 7 % – для подземной фитомассы), по сравнению с участками с доминированием злаков и разнотравья, что можно объяснить положительным влиянием бобовых на микробиологическую активность почвы и продуктивность фитоценозов.

**Содержание и запасы углерода в фитомассе.** Средние запасы углерода в растительной биомассе на обследованном участке составляют 427,6 г/м<sup>2</sup> (в том числе 409,4 г/м<sup>2</sup> для участков с доминированием злаков и разнотравья и 482,1 г/м<sup>2</sup> для участков с доминированием бобовых). Общий запас углерода в растительном веществе, рассчитанный с учетом площадей, занимаемых микроценозами разных типов, составляет 36,88 тонны (табл. 2).

**Таблица 2.** Процентное содержание и запасы углерода в надземной и подземной биомассе растений на обследованном участке

**Table 2.** Carbon content and stocks in aboveground and belowground plant biomass at the site studied

Фракции растительного вещества Fractions of plant matter	Микроценозы с доминированием злаков Microcenoses dominated by grasses	Микроценозы с доминированием бобовых Microcenoses dominated by legumes	В среднем по участку Average at the site
<b>Процентное содержание углерода, % / Carbon content, %</b>			
<b>Надземная живая биомасса</b> Live aboveground biomass	42,5±0,2	42,7±0,2	42,5±0,1
<b>Мортмасса / Mortmass</b>	38,3±0,3	37,6±0,7	38,1±0,3
<b>Подземная биомасса (корни)</b> Belowground biomass (roots)	34,4±0,7	36,2±0,9	34,8±0,6

Запасы углерода, г/м <sup>2</sup> / Carbon stocks, gm/m <sup>2</sup>			
<b>Надземная живая биомасса</b> Live aboveground biomass	120,3±7,5	146,8±11,9	126,9±6,5
<b>Мортмасса / Mortmass</b>	111,7±7,3	137,5±15,0	118,2±6,8
<b>Подземная биомасса (корни)</b> Belowground biomass (roots)	177,5±10,9	197,7±22,8	182,5±10,1
<b>Совокупность всего растительного вещества</b> Total plant matter	409,4±15,7	482,1±30,9	427,6±14,7

Выявлены небольшие различия в содержании углерода в живой надземной фитомассе разных микроценозов: на участках с доминированием бобовых оно составляет 146,8 г/м<sup>2</sup>, что несколько выше, чем на участках с доминированием злаков (120,3 г/м<sup>2</sup>). Процентное содержание углерода во всех фракциях биомассы между микроценозами различается незначительно и не превышает 5 % (табл. 2).

Суммарный запас углерода во всех компонентах фитомассы на исследуемом участке (4,3 тС/га), сопоставим с аналогичными данными по 11-летней, находящейся на стадии доминирования корневищных злаков залежной луговой степи на обыкновенном черноземе (4,1 тС/га), но более, чем в три раза ниже, чем в целинных сообществах луговых степей в Тыве (19,4 тС/га) [25]. В Тыве на данной стадии восстановления луговых степей запасы углерода в надземной

живой фитомассе и надземной мортмассе уже близки к показателям целинных сообществ, а основное различие состоит в низких запасах углерода в подземной фитомассе, которая в 12 раз ниже, чем в целинных сообществах [25]. Для оценки скорости восстановления структуры сообществ и запасов углерода на залежах в районе нашего исследования необходимы дополнительные исследования участков целинных степей в данной природной зоне РБ.

**Содержание и запасы углерода в почве.** Почвенный покров обследованного участка представлен черноземом типичным карбонатным (Chernozem Calcic по международной классификации WRB [26] среднесуглинистым малой (15–39 см) и средней (40–59 см) мощности (табл. 3).

**Таблица 3.** Содержание и запасы углерода в почвах обследуемого участка

**Table 3.** The carbon content and stocks in soils of area studied

Слой, см Layer, cm	Маломощный чернозем Short thickness Chernozem		Среднемощный чернозем Medium thickness Chernozem	
	$C_{орг}$ , %	Запасы $C_{орг}$ , т/га $C_{орг}$ stocks, t/ha	$C_{орг}$ , %	Запасы $C_{орг}$ , т/га $C_{орг}$ stocks, t/ha
	$C_{орг}$ , %		$C_{орг}$ , %	
0–30	6,38±0,24	196,6±8,2	6,88±0,22	206,4±6,6
30–60	2,09±0,17	69,1±5,5	3,50±0,24	117,1±7,9
60–90	1,07±0,29	42,8±11,4	1,41±0,25	55,0±9,9

По содержанию органического вещества в гумусово-аккумулятивном горизонте почва изученного участка относится к категории «высокогумусная». В целом для черноземов Предуральской степи РБ характерно высокое содержание гумуса при относительно укороченном почвенном профиле. Поэтому основные различия в депонировании углерода между мало- и среднемощными видами чернозема (на 67–69 %) наблюдались в слое 30–60 см и зависели от мощности гумусово-аккумулятивного и переходного к иллювиальному горизонтов. Плотность в профиле почвы изменялась в диапазоне 1–1,33 г/см<sup>3</sup>, постепенно возрастая с глубиной. Запасы  $C_{орг}$  в 0–90 см слое чернозема типичного карбонатного среднесуглинистого маломощного, составили 308±25 т/га, среднемощного – 378±24 т/га. В пахотных почвах, расположенных рядом с местом отбора образцов, запасы углерода в пахотном 20-см слое оценивались в 104–115 т/га; в метровом слое – 230–270 т/га [27]. По данным ретроспективного мониторинга за 35 лет в пахотных почвах Предуральской степи РБ запасы углерода снизились в неэродированных почвах на 3,5 т/га, в слабоэродированных – на 11,6 т/га, в среднеэродированных – на 24,5 т/га [28]. Таким образом, вывод почв из сельскохозяйственного оборота и естественное зарастание залежей способствуют прекращению

процессов эрозии, восстановлению почвенного покрова до целинных аналогов и депонированию органического углерода в почве.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Восстанавливающиеся на залежи степные сообщества обследованного участка переходят от стадии рыхлокустовых злаков к стадии плотнокустовых дерновинных злаков (вторичной целине) и отличаются от целинных богато-разнотравных луговых степей Южно-Уральского региона пониженным флористическим и ценоотическим разнообразием. Данные по запасам разных фракций фитомассы соответствуют показателям низкопродуктивных вариантов степей России. Особенностью сообществ является невысокая доля корней (47 % от общей фитомассы), что является низким показателем, по сравнению с луговыми степями Европейской России и Сибири, и связано с тем, что за более чем 20-летний период после прекращения распашки климатическая степная растительность восстановилась не полностью, а также, возможно, с малой мощностью гумусового горизонта и щебнистостью почв. Почвы обследованного участка по содержанию и запасам углерода приближаются к целинным аналогам.

**БЛАГОДАРНОСТЬ**

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Программа создания и функционирования карбонового полигона на территории Республики Башкортостан «Евразийский карбоновый полигон» на 2022-2023 гг.» (Номер для публикаций: FEUR-2022-0001).

**ACKNOWLEDGMENT**

The study was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation "Program for the creation and operation of a carbon polygon in the Republic of Bashkortostan 'Eurasian carbon polygon' for 2022-2023" (Publication number: FEUR-2022-0001).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

- Hurka H., Friesen N., Bernhardt K.-G., Neuffer B., Smirnov S.V., Shmakov A.I., Blattner F.R. The Eurasian steppe belt: Status quo, origin and evolutionary history // *Turczaninowia*. 2019. V. 22. N 3. P. 5–71. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.22.3.1>
- Wang X., Gao R., Yang X. Responses of soil moisture to climate variability and livestock grazing in a semiarid Eurasian steppe // *Science of The Total Environment*. 2021. V. 781. Article ID: 146705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146705>
- Piao S., Liu Q., Chen A., Janssens I.A., Fu Y., Dai J., Liu L., Lian X., Shen M., Zhu X. Plant phenology and global climate change: current progresses and challenges // *Global change biology*. 2019. V. 25. N 6. P. 1922–1940. <https://doi.org/10.1111/gcb.14619>
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Zhiengaliyev A.T., Kudayarov V.N. Carbon budgets in the steppe ecosystems of Russia // *Doklady Earth Sciences*. 2019. V. 485. P. 450–452. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19040238>
- Тишков А.А., Белоновская Е.А., Титова С.В. Степи и луга в обзоре «Temperate grasslands and shrublands of Russia» (2020) // *Вопросы степеведения*. 2021. N 1. С. 21–47.
- Wang M., Zhang C., Chen S., Zhang Y., Li Y., Xin X., Wang X., Yan R. Effects of grazing intensity on the carbon, nitrogen and phosphorus content, stoichiometry and storage of plant functional groups in a meadow steppe // *Agronomy*. 2022. V. 12. N 12. Article ID: 3057. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123057>
- Bai Y., Cotrufo M.F. Grassland soil carbon sequestration: current understanding, challenges, and solutions // *Science*. 2022. V. 377(6606). P. 603–608. <https://doi.org/10.1126/science.abo2380>
- Ямалов С.М., Миркин Б.М. Флористическая и географическая дифференциация настоящих и луговых степей Южного Урала // *Растительный мир Азиатской России*. 2010. N 2(6). С. 58–65.
- Япаров И.М., Вильданов И.Р., Сулейманов Р.Р., Сайфуллин И.Ю. Состояние и особенности динамики заброшенных сельскохозяйственных ландшафтов лесостепей Башкирского Предуралья // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2017. Т. 23. N 11. С. 28–36.
- Горчаковский П.Л. Растительность и ботанико-географическое деление Башкирской АССР. В кн.: *Определитель высших растений Башкирской АССР*. Москва: Наука, 1988. С. 5–13.
- Япаров И.М., ред. *Атлас Республики Башкортостан*. Уфа: ГУП РБ Башкирское книжное издательство «Китап», 2005. 420 с.
- ГОСТ Р 58595–2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Почвы. Отбор проб. Москва: Росстандарт, 2019. 8 с.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. *Методы исследования физических свойств почв*. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 8 с.
- Ямалов С.М., Баянов А.В., Мулдашев А.А., Аверина Е.А. Ассоциации луговых степей Южного Урала // *Растительность России*. 2013. N 22. С. 106–125. <https://doi.org/10.31111/vegrus/2013.22.106>
- Азаренко (Мясникова) М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагрогенный период // *Почвоведение*. 2020. N 11. С. 1412–1422. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>
- Панкратова Л.А. Многолетние наблюдения за процессами восстановления растительного покрова на постагрогенных территориях музея-заповедника «Дивногорье» // *Дивногорский сборник. Труды музея-заповедника «Дивногорье»*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. С. 90–95.
- Титлянова А.А., Шибарева С.В. Продуктивность травяных экосистем: справочник. Москва: ООО «Издательство МБА», 2020. 100 с.
- Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Шамакова Е.И., Снытко В.А., Дубынина С.С., Магомедова Л.Н., Нефедьева Л.Г., Семенюк Н.В., Тишков А.А., Ти Тран, Хакимзянова Ф.И., Шатохина Н.Г., Кыргыз Ч.О., Самбуу А.Д. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. 110 с. <https://doi.org/10.31251/978-5-600-02350-5>
- Ковда В.А. *Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса*. Москва: Наука, 1973. Кн. 2. 474 с.
- Работнов Т.А. *Луговедение*. Москва: Издательство МГУ, 1984. 320 с.
- Makunina N.I., Sambuu A.L. Structure and stock of phytomass as indicators of the stage of demutation of steppe fallow lands in Tyva // *Russian Journal of Ecology*. 2022. V. 53. N 5. P. 357–365. <https://doi.org/10.1134/s106741362205006x>
- Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.A., Ermolaev A.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones // *Eurasian Soil Science*. 2017. V. 50. P. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
- Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А. Агроэкологическое состояние почв и восстановление растительности в залежных экосистемах // *Биота и среда природных территорий*. 2022. Т. 10. N 2. С. 28–36. [https://doi.org/10.37102/2782-1978\\_2022\\_2\\_3](https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_2_3)
- Титлянова А.А., Шибарева С.В. Изменение чистой первичной продукции и восстановление запасов углерода в почвах залежей // *Почвоведение*. 2022. N 4. С. 500–510. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2204013X>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. URL: <https://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>. Rome: FAO, 2015. N 106. 182 p. (дата обращения: 26.06.2023)
- Хазиев Ф.Х., Мукатанов А.Х., Хабилов И.К., Кольцова Г.А., Габбасова И.М., Рамазанов Р.Я. Почвы Башкортостана. Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика. Уфа: Гилем, 1995. Т. 1. 384 с.

28. Gabbasova I.M., Suleimanov R.R., Khabirov I.K., Komissarov M.A., Fruehauf M., Liebelt P., Garipov T.T., Sidorova L.V., Khaziev F.Kh. Temporal changes of eroded soils depending on their agricultural use in the southern Cis-Ural region // *Eurasian Soil Science*. 2016. V. 49. N 10. P. 1204–1210. <https://doi.org/10.1134/S1064229316100070>

#### REFERENCES

- Hurka H., Friesen N., Bernhardt K.-G., Neuffer B., Smirnov S.V., Shmakov A.I., Blattner F.R. The Eurasian steppe belt: Status quo, origin and evolutionary history. *Turczaninowia*, 2019, vol. 22, no. 3, pp. 5–71. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.22.3.1>
- Wang X., Gao R., Yang X. Responses of soil moisture to climate variability and livestock grazing in a semiarid Eurasian steppe. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 781, article id: 146705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146705>
- Piao S., Liu Q., Chen A., Janssens I.A., Fu Y., Dai J., Liu L., Lian X., Shen M., Zhu X. Plant phenology and global climate change: current progresses and challenges. *Global change biology*, 2019, vol. 25, no. 6, pp. 1922–1940. <https://doi.org/10.1111/gcb.14619>
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Zhiengaliyev A.T., Kudeyarov V.N. Carbon budgets in the steppe ecosystems of Russia. *Doklady Earth Sciences*, 2019, vol. 485, pp. 450–452. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19040238>
- Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Titova S.V. Steppes and meadows in the review «Temporary grasslands and shrublands of Russia» (2020). *Voprosy stepovedeniya [Steppe science]*. 2021, no. 1, pp. 21–47. (In Russian)
- Wang M., Zhang C., Chen S., Zhang Y., Li Y., Xin X., Wang X., Yan R. Effects of grazing intensity on the carbon, nitrogen and phosphorus content, stoichiometry and storage of plant functional groups in a meadow steppe. *Agronomy*, 2022, vol. 12, no. 12, article id: 3057. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123057>
- Bai Y., Cotrufo M.F. Grassland soil carbon sequestration: current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 2022, vol. 377(6606), pp. 603–608. <https://doi.org/10.1126/science.abo2380>
- Yamalov S.M., Mirkin B.M. The floristic and geographical differentiation of true and meadow steppes of the Southern Urals. *Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii [Flora and vegetation of Asian Russia]*. 2010, no. 2(6), pp. 58–65. (In Russian)
- Yaparov I.M., Vildanov I.R., Suleimanov R.R., Saifullin I.Yu. Assessment of the status and dynamics of the abandoned agricultural landscapes of forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Transbaikal State University]*. 2017, vol. 23, no. 11, pp. 28–36. (In Russian)
- Gorchakovskii P.L. Vegetation and botanical and geographical division of the Bashkir ASSR. In: *Opredelitel' vysshikh rastenii Bashkirskoi ASSR [Handbook of higher plants of the Bashkir ASSR]*. Moscow, Nauka Publ., 1988, pp. 5–13. (In Russian)
- Yaparov I.M., ed. *Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic of Bashkortostan]*. Ufa, Kitap Publ., 2005, 420 p. (In Russian)
- GOST R 58595–2019. National standard of the Russian Federation. Soils. Sample selection. Moscow, Rosstandart Publ., 2019, 8 p. (In Russian)
- Vadyunina A.F., Korzhagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv [Methods for studying the physical properties of soils]*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 416 p. (In Russian)
- GOST 26213–91. Soils. Methods for determining organic matter. Moscow, Committee for Standardization and Metrology of the USSR Publ., 1992, 8 p. (In Russian)
- Yamalov S.M., Bayanov A.V., Muldashev A.A., Averinova E.A. Meadow steppe associations of the South Urals. *Vegetation of Russia*, 2013, no. 22, pp. 106–125. (In Russian) <https://doi.org/10.31111/vegus/2013.22.106>
- Azarenko (Myasnikova) M.A., Kazeev K.Sh., Yermolayeva O.Yu., Kolesnikov S.I. Change of vegetation cover and biological properties of chernozems in the postagrogenic period. *Soil science*, 2020, no. 11, pp. 1412–1422. (In Russian) <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>
- Pankratova L.A. Mnogoletniye nablyudeniya za protsessami vosstanovleniya rastitel'nogo pokrova na postagrogennykh territoriyakh muzeya-zapovednika «Divnogor'ye» [Long-term observations of the processes of restoration of vegetation cover in the post-agrogenic territories of the museum-reserve «Divnogor'ye»]. In: *Divnogorskii sbornik. Trudy muzeya-zapovednika «Divnogor'ye» [Divnogorsky collection. Proceedings of the museum-reserve «Divnogorie»]*. Voronezh, Scientific book Publ., 2018, pp. 90–95. (In Russian)
- Titlyanova A.A., Shibareva S.V. *Produktivnost' travnyanykh ekosistem: spravochnik [Productivity of grass ecosystems: a handbook]*. Moscow, MBA Publ., 2020, 100 p. (In Russian)
- Titlyanova A.A., Basilevich N.I., Shmakova E.I., Snytko V.A., Dubynina S.S., Magomedova L.N., Nefedyeva L.G., Semenyuk N.V., Tishkov A.A., Ti Tran, Khakimzyanova F.I., Shatokhina N.G., Kyrgys C.O., Sambuu A.D. *Biologicheskaya produktivnost' travnyanykh ekosistem. Geograficheskoye zakonovernosti i ekologicheskoye osobennosti [Biological productivity of grass ecosystems. Geographic patterns and ecological features]*. Novosibirsk, IPA SB RAS Publ., 2018, 110 p. (In Russian) <https://doi.org/10.31251/978-5-600-02350-5>
- Kovda V.A. *Osnovy ucheniya o pochvakh. Obshchaya teoriya pochvoobrazovatel'nogo protsessa. [Fundamentals of the study of soils. General theory of the soil-forming process]*. Moscow, Nauka Publ., 1973, book 2, 474 p. (In Russian)
- Rabotnov T.A. *Lugovedeniye [Meadow science]*. Moscow, MSU Publ., 1984, 320 p. (In Russian)
- Makunina N.I., Sambuu A.L. Structure and stock of phytomass as indicators of the stage of demutation of steppe fallow lands in Tyva. *Russian Journal of Ecology*, 2022, vol. 53, no. 5, pp. 357–365. <https://doi.org/10.1134/s106741362205006x>
- Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.A., Ermolaev A.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones. *Eurasian Soil Science*, 2017, vol. 50, pp. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
- Burdukovskii M.L., Perepelkina P.A. Agroecological state of soils and vegetation recovery in fallow ecosystems. *Biota and environment of natural areas*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 28–36. (In Russian) [https://doi.org/10.37102/2782-1978\\_2022\\_2\\_3](https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_2_3)
- Titlyanova A.A., Shibareva S.V. Change in net primary production and recovery of carbon stock of old field soils. *Soil Science*, 2022, no. 4, pp. 500–510. (In Russian) <https://doi.org/10.31857/S0032180X2204013X>
- IUSS Working Group WRB. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports*. Available at: <https://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>. Rome, FAO, 2015, no. 106, 182 p. (accessed 26.06.2023)
- Khaziyev F.Kh., Mukatanov A.Kh., Khabirov I.K., Kol'tsova G.A., Gabbasova I.M., Ramazanov R.Ya. *Pochvy Bashkortostana. Ekologo-geneticheskaya i agroproduktivnaya kharakteristika [Soils of Bashkortostan. Ecological-genetic and agricultural production characteristics]*. Ufa, Gilem Publ., 1995, vol. 1, 384 p. (In Russian)
- Gabbasova I.M., Suleimanov R.R., Khabirov I.K., Komissarov M.A., Fruehauf M., Liebelt P., Garipov T.T., Sidorova L.V., Khaziev F.Kh. Temporal changes of eroded soils depending on their agricultural use in the southern Cis-Ural region. *Eurasian*

**КРИТЕРИИ АВТОРСТВА**

Эльвира З. Баишева участвовала в полевых исследованиях, отборе проб (укозов) растений, анализе данных и написании текста рукописи. Николай И. Федоров участвовал в полевых исследованиях, геоботаническом обследовании растительности, отборе проб (укозов) растений, анализе данных и написании текста рукописи. Светлана Н. Жигунова участвовала в полевых исследованиях, геоботаническом обследовании растительности отборе проб (укозов), статистической обработке данных. Павел С. Широких участвовал в полевых исследованиях, отборе проб (укозов), анализе данных и редактировании текста рукописи. Михаил А. Комиссаров участвовал в почвенно-полевом обследовании, проводил анализы по определению плотности почв, обрабатывал данные, участвовал в написании рукописи. Илюся М. Габбасова руководила научно-организационным процессом исследования почв, анализировала результаты. Альберт А. Мулдашев участвовал в полевых исследованиях и флористических исследованиях, анализе данных по флоре. Ильнур Г. Бикбаев участвовал в полевых исследованиях, отборе проб (укозов) растений, съемке участка с применением БПЛА. Ильшат Р. Туктамышев участвовал в полевых исследованиях, отборе проб (укозов) растений, анализе ГИС-данных, картировании растительности участка. Галина В. Шендель участвовала во взвешивании и подготовке проб для химического анализа. Руслан Р. Сулейманов участвовал в почвенно-полевом обследовании. Тимур Т. Гарипов определял содержание углерода в образцах почвы, участвовал в написании рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS**

Elvira Z. Baisheva participated in field research, plant sampling, data analysis and writing the text of the manuscript. Nikolai I. Fedorov participated in field research, geobotanical study of vegetation, plant sampling, data analysis and editing the text of the manuscript. Svetlana N. Zhigunova participated in field research, plant sampling, geobotanical survey of vegetation and statistical data processing. Pavel S. Shirokikh participated in field research, plant sampling, data analysis and editing of the text of the manuscript. Mikhail A. Komissarov participated in the soil-field survey, carried out analyses in determination of the soil bulk density, processed the data and participated in writing of the manuscript. Ilyusya M. Gabbasova led the scientific and organizational process of soil studies and analysed the results. Albert A. Muldashev participated in flora study and analysis. Ilnur G. Bikbaev participated in field research, plant sampling and surveying the site using UAV. Ilshat R. Tuktamyshev participated in field research, plant sampling, analysing GIS data and mapping the vegetation of the area. Galina V. Shendel participated in the weighing and preparation of samples for chemical analysis. Ruslan R. Suleymanov participated in the soil field survey. Timur T. Garipov determined the carbon content in soil samples and participated in writing of the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

**NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION**

The authors declare no conflict of interest.

**ORCID**

Эльвира З. Баишева / Elvira Z. Baisheva <https://orcid.org/0000-0002-00002-012X>  
Николай И. Федоров / Nikolai I. Fedorov <https://orcid.org/0000-0002-0167-7449>  
Светлана Н. Жигунова / Svetlana N. Zhigunova <https://orcid.org/0000-0002-7129-8292>  
Павел С. Широких / Pavel S. Shirokikh <https://orcid.org/0000-0003-1864-4878>  
Михаил А. Комиссаров / Mikhail A. Komissarov <https://orcid.org/0000-0001-6135-7212>  
Илюся М. Габбасова / Ilyusya M. Gabbasova <https://orcid.org/0000-0002-9238-9011>  
Альберт А. Мулдашев / Albert A. Muldashev <https://orcid.org/0000-0002-0619-4171>  
Ильнур Г. Бикбаев / Ilnur G. Bikbaev <https://orcid.org/0000-0001-5063-2362>  
Ильшат Р. Туктамышев / Ilshat R. Tuktamyshev <https://orcid.org/0000-0002-5923-3349>  
Галина В. Шендель / Galina V. Shendel <https://orcid.org/0000-0001-5870-2978>  
Руслан Р. Сулейманов / Ruslan R. Suleymanov <https://orcid.org/0000-0002-7754-0406>  
Тимур Т. Гарипов / Timur T. Garipov <https://orcid.org/0000-0003-4942-8203>