

Оригинальная статья

УДК 595.713:631.46

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-87-101>

ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВ КОЛЛЕМБОЛ (COLLEMBOLA, HEXAPODA) ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

А. А. Таскаева[✉], А. А. Кудрин, Т. Н. Конакова

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН
Россия, 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28*

Поступила в редакцию 07.04.2025 г., после доработки 30.07.2025 г., принята 04.08.2025 г., опубликована 31.03.2026 г.

Аннотация. Приведены материалы по изучению временной организации сообществ коллембол тундровых экосистем европейской части России, формирующихся в одинаковых климатических условиях, но различающихся по типу растительности, уровню залегания многолетней мерзлоты и температуре почв. Помимо целинных тундр исследован вторичный биоценоз, сформировавшийся в результате сельскохозяйственного освоения Севера. В мелкоерниковой и кустарничковой тундрах заметных изменений в структуре населения ногохвосток не происходит, что свидетельствует о ее устойчивости в условиях сохранения состава и структуры фитоценоза в течение длительного времени и позволяет характеризовать сообщества коллембол как структурно стабильные. В наиболее теплообеспеченной крупноерниковой и холодной мохово-лишайниковой тундрах зарегистрированы слабо флуктуирующие сообщества ногохвосток, имеющих расширенный набор сменяющих друг друга доминантов. Для вторичного биоценоза свойственны умеренно флуктуирующие сообщества коллембол.

Ключевые слова: ногохвостки, годовая динамика, южные тундры, Воркутинский район, европейская часть России

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми научного центра УрО РАН (№ 125013101229-9).

Соблюдение этических норм. Протоколы с использованием животных были одобрены Комиссией по биоэтике Института биологии Коми научного центра УрО РАН (протокол № 05/2026 от 17.03.2026 г.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Таскаева А. А., Кудрин А. А., Конакова Т. Н. Временная организация сообществ коллембол (Collembola, Hexapoda) тундровых экосистем // Поволжский экологический журнал. 2026. № 1. С. 87 – 101. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-87-101>

[✉] Для корреспонденции. Отдел экологии животных Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

ORCID и e-mail адреса: Таскаева Анастасия Анатольевна: <https://orcid.org/0000-0002-4519-8458>, taskaeva@ib.komisc.ru; Кудрин Алексей Александрович: <https://orcid.org/0000-0003-4385-4746>, kudrin@ib.komisc.ru; Конакова Татьяна Николаевна: <https://orcid.org/0000-0002-3641-3339>, konakova@ib.komisc.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Естественные процессы и антропогенные нарушения являются основными движущими силами сдвига в сообществах растений и животных с течением времени (Rzeszowski, Sterzynska, 2016). Для понимания функционирования экосистем в ответ на изменения окружающей среды необходимы долгосрочные экологические исследования (Koehler, Melecis 2010). Однако многолетние изменения структуры населения различных групп животных в природных сообществах – одна из наименее исследованных проблем (Tatarinov, Kulakova, 2018). Это связано с отсутствием достаточного объёма накопленных материалов, проблемами методологического плана и сложностью интерпретации полученных данных, так как структура животного населения природных сообществ отражает воздействие не только современных климатических условий и исторических причин, но и местных, биотопических и биоценотических условий (Chernov, Penev, 1993). В то же время такие исследования позволяют дать ответ на фундаментальный вопрос о природе и границах устойчивости надорганизменных экосистем и прогнозировать реакцию сообществ на антропогенные воздействия (Kuznetsova, 2007).

Коллемболы, или ногохвостки, являются перспективным объектом для развития данного направления, так как они быстро реагируют на изменения окружающей среды, обладают высоким таксономическим богатством и быстрой сменой поколений (Hopkin, 1997). Практически все исследования, направленные на выявление закономерностей динамики сообществ ногохвосток, выполнены в бореальных лесах с относительно мягким климатом, для которых отмечены разные типы временной организации сообществ ногохвосток с высокой предсказуемостью их видовой структуры в многогодичной динамике (Kuznetsova, Krestyaninova, 1998; Chernova, Kuznetsova, 2000; Jucevica, Melecis, 2002, 2006; Kuznetsova, 2005, 2007; Taskaeva, Lapteva, 2012). Население коллембол мезофитных хвойных лесов, как правило, относится к стабильному типу, сухих и переувлажненных, а также нарушенных лесов, лугов, урбаноземов – к разным вариантам флуктуирующего (Kuznetsova, 2005). Остается неясным, насколько широким может быть диапазон варьирования типов организации у сообществ коллембол тундровой зоны, для которой характерна мозаичность растительного покрова, связанная со спецификой криогенного микрорельефа, а также с избыточным увлажнением и дефицитом тепла. Будет ли сохраняться та же тенденция, что и в лесных экосистемах?

Среди абиотических факторов среды, играющих важную роль в динамике популяций коллембол, выделяют температуру и влажность (Blankinship et al., 2011; A'Bear et al., 2013). Исследования, проведенные в тундровых экосистемах, показали, что именно температура является фактором, регулирующим многие аспекты жизнедеятельности ногохвосток (Kennedy, 1994; Hodkinson et al., 1998; Coulson et al., 2000). Она оказывает влияние на количество зимующих яиц и взрослых особей, качество и/или наличие пищевых ресурсов (Wolters, 1998). Так, например, повышение температуры ведет к изменениям в структуре растительных сообществ, которые, в свою очередь, оказывают влияние на качество и количество подстилки, вызывая изменения в составе и численности почвенных микроорганизмов, которыми питаются коллемболы (Sjursen et al., 2005; Hågvar, Klanderud, 2009). Кроме

того, подстилка, являющаяся основной средой обитания для многих видов ногохвосток, зависит от типа фитоценоза (Perez et al., 2013). Влажность почвы в тундрах, напротив, не оказывает существенного влияния на распределение коллембол (Taskaeva et al., 2021).

Цель данной работы – провести сравнительный анализ временной организации сообществ коллембол тундровых экосистем, формирующихся в одинаковых климатических условиях, но различающихся типом растительности, уровнем залегания многолетней мерзлоты, температурой почв, а также вторичного биоценоза, сформировавшегося в результате сельскохозяйственного освоения Севера.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Характеристика района исследований и участков. Воркутинский район расположен в подзоне южных тундр европейской части России, характеризующийся умеренно-континентальным климатом. Среднегодовая температура воздуха, по данным ближайшей метеостанции «Воркута», -6.0°C . Период с отрицательными температурами составляет в среднем 239 сут., среднемесячная температура самого холодного месяца (январь) -20.3°C , самого теплого (июль) $+12.4^{\circ}\text{C}$. Период с биологически активными температурами ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) ~ 1.5 мес. За год выпадает ~ 550 мм осадков, из которых $\sim 46\%$ приходится на теплое время года с положительными среднемесячными температурами воздуха (июнь – сентябрь). Территория района исследований характеризуется распространением преимущественно сплошной многолетней мерзлоты, усиливающей суровость климатических условий.

Первый ключевой участок (КУ-1) представлен крупноерниковой кустарничково-моховой тундрой с мерзлотой на глубине 160 – 180 см и находится на вершине холма с незначительным уклоном на восток ($67^{\circ}31'$ с.ш., $64^{\circ}08'$ в.д.). Почва – глеезем криометаморфический. Второй ключевой участок (КУ-2) выделен в долине р. Воркуты в пределах второй надпойменной террасы ($67^{\circ}25'$ с.ш., $63^{\circ}50'$ в.д.). Растительный покров образует сообщество мелкоерниковой кустарничково-моховой тундры, почвенный покров – глееземы криометаморфические криогенно-железистые, глубина залегания мерзлоты 100 – 120 см. Третий участок (КУ-3) располагается на первой надпойменной террасе р. Воркута и представляет кустарничковое мохово-лишайниковое сообщество ($67^{\circ}26'$ с.ш., $63^{\circ}49'$ в.д.). Почва данного участка отнесена к типу криометаморфических грубогумусовых, подтипу – глееватых с глубиной залегания мерзлоты 80 – 100 см. Четвертый участок (КУ-4) представлен мохово-лишайниковой тундрой (площадка R2 международной мониторинговой программы CALM) с мерзлотой на глубине 70 – 90 см и расположен на склоне юго-западной экспозиции с небольшим уклоном ($67^{\circ}35'$ с.ш., $64^{\circ}09'$ в.д.). Почва – торфяно-глеезем (Mazhitova, 2008). Пятый участок (КУ-5) – вторичный биоценоз, сформировавшийся в результате сельскохозяйственного освоения Севера и выведенный из эксплуатации в 2000 г., расположен на вершине холма в 250 – 300 м от КУ-1 с мерзлотой на глубине более 150 см. Почва тундровая задернованная поверхностно-глеевая (Archeгова, 2007; Mazhitova, 2008). Более подробное описание участков дано в ряде работ (Archeгова, 2007; Mazhitova, 2008; Goryachkin et al., 2011; Kudrin et al., 2019; Taskaeva et al., 2021).

Абиотические факторы среды. Измерение почвенных температур производилось при помощи установки цифровых логгеров HOBO U12-008 (ONSET, США) в верхний органогенный горизонт почвы на глубину 3 – 5 см, запрограммированных на 6 измерений в сутки. В дальнейшем рассчитывались среднесуточные показатели, а также средняя температура самого теплого (июль) и самого холодного (ноябрь – февраль) месяцев. Период измерения температуры составил 342 дня с 05.07.2016 по 11.06.2017 г. Температурный режим участка КУ-4 приведен из литературных источников (Mazhitova, 2008). Влажность почвы измерялась гравиметрическим методом в 2016 – 2017 гг.

Методы учета коллембол. На каждом участке было отобрано по 12 – 15 проб площадью 100 см² на глубину 5 – 10 см в течение трех полевых сезонов (табл. 1). Экстракцию ногохвосток осуществляли по общепринятой методике с использованием эклекторов Берлезе – Туллыгрена в 96%-ном спирте в течение 7 – 10 дней – времени, достаточного для достижения воздушно-сухого состояния почвы. Животных из проб отсортировывали под бинокулярным микроскопом и определяли до вида при помощи определителей (Fjellberg, 1998, 2007; Potapov, 2001; Kaprus et al., 2016) под микроскопом Leica DM 4000 B (Leica Microsystems, Германия). Всего извлечено и определено около 46 тыс. экземпляров ногохвосток.

Таблица 1. Характеристика участков и материала для оценки динамичности сообществ коллембол

Table 1. Characteristics of the plots and material for assessing the dynamics of Collembola communities

Показатель / Parameter	Участок / Plot					
	КУ-1	КУ-2	КУ-3	КУ-4	КУ-5	
1	2	3	4	5	6	7
Характеристика участков / Characteristics of the plots						
Глубина залегания мерзлоты, см / Permafrost depth, cm	160 – 180	100 – 120	80 – 100	70 – 90	150 – 180	
Влажность почвы, % / Soil moisture content, %	–	49 – 119	82 – 283	149 – 280	–	88 – 101
Средняя температура почвы самого теплого месяца, °C / Mean annual soil temperature of the warmest month, °C	8...10*	14.1	12.4	8.6	4...6*	13.3
Средняя температура почвы самого холодного месяца, °C / Mean annual soil temperature of the coldest month, °C	-1...-2*	-1.0	-1.3	-4.9	-7...-12*	-3.0
Характеристика учетов / Characteristics of the records						
Годы / Years	2007 – 2009	2015 – 2017	2015 – 2017	2015 – 2017	2007 – 2009	2015 – 2017
Месяц / Month	Сентябрь / September	Июль / July	Июль / July	Июль / July	Сентябрь / September	Июль / July
Число проб в серии / Number of samples in the series	12	15	15	15	12	15
Общее число проб / Total number of samples	36	45	45	45	36	45
Размер пробы, см ² / Sample size, cm ²	100	100	100	100	100	100

Окончание табл. 1
Table 1. Continuation

1	2	3	4	5	6	7
Материал / Material						
Всего экз. / Total ind.	2476	4576	10998	15841	4295	7677
Всего видов / Total species	36	33	46	50	32	37

Примечание. * – данные указаны по Mazhitova, 2008; прочерк означает, что данные отсутствуют.

Note. * – data are given according to Mazhitova, 2008; a dash means that no data are available.

Методы анализа. Альфа-разнообразие сообществ коллембол оценивали при помощи индекса Шеннона. Дифференцирующее или бета-разнообразие характеризовали путем попарного сравнения состава коллембол в природных сообществах. В качестве показателя соответствия использовали индекс Брея – Кертиса. Для оценки динамичности сообщества коллембол были выбраны следующие показатели: общая численность, количество видов, спектр доминирующих видов и жизненных форм (Kuznetsova, 2005). Классы доминирования выделены по шкале Энгельмана (Engelmann, 1978), жизненные формы даны по А. Потапову с соавторами (Potapov et al., 2016). Прежде всего была рассмотрена разногодичная динамика сообществ ногохвосток, предполагающая сравнение данных, полученных в разные годы в одни и те же сроки с одного и того же местообитания. Для каждого параметра рассчитывали среднее на участок и стандартную ошибку. Диапазон флуктуаций общей численности, численности доминирующих видов и жизненных форм, а также видового богатства ногохвосток оценивали, применяя коэффициент вариации (V , %) и индекс стабильности (I_s). На основании расчетов коэффициента вариации Н. А. Кузнецовой (Kuznetsova, 2005) было предложено выделять группы коллембол с относительно сильными ($V > 200\%$), умеренными ($V = 100 - 200\%$) и слабыми ($V < 100\%$) флуктуациями. Индекс I_s , предложенный для анализа стабильности плотности популяций (Connell, Sousa, 1983), рассчитывается как стандартное отклонение логарифмически трансформированных данных: $\lg(n+1)$, где n – плотность популяций для каждого срока учета. В соответствии с разбросом значений принято выделять 7 классов вариабельности: I – 0 – 0.20; II – 0.21 – 0.40; III – 0.41 – 0.60; IV – 0.61 – 0.80; V – 0.81 – 1.00; VI – 1.01 – 1.20; VII ≥ 1.21 . Для размаха вариабельности видовой структуры сообществ коллембол разных местообитаний использован метод многомерного шкалирования (nMDS) с использованием индекса Брея – Кертиса на основе относительного обилия всех видов в разные годы. Предварительно все данные были проверены на нормальность.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы PAST 4.10 (Hammer et al., 2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Абиотические факторы среды. Рассмотренные участки, в силу специфики расположения в рельефе и уровню залегания мерзлоты, различаются по температурному режиму. Так, мониторинг почвенных температур показал, что на протя-

жении периода наблюдения на участке КУ-1 она характеризовалась максимальными значениями (см. табл. 1). Температурный режим участка КУ-2 несколько отличается от КУ-1, особенно в летние месяцы, когда температура была на 1 – 2°C ниже, однако в осенние и зимние месяцы разница между ними практически отсутствовала. Температура почвы на участке КУ-3 оказалась в 1.5 раза ниже летом и в 4 раза – зимой по сравнению с КУ-1. Наиболее неблагоприятными условиями характеризуется участок КУ-4, где средняя температура почвы самого холодного месяца составила -7°C, а самого теплого не превышала +6°C (Mazhitova, 2008). Температурный режим участка КУ-5 близок к таковому КУ-1, однако в зимние месяцы характеризуется более низкой температурой. Для этих же участков получены сходные значения влажности, где она составила 49 – 119%. Участки КУ-2 и КУ-3 оказались более влажными (см. табл. 1).

Общая характеристика населения коллембол. В общей сложности за период исследований на всех рассмотренных участках зарегистрировано 87 видов коллембол, что составляет примерно 92% воркутинской локальной фауны. Альфа-разнообразие, рассчитанное по индексу Шеннона, варьировало от 1.8 до 2.6 с наименьшим показателем во вторичном биоценозе (КУ-5). Уровень дифференцирующего разнообразия (60 – 70%) свидетельствует о весьма схожей структуре сообществ коллембол между участками (табл. 2). Наибольшая численность отмечена в мелкоерниковой (КУ-2) и кустарничковой (КУ-3), наименьшая – в крупноерниковой (КУ-1), мохово-лишайниковой (КУ-4) тундрах и вторичном биоценозе (КУ-5). Для сообществ коллембол обычно характерно 2 – 3 доминанта и 4 – 7 субдоминантов, среди последних чаще всего встречаются почвенные виды рода *Protaphorura*. Набор массовых видов достаточно постоянен. Наиболее многочисленный и преобладающий вид – *Folsomia quadrioculata* (Tullberg, 1871), широко распространенный гемиздафический вид.

Таблица 2. Вариабельность численности, видового богатства, жизненных форм и популяций доминирующих видов коллембол в крупноерниковой тундре

Table 2. Variability in the abundance, species richness, life forms and populations of the dominant species of springtails in the large-dwarf tundra

Параметр, вид и экологическая группа / Parameter, species, and ecological group	Год / Year						Статистики / Statistics		
	2007	2008	2009	2015	2016	2017	N	V	I _s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Численность, тыс. экз./м ² / Number, thous. ind./m ²	9.0±3.1	13.6±3.9	5.4±1.2	9.8±1.3	16.9±3.1	4.4±1.0	9.8±1.9	48	0.22
Видовое богатство, S / Species richness, S	20	25	24	27	25	16	22.8±1.7	18	0.08
<i>Desoria tshernovi</i> (Martyanova, 1974)	0.3±0.1 (3.7)	0.2±0.1 (1.8)	1.9±0.5 (35.7)	2.3±0.4 (24.1)	1.4±0.4 (8.6)	0	1.0±0.4	94	0.89
<i>Folsomia palaeartica</i> Potapov et Babenko, 2000	1.2±0.6 (13.1)	1.0±0.4 (7.2)	0.5±0.1 (9.6)	0.5±0.2 (5.2)	7.1±2.4 (42.2)	0.3±0.1 (7.9)	1.8±1.1	148	0.45
<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	2.2±0.6 (24.3)	3.9±1.8 (28.8)	0.7±0.5 (13.2)	1.8±0.6 (17.9)	1.4±0.8 (8.5)	0.06±0.03 (1.4)	1.7±0.5	79	0.64
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	1.1±0.07 (12.3)	1.3±0.6 (9.3)	0.6±0.1 (10.5)	1.4±0.3 (14.6)	0.9±0.2 (5.3)	0.5±0.2 (11.3)	1.0±0.1	39	0.19

Окончание табл. 2
Table 2. Continuation

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхностно-обитающая / Epi-daphnic	1.0±0.4	1.1±0.3	2.5±0.6	3.1±0.4	2.4±0.5	2.4±0.8	2.1±0.3	40	0.20
Гемиздафическая / Hemie-daphnic	5.0±2.1	5.7±0.07	1.6±0.3	3.4±0.6	9.4±2.9	1.8±0.5	4.5±1.2	65	0.30
Эуздафическая / Euedaphic	2.9±0.7	6.6±0.1	1.2±0.5	3.2±0.7	5.1±1.1	0.2±0.1	3.2±1.0	74	0.53

Примечание. N – средняя численность, тыс. экз./м² ± ошибка средней; V – коэффициент вариации, %; I_s – индекс стабильности; 0 – вид не зарегистрирован; в скобках указана доля вида в группировке коллембол текущего года.

Note. N – average numbers, thousand ind./m² ± mean error; V – variation coefficient, %; I_s – stability index; 0 – the species is not registered; the proportion of the species in the current year's collembola grouping is indicated in brackets.

Динамичность сообщества коллембол. Общая численность коллембол на всех участках варьирует по годам наблюдений незначительно, на что указывают как значения коэффициента вариации, так и индекса стабильности (см. табл. 2 – 6).

Таблица 3. Вариабельность численности, видового богатства, жизненных форм и популяций доминирующих видов коллембол в мелкоерниковой тундре

Table 3. Variability in the abundance, species richness, life forms and populations of the dominant species of springtails in the small-dwarf tundra

Параметр, вид и экологическая группа / Parameter, species, and ecological group	Год / Year			Статистики / Statistics		
	2015	2016	2017	N	V	I_s
Численность, тыс. экз./м ² / Number, thous. ind./m ²	23.8±2.8	37.0±4.5	13.9±2.6	24.9±4.7	46	0.21
Видовое богатство, S / Species richness, S	34	27	23	28.0±2.3	20	0.08
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	3.3±0.6 (13.9)	9.6±2.8 (26.1)	3.6±1.5 (26.2)	5.5±2.1	64	0.26
<i>Tetracanthella wahlgreni</i> Axelson, 1907	4.4±1.1 (18.4)	8.0±2.3 (21.6)	4.4±1.6 (31.6)	5.6±1.2	37	0.15
<i>Protaphorura subarctica</i> (Martynova, 1976)	3.8±0.7 (16.2)	5.4±1.5 (14.6)	2.2±0.9 (15.8)	3.8±0.9	42	0.20
Поверхностно-обитающая / Epi-daphnic	8.5±1.4	11.4±2.3	5.7±1.6	8.5±1.7	34	0.15
Гемиздафическая / Hemiedaphic	6.2±1.1	13.5±3.0	5.6±1.4	8.5±2.5	52	0.21
Эуздафическая / Euedaphic	9.0±1.5	11.9±3.7	2.6±0.9	7.8±2.7	61	0.35

Примечание. Условные сокращения см. табл. 2.

Note. See Table 2 for abbreviations.

Диапазон изменений численности доминирующего вида *F. quadrioculata* на КУ-2 и КУ-3 практически одинаков и составляет 3 – 4-крат, в то время как на КУ-5 и КУ-4 он превышает 6 – 12-крат. В крупноерниковой тундре (КУ-1) этот вид не достигал уровня доминирования, и мы не рассчитывали для него показатели динамичности. Численность *Tetracanthella wahlgreni* Axelson, 1907 и *Protaphorura subarctica* (Martynova, 1976) на участках КУ-2 и КУ-3 колеблется в незначительных пределах, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации и индекс стабильности. Иная картина отмечена для КУ-1, КУ-4 и КУ-5. Так, наибольшие значения

Таблица 4. Вариабельность численности, видового богатства, жизненных форм и популяций доминирующих видов коллембол в кустарничковой тундре

Table 4. Variability in the abundance, species richness, life forms and populations of the dominant species of springtails in the shrub tundra

Параметр, вид и экологическая группа / Parameter, species, and ecological group	Год / Year			Статистики / Statistics		
	2015	2016	2017	<i>N</i>	<i>V</i>	<i>I_s</i>
Численность, тыс. экз./м ² / Number, thous. ind./m ²	43.8±4.4	33.9±6.9	15.4±3.2	31.0±5.9	46	0.24
Видовое богатство, <i>S</i> / Species richness, <i>S</i>	42	26	21	29.7±4.5	37	0.15
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	13.8±2.9 (31.5)	8.2±3.1 (24.1)	3.6±1.0 (23.3)	8.5±2.9	60	0.29
<i>Tetracanthella wahlgreni</i> Axelson, 1907	6.6±1.1 (15.0)	3.7±0.8 (11.0)	3.1±0.7 (20.2)	4.5±1.1	41	0.17
<i>Protaphorura subarctica</i> (Martynova, 1976)	5.3±1.0 (12.1)	5.5±1.5 (16.2)	2.6±1.4 (17.0)	4.5±0.9	36	0.18
Поверхностно-обитающая / Epiedaphic	12.6±1.5	8.7±1.3	4.2±0.8	8.5±2.4	49	0.24
Гемизафическая / Hemiedaphic	18.0±3.0	16.6±4.2	7.8±2.0	14.1±3.2	39	0.20
Эузафическая / Euedaphic	9.0±1.5	11.9±3.7	2.6±0.9	7.8±2.7	61	0.35

Примечание. Условные сокращения см. табл. 2.

Note. See Table 2 for abbreviations.

коэффициента вариации относительного обилия более 100% отмечены у *Folsomia palaeartica* Potapov et Babenko, 2000 в крупноерниковой тундре (КУ-1), *Desoria tshernovi* (Martynova, 1974) и *Friezea truncata* Cassagnau, 1958 во вторичном биоценозе (КУ-5). Однако по индексу стабильности динамика численности *F. palaeartica* соответствует III классу вариабельности. Кроме того, согласно значениям *I_s* к VII классу стабильности относится динамика численности *Folsomia manolachei* Bagnall, 1939 и *P. subarctica* в мохово-лишайниковой тундре (КУ-4), в то время как значения коэффициента вариации указывают на слабые флуктуации (см. табл. 5). Такой результат объясняется тем, что коэффициент вариации оценивает изменчивость структурных показателей (относительное обилие, %), а *I_s* – колебания абсолютных значений численности.

Таблица 5. Вариабельность численности, видового богатства, жизненных форм и популяций доминирующих видов коллембол в мохово-лишайниковой тундре

Table 5. Variability in the abundance, species richness, life forms and populations of the dominant species of springtails in the moss-lichen tundra

Параметр, вид и экологическая группа / Parameter, species, and ecological group	Год / Year			Статистики / Statistics		
	2007	2008	2009	<i>N</i>	<i>V</i>	<i>I_s</i>
1	2	3	4	5	6	7
Численность, тыс. экз./м ² / Number, thous. ind./m ²	23.9±8.3	10.4±2.0	8.0±1.3	14.0±4.9	61	0.25
Видовое богатство, <i>S</i> / Species richness, <i>S</i>	19	23	23	21.7±0.9	11	0.04
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall, 1939	4.9±2.5 (20.7)	3.4±0.7 (32.8)	0	2.8±1.5	91	1.51
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	8.2±2.1 (34.3)	0.6±0.3 (6.2)	3.9±0.8 (49.6)	4.3±2.2	89	0.57
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	2.8±1.6 (11.9)	1.8±0.8 (16.9)	0.3±0.07 (3.7)	1.6±0.7	78	0.52
<i>Protaphorura boedvarrsoni</i> Pomorski, 1993	1.1±0.3 (4.6)	1.6±0.3 (15.0)	0.6±0.3 (8.0)	1.1±0.3	42	0.19

Окончание табл. 5
Table 5. Continuation

1	2	3	4	5	6	7
<i>Protaphorura subarctica</i> (Martynova, 1976)	1.0±0.5 (4.1)	0	1.0±0.3 (11.9)	0.6±0.3	87	1.72
Поверхностно-обитающая / Epiedaphic	1.1±0.3	0.7±0.3	0.5±0.1	0.8±0.2	39	0.17
Гемиздафическая / Hemiedaphic	14.9±4.2	6.2±1.4	5.1±0.9	8.8±3.1	61	0.25
Эуэдафическая / Euedaphic	7.8±4.9	3.5±0.9	2.0±0.4	4.4±1.7	68	0.29

Примечание. Условные сокращения см. табл. 2.

Note. See Table 2 for abbreviations.

Ежегодные выборки регистрируют от 13 – 23 до 23 – 42 видов на разных участках. Максимальное число видов (28 – 30) отмечено на КУ-2 и КУ-3, минимальное (18) на КУ-5, на КУ-1 и КУ-4 оно составило порядка 22 – 23 видов. Коэффициенты вариации и индекс стабильности указывают на слабые флуктуации данного параметра (см. табл. 2 – 6).

Таблица 6. Вариабельность численности, видового богатства, жизненных форм и популяций доминирующих видов коллембол во вторичном биоценозе

Table 6. Variability in the abundance, species richness, life forms and populations of the dominant species of springtails in the secondary biocenoses

Параметр, вид и экологическая группа / Parameter, species, and ecological group	Год / Year				Статистики / Statistics		
	2009	2015	2016	2017	<i>N</i>	<i>V</i>	<i>I_s</i>
Численность, тыс. экз./м ² / Number, thous. ind./m ²	4.5±0.9	29.7±5.5	20.0±5.5	6.2±1.5	15.1±5.3	79	0.39
Видовое богатство, <i>S</i> / Species richness, <i>S</i>	23	23	14	13	18.2±2.4	30	0.13
<i>Desoria tshernovi</i> Martynova, 1974	0.02±0.0 1 (0.6)	23.2±5.3 (78.3)	16.1±5.6 (79.9)	0	9.8±5.2	119	1.78
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	0	1.8±0.7 (6.0)	1.0±0.3 (4.8)	1.9±0.9 (31.2)	1.2±0.4	76	1.09
<i>Folsomia palaeartica</i> Potapov et Babenko, 2000	1.7±0.5 (38.7)	0.3±0.08 (0.9)	0.4±0.1 (1.8)	0.6±0.3 (9.3)	07.±0.3	93	0.36
<i>Friesia truncata</i> Cassagnau, 1958	0.02±0.0 2 (0.6)	0.02±0.0 2 (0.1)	0.7±0.3 (3.4)	2.6±1.0 (42.0)	0.8±0.6	146	1.04
Поверхностно-обитающая / Epiedaphic	0.5±0.1	24.7±5.2	17.4±5.7	3.1±1.0	11.4±5.8	101	0.78
Гемиздафическая / Hemiedaphic	3.1±0.8	4.6±1.8	2.3±0.5	3.0±1.0	3.2±0.5	29	0.12
Эуэдафическая / Euedaphic	0.9±0.3	0.4±0.2	0.3±0.08	0.07±0.06	0.4±0.2	80	0.46

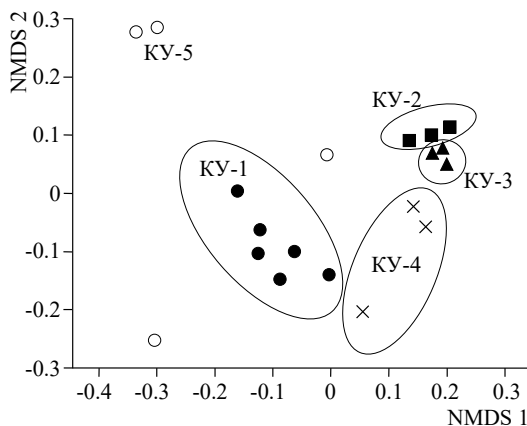
Примечание. Условные сокращения см. табл. 2.

Note. See Table 2 for abbreviations.

Оценка сообществ коллембол по соотношению жизненных форм свидетельствует о том, что в целинных тундрах на протяжении всего периода наблюдений наиболее постоянна роль гемиздафических и поверхностно-обитающих видов. Численность эуэдафической группы варьирует в больших пределах, изменяясь от 4 до 33 крат (см. табл. 2 – 6). Однако значения коэффициента вариации и индекса стабильности, не выходящего за пределы II класса и лишь однажды достигшего III класса, указывают на слабые флуктуации всех жизненных форм. Во вторичном

биоценозе, сформировавшемся в результате сельскохозяйственного освоения Севера, доля эпи- и эуэдафической жизненной формы колеблется в больших пределах, но лишь до III и IV класса (см. табл. 2).

Результаты многомерного непараметрического шкалирования на основе коэффициентов биоценотического сходства Брея – Кертиса показывают, что видовая структура сообществ коллембол на участках КУ-2 и КУ-3 весьма стабильна во времени, на участках КУ-1 и КУ-4 отражает слабую вариабельность, а наибольший диапазон ее колебаний характерен для вторичного биоценоза КУ-5 (рисунок).



Сходство разногодичных группировок коллембол в обследованных биотопах (non-metric MDS, Bray–Curtis index, программа PAST 4.10). Линиями обведены области варьирования относительного обилия видов одного биогеоценоза в разногодичной динамике

Figure. Similarity of the collembolan community dynamics across different years in the studied biotopes (PAST 4.10 software, non-metric MDS, Bray–Curtis index). The lines outline the areas of variation in the relative abundance of species of one biogeocenosis in multi-year dynamics

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Согласно данным литературы, сообщества коллембол почв умеренного лесного пояса Европы в условиях субконтинентального климата имеют небольшой размах флуктуаций, что свойственно популяциям многих наземных и водных организмов (Connell, Sousa, 1983; Kuznetsova, 2005, 2007). В более суровых климатических условиях, таких как тундры с их криогенным микрорельефом, избыточным увлажнением и дефицитом тепла, мозаичным растительным покровом предполагается усиление разногодичных флуктуаций. Однако наши результаты свидетельствуют об их относительно незначительном размахе. Так, сообщества ногохвосток мелкоерниковой (КУ-2) и кустарничковой (КУ-3) тундр по структурным характеристикам относительно устойчивы в разногодичной динамике. Разные способы анализа динамичности демонстрируют постоянство их видовой и экологической структуры, что позволяет рассматривать сообщества коллембол данных тундр как структурно стабильные. В крупноерниковой (КУ-1) и мохово-лишайниковой (КУ-4) тундрах выявлены слабо флуктуирующие сообщества, имеющие расширенный набор сменяющих друг друга доминантов. Широкий диапазон колебаний доминирующих видов и жизненных форм коллембол, отмеченный для вторичного биоценоза (КУ-5), указывает на умеренно флуктуирующий тип. По всей видимости, временная организация сообществ коллембол не зависит от географического фактора, а определяется конкретными условиями биоценоза. При этом мерзлота, уровень залегания которой различается на рассмотренных нами участках (см. табл. 1),

вероятно, мало влияет на динамику коллембол, так как почвы оттаивают на глубину, значительно превышающую глубину обитания последних (Chimitova et al., 2010).

Тип организации сообществ коллембол определяется внешними факторами (Kuznetsova, 2005), наиболее важными из которых являются устойчивость режима увлажнения и сопряженная с ней температура почвы (Kennedy, 1994; Hodkinson et al., 1998; Coulson et al., 2000; Blankinship et al., 2011; A'Bear et al., 2013). Как показали наши исследования, для мелкоерниковой и кустарничковой тундр характерны оптимальные условия увлажнения и теплообеспеченности (см. табл. 1), создаваемые достаточно толстым слоем (8 – 20 см) органогенного горизонта (Taskaeva et al., 2021), что способствует устойчивости сообществ коллембол во времени. В мохово-лишайниковой тундре, для которой отмечено понижение температуры и переувлажнение почв, а также крупноерниковой тундре и вторичном биоценозе, характеризующихся повышением температуры и влажности почв (см. табл. 1), выявлено сокращение мощности органогенного горизонта до 1 – 10 см (Archeгова, 2007; Taskaeva et al., 2021), что, вероятно, и вызывает обнаруженные нами флуктуации в сообществах коллембол. В то же время широкий диапазон колебаний поверхностных форм коллембол во вторичном биоценозе, в основном за счет колебаний численности *D. tshernovi*, подчеркивает не только их способность к адаптации при быстрых изменениях в окружающей среде за счет мобильности (Hopkin, 1997), но и свидетельствует о том, что признаки освоения в почве сохраняются продолжительное время.

Согласно данным литературы, влияние температуры может быть как прямым через регуляцию жизненных циклов коллембол (Kennedy, 1994; Hodkinson et al., 1998; Coulson et al., 2000), так и опосредованным через изменение растительности. Характер структуры растительных фитоценозов, с одной стороны, оказывает влияние на качество и количество подстилки, вызывая изменения в составе и численности почвенных микроорганизмов, которыми питаются коллемболы (Sjursen et al., 2005; Hågvar, Klanderud, 2009), а с другой стороны, на толщину снежного покрова (Mazhitova, 2008; Bokhorst et al., 2012). Роль снега в формировании температурных режимов почв хорошо известна (Mazhitova, 2008). Снежный покров является важным и решающим фактором в жизни большинства животных и растений, так как он лимитирует распространение одних видов, но одновременно защищает другие от низкой зимней температуры (Callaghan, Johansson, 2009). Если в крупноерниковой тундре кустарники задерживают большое количество снега, то в «открытом» вторичном биоценозе зимние ветра постоянного направления эффективно его перераспределяют (Mazhitova, 2008), вследствие чего почва последнего участка в зимнее время быстрее промерзает (см. табл. 1). Кроме того, зимнее потепление (зимние температуры в Арктике выросли на 3.1°C с 1971 г.; Vox et al., 2019) способствует снижению накопления снежного покрова, что влияет не только на уровень влажности почвы летом, но и на термическую буферизацию зимующих коллембол (Vox et al., 2019; Nøye et al., 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что для тундровых экосистем европейской части России, формирующихся в одинаковых климатических условиях, но

различающихся по типу растительности, уровню залегания многолетней мерзлоты, температуре и влажности почв, свойственны различные типы временной динамики. Население коллембол мезофитных (мелкоерниковой и кустарничковой) тундр, как правило, относится к стабильному типу, теплообеспеченных (крупноерниковой) и холодных переувлажненных (мохово-лишайниковых), а также нарушенных экосистем – к разным типам флуктуирующего.

Авторы признательны Е. М. Перминовой, Ю. А. Холопову, Г. Л. Накулу за помощь при отборе проб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

A'Bear A. D., Boddy L., Jones T. H. Bottom-up determination of soil collembola diversity and population dynamics in response to interactive climatic factors. *Oecologia*, 2013, vol. 173, iss. 3, pp. 1083–1087. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2662-3>

Archegova I. B. Thermal regime of tundra soils under reclamation and restoration of natural vegetation. *Eurasian Soil Science*, 2007, vol. 40, iss. 8, pp. 854–859. <https://doi.org/10.1134/S1064229307080078>

Blankinship J. C., Niklaus P. A., Hungate B. A. A meta-analysis of responses of soil biota to global change. *Oecologia*, 2011, vol. 165, pp. 553–565. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1909-0>

Bokhorst S., Bjerke J. W., Tømmervik H., Preece C., Phoenix G. K. Ecosystem response to climatic change: The importance of the cold season. *AMBIO*, 2012, vol. 41, pp. 246–255. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0310-5>

Box J. E., Colgan W. T., Christensen T. R., Schmidt N. M., Lund M., Parmentier F.-J. W., Brown R., Bhatt U. S., Euskirchen E. S., Romanovsky V. E., Walsh J. E., Overland J. E., Wang M., Corell R. W., Meier W. N., Wouters B., Mernild S., Mård J., Pawlak J., Olsen M. S. Key indicators of Arctic climate change: 1971–2017. *Environmental Research Letters*, 2019, vol. 14, no. 4, article no. 045010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aafc1b>

Callaghan T. V., Johansson M. The changing, living tundra: A tribute to Yuri Chernov. In: Golovatch S. I., Makarova O. L., Babenko A. B., Penev L. D., eds. *Species and Communities in Extreme Environments. Festschrift towards the 75th Anniversary and a Laudatio in Honour of Academician Yuri Ivanovich Chernov*. Moscow, Sofia, Pensoft Publ. & KMK Scientific Press, 2009, pp. 207–223 (in Russian).

Chernov Yu. I., Penev L. D. Biological diversity and the climate. *Uspekhi Sovremennoi Biologii*, 1993, vol. 113, iss. 5, pp. 515–531 (in Russian).

Chernova N. M., Kuznetsova N. A. Collembola community organization and its temporal predictability. *Pedobiologia*, 2000, vol. 44, iss. 3–4, pp. 451–466. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70063-3](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70063-3)

Chimitova A. B., Chernova N. M., Potapov M. B. Springtail (Collembola) populations in cryogenic soils of the Vitim Plateau. *Entomological Review*, 2010, vol. 90, pp. 957–967. <https://doi.org/10.1134/S0013873810080014>

Connell J. H., Sousa W. P. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *American Naturalist*, 1983, vol. 121, no. 6, pp. 789–824. <https://doi.org/10.1086/284105>

Coulson S. J., Leinaas H. P., Ims R. A., Søvik G. Experimental manipulation of the winter surface ice layer: The effects on a High Arctic soil microarthropod community. *Ecography*, 2000, vol. 23, pp. 299–306. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2000.tb00285.x>

Engelmann H.-D. Zur dominanz klassifizierung von Boden arthropoden. *Pedobiologia*, 1978, vol. 18, iss. 5–6, pp. 378–380. [https://doi.org/10.1016/S0031-4056\(23\)00612-1](https://doi.org/10.1016/S0031-4056(23)00612-1)

Fjellberg A. The collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I: Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 1998, vol. 35, 184 p.

Fjellberg A. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part 2: Entomobryomorpha and Symphypleona. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 2007, vol. 42. 264 p.

Goryachkin S. V., Gilichinskii D. A., Gubin S. V., Lapteva E. M., Lupachev A. V., Fedorov-Davidov D. G., Zazovskaya E. P., Mazhitova G. G., Mergelov N. S., Vinogradova Yu. A., Melekhina E. N., Taskaeva A. A. Condition of the arctic and subarctic soils for the International polar year. In: Kotlyakov V. M., ed. *Polar Cryosphere and Continental Waters*. Moscow, Paulsen, 2011, pp. 193–217 (in Russian).

Hågvær S., Klønderud K. Effect of simulated environmental change on alpine soil arthropods. *Global Change Biology*, 2009, vol. 15, pp. 2972–2980. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01926.x>

Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST – Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, iss. 1, pp. 1–9.

Hodkinson I. D., Webb N. R., Bale J. S., Block W., Coulson S. J., Strathdee A. T. Global change and arctic ecosystems: Conclusions and predictions from experiments with terrestrial invertebrates on Spitsbergen. *Arctic and Alpine Research*, 1998, vol. 30, pp. 306–313. <https://doi.org/10.2307/1551978>

Hopkin S. P. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford, Oxford University Press, 1997. 330 p.

Høy T. T., Loboda S., Koltz A. M., Gillespie M. A. K., Bowden J. J., Schmidt N. M. Non-linear trends in abundance and diversity and complex responses to climate change in Arctic arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, vol. 118, no. 2, article no. e2002557117 <https://doi.org/10.1073/pnas.2002557117>

Jucevica E., Meleci V. Long-term dynamics of Collembola in a pine forest ecosystem. *Pedobiologia*, 2002, vol. 46, pp. 365–372. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00144>

Jucevica E., Meleci V. Global warming affect Collembola community: A long-term study. *Pedobiologia*, 2006, vol. 50, pp. 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.10.006>

Kaprus I., Weiner W., Pašnik G. Collembola of the genus *Protaphorura* Absolon, 1901 (Onychiuridae) in the Eastern Palearctic: Morphology, distribution, identification key. *Zookeys*, 2016, vol. 620, pp. 119–150. <https://doi.org/10.3897/zookeys.620.9372>

Kennedy A. D. Simulated climate change: A field manipulation study of polar microarthropod community response to global warming. *Ecography*, 1994, vol. 17, pp. 131–140. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1994.tb00085.x>

Koehler H., Meleci V. Long-term observations of soil mesofauna. In: Müller F., Baessler C., Schubert H., Klotz S., eds. *Long-Term Ecological Research. Between Theory and Application*. Dordrecht, Springer, 2010, pp. 203–220. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8782-9_15

Kudrin A. A., Konakova T. N., Taskaeva A. A. Communities of soil Nematodes of various tundra phytocenoses differing in the development level of the shrub layer. *Russian Journal of Ecology*, 2019, vol. 50, no. 6, pp. 526–534. <https://doi.org/10.1134/S1067413619060092>

Kuznetsova N. A. *Organization of Communities of Soil-Dwelling Collembola*. Moscow, Prometei, 2005. 244 p. (in Russian).

Kuznetsova N. A. Long-term dynamics of Collembolan populations in forest and meadow ecosystems. *Entomological Review*, 2007, vol. 87, no. 1, pp. 11–24. <https://doi.org/10.1134/S0013873807010022>

Kuznetsova N. A., Krest'yaninova A. I. Dynamics of springtail communities (Collembola) in hydrological series of pine forests in southern taiga. *Entomological Review*, 1998, vol. 78, no. 8, pp. 969–981.

Mazhitova G. G. Soil temperature regimes in the discontinuous permafrost zone in the east European Russian arctic. *Eurasian Soil Science*, 2008, Vol. 41, no. 1, pp. 48–62. <https://doi.org/10.1134/S1064229308010067>

Perez G., Decaëns T., Dujardin G., Akpa-Vinceslas M., Langlois E., Chauvat M. Response of Collembolan assemblages to plant species successional gradient. *Pedobiologia*, 2013, vol. 56, pp. 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2013.04.001>

Potapov A. A., Semenina E. E., Korotkevich A. Y., Kuznetsova N. A., Tiunov A. V. Connecting taxonomy and ecology: Trophic niches of collembolans as related to taxonomic identity and life forms. *Soil Biology and Biochemistry*, 2016, vol. 101, pp. 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.07.002>

Potapov M. Synopses on Palaearctic Collembola. Vol. 3. Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 2001, Bd. 73, Hf. 2, S. 1–601.

Rzeszowski K., Sterzyńska M. Changes through time in soil Collembola communities exposed to urbanization. *Urban Ecosystems*, 2016, vol. 19, iss. 1, pp. 143–158. <https://doi.org/10.1007/s11252-015-0478-0>

Sjursen H., Michelsen A., Jonasson S. Effects of long-term soil warming and fertilisation on microarthropod abundances in three sub-arctic ecosystems. *Applied Soil Ecology*, 2005, vol. 30, iss. 3, pp. 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.02.013>

Taskaeva A. A., Konakova T. N., Kolesnikova A. A., Kudrin A. A., Panjukov A. N., Lapteva E. M. Spatial distribution of invertebrates in the soils of the southeastern part of the Bolshzemelskaya tundra. *Biology Bulletin*, 2021, vol. 48, iss. 1, pp. 94–102. <https://doi.org/10.1134/S1062359021010143>

Taskaeva A. A., Lapteva E. M. Collembola community dynamics in inundated forests in the middle taiga. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2012, no. 4, pp. 426–436 (in Russian).

Tatarinov A. G., Kulakova O. I. Long-term changes in the structure of the Butterflies population (Lepidoptera, Rhopalocera) on the mixed grass meadow. *Theoretical and Applied Ecology*, 2018, no. 1, pp. 88–96 (in Russian).

Wolters W. Long-term dynamics of a collembolan community. *Applied Soil Ecology*, 1998, vol. 9, iss. 1–3, pp. 221–227. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00079-1)

Temporary organization of Collembola (Hexapoda) communities in tundra ecosystems

A. A. Taskaeva ✉, A. A. Kudrin, T. N. Konakova

*Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
28 Kommunisticheskaya St., Syktyvkar 167982, Russia*

Received: April 7, 2025 / revised: July 30, 2025 / accepted: August 4, 2025 / published: March 31, 2026

Abstract: This article presents the temporal organization of springtail communities in tundra ecosystems across the European Russia. These ecosystems share similar climatic conditions but vary in vegetation type, permafrost occurrence, and soil temperature. Our study included both pristine tundra and secondary biocenoses formed due to agricultural activities in the North. In the small-bush and dwarf shrub tundra, the springtail population structure remains relatively stable. This stability is indicative of long-term maintenance of the phytocenosis composition and structure, allowing us to characterize these springtail communities as structurally stable. However, in less favorable environments, such as the large-bush and cold moss-lichen tundra, the springtail communities exhibit slight fluctuations. These fluctuations are marked by an extended set of the dominant species that replace each other over time. In contrast, highly fluctuating springtail communities are characteristic of secondary biocenoses. These findings highlight the impact of environmental conditions and human activities on the stability and diversity of springtail communities in tundra ecosystems.

Keywords: springtails, dynamics, coefficient of variation stability index, Vorkuta region, European part of Russia

Funding: The study was conducted in framework of the state assignment of the Institute of Biology of Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (No. 125013101229-9).

Ethics approval and consent to participate: Animal protocols were approved by the Bioethics Committee of the Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (protocol No. 05/2026 dated March 17, 2026).

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Taskaeva A. A., Kudrin A. A., Konakova T. N. Temporary organization of Collembola (Hexapoda) communities in tundra ecosystems. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2026, no. 1, pp. 87–101 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-1-87-101>

✉ *Corresponding author:* Department of Animal Ecology, Institute of Biology of Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Anastasia A. Taskaeva: <https://orcid.org/0000-0002-4519-8458>, taskaeva@ib.komisc.ru; Alexey A. Kudrin: <https://orcid.org/0000-0003-4385-4746>, kudrin@ib.komisc.ru; Tatyana N. Konakova: <https://orcid.org/0000-0002-3641-3339>, konakova@ib.komisc.ru.