

УДК 595.713

Динамика сообщества коллембол в почвах Кольского Севера

О.В. Терещенко

Научный отдел Мурманского государственного педагогического университета

Аннотация. Рассматривается динамика общей численности и общих видов коллембол Кольской лесотундры на двух ассоциациях: березняке-черничнике с моховым покровом и сфагновом болоте. Выявляются закономерности, характеризующие погодичную динамику сообществ коллембол, и обсуждаются причины сезонной изменчивости их численности.

Abstract. Dynamics of the total number and general species of springtails in the Kola forest-tundra on two associations: a swamp and birch forest has been considered. The regularities describing inter years dynamics of communities of springtails have been determined and the reasons of seasonal variability of their number have been analyzed.

1. Введение

Отряд Collembola (коллемболы, ногохвостки) включает мелких первичнобескрылых членистоногих. Основные места обитания ногохвосток – скопления органического материала на поверхности почвы (лесная подстилка, степная ветошь, дернины и дерновины растений, прибрежные выбросы, помет крупных животных и т.д.) (Hopkin, 1997; Бокова, 2003). Они образуют пионерные сообщества, являясь основными обитателями пленочных почв на скалах и оголенных грунтах. Их роль сводится к гумусонакоплению и почвообразованию.

Коллемболы активно изучаются в различных лесах на средних широтах (Кузнецова, 2005). В ходе таких исследований были установлены основные закономерности организации сообществ коллембол и общие тенденции их изменения в природных и антропогенных экосистемах восточноевропейского лесного пояса. Однако на высоких широтах коллемболы еще недостаточно изучены, проведены только краткие фаунистические исследования в почвах тундры и северной тайги. Практически не изучено население лесотундры.

Одной из проблем биоценологии является нехватка аутэкологических и синэкологических сведений для микроартропод. Накопление такой информации по большому числу сообществ в пространстве и времени позволит выявить устойчивые закономерности в их структуре и динамике, оценить вклад внутренних связей, внешних влияний и системных закономерностей в организации населения у коллембол.

Целью работы является исследование межгодовой динамики сообщества коллембол на Севере в почвах лесотундры.

Задачи исследования: 1) изучение динамики численности коллембол в различных биотопах, 2) установление влияния физических факторов абиотической среды на численность населения коллембол.

2. Методы и материалы исследований

Исследования проводились в южной части Мурманска в период с апреля по октябрь 2002 и 2003 гг. и с июля по декабрь 2004 г. в природной экосистеме (зона лесотундры) на двух ассоциациях: сфагновом болоте (болотные низинные почвы) и березняке-черничнике с моховым покровом (карликовые подзолистые почвы).

Сборы коллембол проводились через каждые две недели. Для взятия проб в 2002 г. использовалась металлическая рамка 5×6 см². В 2003 и 2004 гг. пробы брали с помощью бура диаметром 3.6 см, соответственно, с площади 10 см². Членистоногих выделяли эклекторами в течение 7 дней без дополнительного подогрева при температуре воздуха 20-22°C (Потапов, 1988). Таксономическая идентификация коллембол осуществлялась по соответствующим определителям (*Определитель коллембол...*, 1988; Potapow, 2001). Всего была собрана 451 проба, из которых выделено 13721 экземпляр коллембол.

При установлении связи между обилием коллембол и абиотическими факторами среды использовались средние значения температуры, давления, суммы осадков и суточного К-индекса магнитной активности между сроками сборов.

Значимость коэффициента корреляции проверялась путем сравнения абсолютной величины эмпирического коэффициента корреляции, умноженной на $(n - 1)^{1/2}$, где n – число измерений, с его критическими значениями при заданной надежности вывода P (Румицкий, 1971).

3. Сезонная динамика общей численности почвенных коллембол

На рис. 1 представлены графики сезонной динамики численности коллембол за три года на черничнике и за два года на сфагнуме. На этом же рисунке показан ход средней температуры и давления между сроками сборов. Вертикальными линиями показана стандартная ошибка измерений. Видно, что динамика средней численности коллембол в 2002 г. на обеих ассоциациях характеризуется наличием трех периодов массового развития. Пики численности коллембол на березняке-черничнике проявились в конце апреля (163 экз./дм²), в начале июля (241 экз./дм²) и в середине октября (1092 экз./дм²), а на сфагнуме – в середине июня (295 экз./дм²), в середине июля (269 экз./дм²) и в середине сентября (394 экз./дм²). Средняя численность коллембол изменялась от 33 до 1092 экз./дм² на березняке-черничнике-зеленомошном и от 14 до 394 экз./дм² на сфагнуме, т.е. на березняке-черничнике была в 2-3 раза выше, чем на сфагновом болоте. Такая плотность коллембол для исследуемых ассоциаций характерна для сообществ ногохвосток и других северных районов (Бабенко, Булавинцев, 1997).

Таким образом, динамика численности коллембол на березняке-черничнике и сфагнуме характеризуется определенной цикличностью, причем в летний и осенний периоды коллемболы в заметных количествах на черничнике появляются гораздо позже, чем коллемболы на сфагнуме.

Аналогичные колебания средней численности коллембол на березняке-черничнике-зеленомошном наблюдались в 2003 г. Всплески численности были отмечены 10 мая (641 экз./дм²), 16 июля (1486 экз./дм²) и в первой половине октября (1900 экз./дм²).

Динамика численности коллембол в 2004 г. характеризуется также определенной цикличностью. Сроки первого пика обилия коллембол (1 июля) на сфагнуме (205 экз./дм²) совпадают с таковыми для коллембол на березняке-черничнике (95 экз./дм²). Второй и третий всплески численности коллембол на сфагнуме (215 и 410 экз./дм²) приходятся на начало октября и середину ноября. На березняке-черничнике последний пик численности отмечен 7 ноября (157 экз./дм²), т.е. в более ранние сроки, чем на сфагновом болоте. При этом средняя численность коллембол на березняке-черничнике изменялась от 10 до 157 экз./дм² и от 21 до 410 экз./дм² на сфагнуме, т.е. численность коллембол на сфагновом болоте была примерно в 2-2.5 раза выше, чем на березняке-черничнике.

Высокую численность коллембол весной и поздней осенью можно объяснить переувлажнением почвы и следствием миграции глубокопочвенных членистоногих в поверхностный слой почвы, во мхи (Бабенко, 1993). Летом при иссушении поверхностного слоя почвы наблюдается обратная картина (Чернова, 1977). Такое сезонное перераспределение характерно для этого вида организмов на всех широтах.

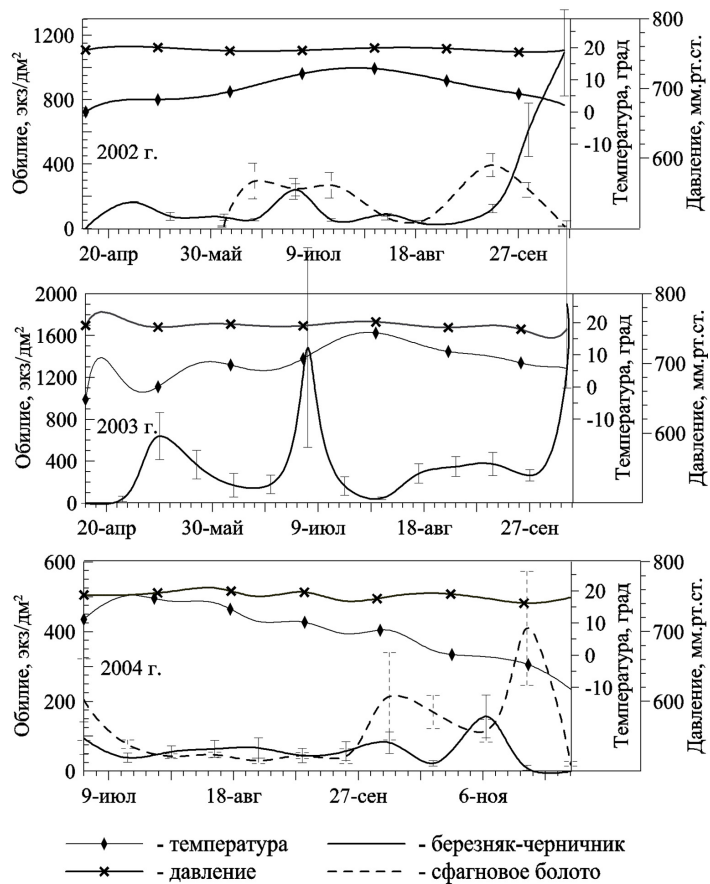


Рис. 1. Динамика общей численности коллембол

4. Динамика численности общих для двух биотопов видов коллембол

В рассматриваемый период исследования (2002 и 2004 гг.) на сфагновом болоте и березняке-черничнике было обнаружено 11 следующих общих видов коллембол: *Folsomia quadrioculata*, *Desoria neglecta*, *Desoria violacea*, *Isotoma viridis*, *Parisotoma notabilis*, *Isotomiella minor*, *Friesea claviseta*, *Friesea trunoutae*, *Neanura muscorum*, *Ceratophysella scotica*, *Protaphorura pseudovanderdrifti*. Самыми обильными были *Folsomia quadrioculata*, *Ceratophysella scotica*, *Protaphorura pseudovanderdrifti*. Динамика суммарной численности общих видов коллембол представлена на рис. 2.

Из сравнения графиков, показанных на рис. 1 и 2, видно, что временная зависимость общей численности почвенных коллембол определяется динамикой общих видов ногохвосток для двух биотопов. Виды коллембол, обитающие только на сфагновом болоте, наиболее многочисленны в осенний период 2002 г., а обитающие на березняке-черничнике – в летний и осенний периоды 2004 г.

Анализ динамики видов коллембол, специфичных для отдельно взятого биотопа, показывает, что всплески их численности на обеих ассоциациях наблюдались в те же сроки, что и у общих видов

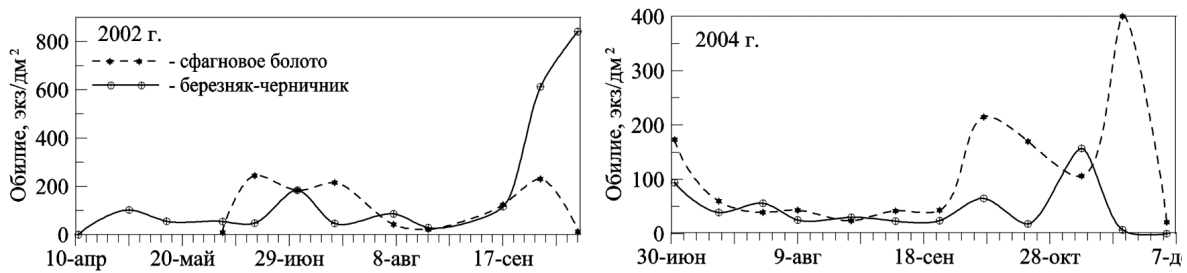


Рис. 2. Динамика численности общих видов коллембол

коллембол. Отметим, что осеннее смещение всплесков полной численности коллембол на двух ассоциациях связано с особенностями обилия почвенного населения, специфичного для сфагнового болота. В 2004 г. увеличение численности редких видов произошло примерно на 15-30 дней позже, чем у массовых видов, однако эти сдвиги из-за малочисленности специфичных видов на временной ход общей численности коллембол не повлияли.

Максимальная численность одного из многочисленных общих видов – *Folsomia quadrioculata* – на березняке-черничнике в рассматриваемый период исследования всегда превышала соответствующую величину на сфагновом болоте, т.е. по экологическим условиям березняк-черничник является наиболее благоприятным биотопом для развития этого верхнеподстилочного вида. Высокая численность двух других массовых почвенных видов *Ceratophysella scotica* и *Protaphorura pseudovanderdrifti* была зарегистрирована в 2002 г. на березняке-черничнике, а в 2004 г. на сфагновом болоте, что, возможно, связано с различными гидротермическими условиями.

5. Влияние абиотических факторов среды

Для объяснения наблюдаемых сезонных изменений численности и распределения коллембол в пределах их ареала была предложена гипотеза о существенной роли в структуре и динамике почвенных организмов абиотических факторов среды обитания (*Определитель коллембол...*, 1988). К физическим факторам абиотической среды относятся: температура и влажность воздуха, барометрическое давление, радиационный фон, магнитная активность и т.д. Сущность предложенной гипотезы состоит в том, что коллемболы – влаголюбивые животные, и сезонные изменения гидротермического режима местообитаний (понижение влажности вместе с повышением температуры) вызывают усиление двигательной активности особей. Эта реакция тем интенсивнее, чем более гигрофилен вид. В результате происходит перераспределение коллембол в пространстве, и усиливается их агрегированность.

Средняя месячная температура воздуха в июле 2002-2004 гг. была на 7-10 градусов выше, чем средняя температура по многолетним данным, поэтому следует ожидать влияние данного фактора на жизнедеятельность почвенных животных.

Миграция ногохвосток в пространстве определяется в первую очередь влажностью. Направление перемещения видов зависит как от их размеров, так и от скважности почвы. В целом при изменении влажности среды у почвенных обитателей более интенсивно проявляются вертикальные миграции вглубь минеральных слоев почвенного профиля, а у напочвенных, имеющих прыгательную вилку, – горизонтальные. Для обоснования этого утверждения проведем сравнение динамики всех видов коллембол с прыгательной вилкой и остальных видов на двух биотопах с различным режимом влажности. Результаты такого сравнения по данным 2002 г. показаны на рис. 3. Данные по температуре и

давлению были взяты с сайта (<http://www.gismeteo.ru>), а по К-индексу магнитной активности – (<http://pgi.kolasc.net.ru>).

Изучение влияния абиотических факторов на динамику численности коллембол будет неполным без учета влияния магнитной активности. Любой живой организм на Земле постоянно находится в магнитном поле и испытывает влияние его изменений. Такие вариации, как и изменения других абиотических факторов, связаны с активностью Солнца. Солнце определяет погоду и климат. Его излучение нагревает поверхность и атмосферу планеты, вызывает испарение влаги и образование облаков, создаёт ионосферу, вызывает магнитные бури, полярные сияния (Данилов, 1989).

При анализе явлений, связанных с вариациями магнитного поля Земли, а также при нахождении связей между ними удобно характеризовать вариации за определенный промежуток времени величиной, выражающей степень возмущенности магнитного поля. Эту величину называют магнитной активностью или магнитной возмущенностью (Яновский, 1978). Источником магнитных вариаций являются электрические токи в полярных широтах на высотах порядка 100 км. Эти токи вызваны потоками заряженных частиц, которые попадают в полярную область вдоль вертикальных силовых линий магнитного поля. На средних и экваториальных широтах эти линии практически горизонтальны и препятствуют проникновению заряженных частиц в атмосферу Земли. Поэтому магнитная активность является существенным абиотическим фактором в полярной области.

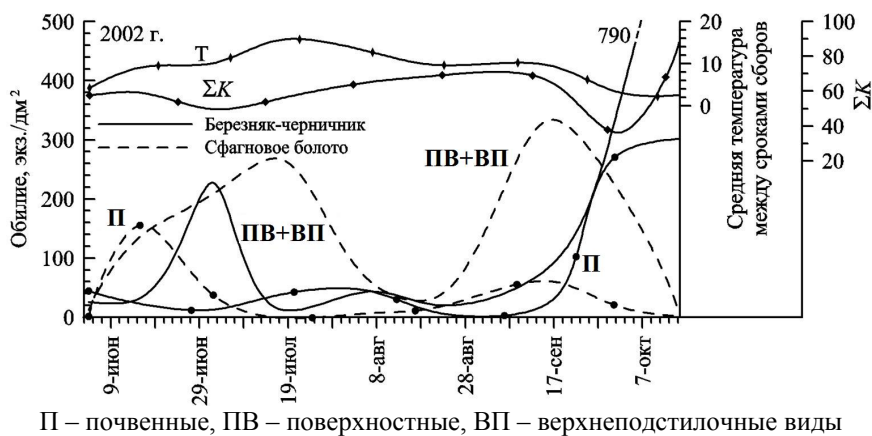


Рис. 3. Динамика численности жизненных форм, средние между сроками сборов: температура (Т) и суммарный индекс магнитной возмущенности за сутки (ΣК)

На рис. 3 видно, что летом с увеличением температуры воздуха численность почвенных видов коллембол уменьшается на обоих биотопах. Такую динамику почвенных организмов в ответ на повышение сухости почвы можно объяснить либо вертикальной миграцией вглубь почв, либо гибелью из-за неблагоприятных условий для жизни. Численность же поверхностных и верхнеподстилочных коллембол сначала растет в июне месяце на обеих ассоциациях, а затем падает в первой половине июля на березняке-черничнике, а во второй – на сфагновом болоте. Максимум кривой изменения численности коллембол на березняке-черничнике совпадает с точкой перегиба соответствующей кривой для сфагнового болота. Падение численности этих жизненных форм на березняке-черничнике сопровождается увеличением этих видов на сфагновом болоте. Это обстоятельство может служить основанием для предположения о латеральных перемещениях коллембол поверхностных и верхнеподстилочных жизненных форм из одного биотопа в другой в ответ на увеличение температуры среды.

Снижение численности в июле указывает на неблагоприятные и более сухие по влажности условия в почвах. Средняя температура в этот период была на 5 °C выше, чем в июне и августе, а количество дней с осадками было минимальным. Низкое обилие в августе, возможно, связано с загрязнением в почве в данный сезон (Логвиновский, Кречетова, 2000) и влиянием антропогенных факторов среды, вытаптыванием и захлапыванием почвы в летний период, период отдыха людей. В процессе исследований материал собирали на южной окраине Мурманска. Разовые пробы брали в окрестности п. Тулома, Туманный и Дальние Зеленцы, расположенные на расстоянии от основного места сборов в 20, 150 и 170 км соответственно. Чем дальше было место сбора коллембол от Мурманска, тем выше была их плотность.

Для установления меры зависимости между обилием и абиотическими факторами (температурой, количеством осадков, магнитной активностью) воспользуемся корреляционным анализом

(Румицкий, 1971). На рис. 4-6 изображены линии регрессии, показывающие зависимость обилия коллембол на березняке-черничнике и сфагновом болоте от средних значений исследуемых абиотических факторов между сроками сборов материала в период с мая по сентябрь включительно за три года наблюдений.

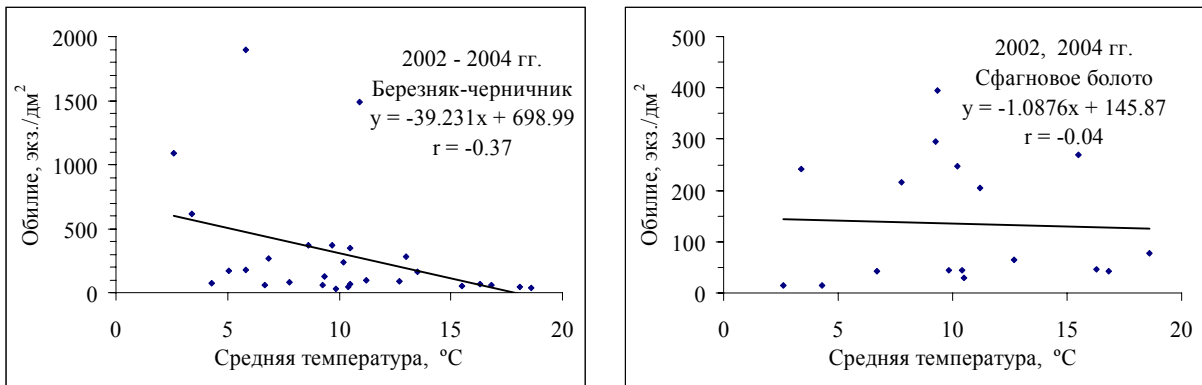


Рис. 4. Зависимость среднего обилия ногохвосток от средней температуры

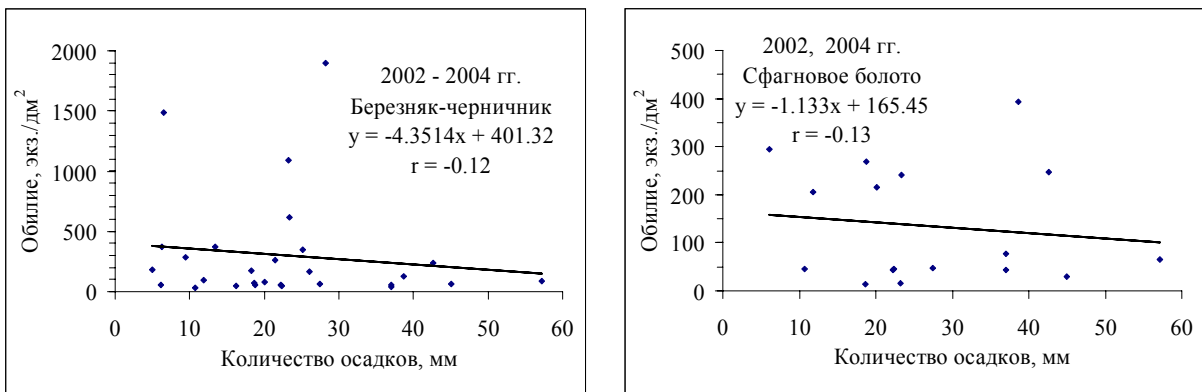


Рис. 5. Зависимость среднего обилия ногохвосток от суммы осадков

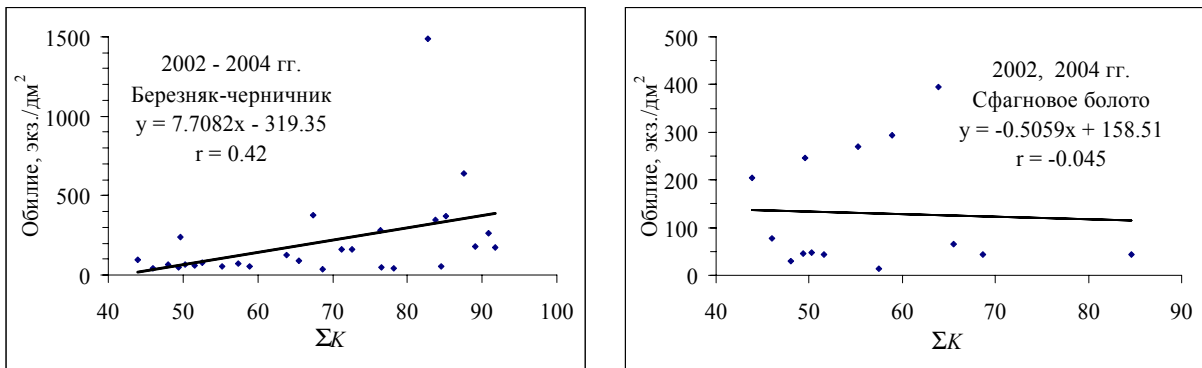


Рис. 6. Зависимость среднего обилия ногохвосток от суммарного индекса магнитной возмущенности за сутки

Эмпирический коэффициент корреляции между средним обилием ногохвосток и температурой по 28 результатам измерений $r = -0.37$. Проверка значимости коэффициента корреляции показала, что с надежностью вывода $P > 0.95$ он является значимым, т.е. можно отвергнуть гипотезу о некоррелированности рассматриваемых величин. С такой же надежностью является значимым и коэффициент корреляции между обилием и магнитной активностью ($r = 0.42$). Статистически достоверной корреляции между обилием коллембол и количеством осадков установлено не было ($r = -0.12$). На сфагновом болоте статистически достоверные корреляции изменения численности коллембол с указанными абиотическими факторами не были выявлены (рис. 4-6).

Интересно отметить, что в исследуемом случае корреляция между обилием насекомых и магнитными индексами оказалась выше, чем связь с температурой. Реакция на магнитное поле зависит от индивидуальных различий организмов и геофизического фона, на котором проводится опыт. Малая выраженность эффектов в природных условиях приводит к тому, что их трудно разделить друг от друга. Поэтому действие на насекомых магнитной возмущенности пока не изучено.

6. Заключение

В ходе исследования в Кольской лесотундре на двух ассоциациях: березняке-черничнике зеленомошном и сфагновом болоте – была взята 451 проба, из которых выделено 13721 экземпляр коллембол.

Было установлено, что средняя численность коллембол в 2002 г. на березняке-черничнике была в 2-3 раза выше, чем на сфагновом болоте. В 2004 г. обнаружено обратное соотношение: численность коллембол на сфагновом болоте была примерно в 2-2.5 раза выше, чем на березняке-черничнике. Динамика общей численности почвенных коллембол на исследуемых ассоциациях характеризуется наличием трех-четырех периодов массового развития. Увеличение обилия на обеих ассоциациях наблюдалось летом и осенью.

Всего в период исследований было обнаружено 11 общих видов на двух биотопах. Наиболее массовыми видами, обладающими высокой численностью и часто встречающимися на обеих ассоциациях, были *Folsomia quadrioculata*, *Ceratophysella scotica*, *Protaphorura pseudovanderdrifti*. Все остальные виды – редкие.

Проведено сравнение средней численности коллембол с изменением абиотических факторов среды, в период с мая по сентябрь за три года наблюдений. Наиболее значимые корреляции изменения численности ногохвосток были обнаружены с температурой и магнитной возмущенностью на ассоциации березняк-черничник с достоверностью вывода $P > 0.95$. Результаты по исследованию влияния магнитной активности на обилие коллембол проводились на фазе спада солнечной активности, поэтому являются предварительными и подлежат дальнейшему экспериментальному изучению на фазе возрастания солнечной активности.

Литература

- Норкин С.** Biology of the stringtails. *Oxford, New York, Tokyo*, p.158-182, 1997.
- Ротаров М.** Isotomidae. *Synopses on Palaearctic Collembola*, v.3, p.603, 2001.
- Бабенко А.Б.** Ногохвостки (Collembola) в полярной пустыне плато острова Девон (Канадский арктический архипелаг). *Зоол. журн.*, т.72, вып. 8, с.28-35, 1993.
- Бабенко А.Б., Булавинцев В.И.** Ногохвостки (Collembola) в полярных пустынях Евразии. *Зоол. журн.*, т.76, вып. 4, с.409-417, 1997.
- Бокова А.И.** Группировки коллембол (Collembola) в трудноразлагающихся фракциях лесного опада и древесине. *Зоол. журн.*, т.82, № 3, с.338-343, 2003.
- Данилов А.Д.** Популярная аэрономия. *Л., Гидрометеоиздат*, 230 с., 1989.
- Кузнецова Н.А.** Организация сообществ почвообитающих коллембол. *М., Прометей*, 244 с., 2005.
- Логвиновский В.Д., Кречетова Т.В.** Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) как объект биоиндикационных исследований в условиях северо-запада России. *Вестник ВГУ. Сер. Химия, биология*, с.108-111, 2000.
- Определитель коллембол фауны СССР. *М., Наука*, 214 с., 1988.
- Потапов М.Б.** Методы исследования. *Определитель коллембол фауны СССР. М., Наука*, с.54-56, 1988.
- Румшицкий Л.З.** Математическая обработка результатов эксперимента. *М., Наука*, 192 с., 1971.
- Чернова Н.М.** Экологические сукцессии при разложении растительных остатков. *М., Наука*, 200 с., 1977.
- Яновский Б.М.** Земной магнетизм. *Л., ЛГУ им. А.А.Жданова*, 592 с., 1978.