



БІЯЛОГІЯ

УДК 595.76(476.5)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНООБРАЗИЯ И ВИДОВОГО СОСТАВА ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ (*PICEETUM OXALIDOSUM*, *PICEETUM PLEUROSUM*, *PIECETUM MYRTILLOSUM*) В БЕЛОРУССКОМ ПООЗЕРЬЕ

А.А. Лакотко, Г.Г. Сушко

Учреждение образования «Витебский государственный университет
имени П.М. Машерова»

Экосистемы бореальных еловых лесов в Белорусском Поозерье находятся у южной границы, являются крайне неустойчивыми и требуют постоянного мониторинга их состояния. Жужелицы — это удобная модельная группа биоиндикаторов для мониторинга наземных консументов.

Цель работы — оценка основных трендов α - и β -разнообразия ассамблей жужелиц наиболее характерных типов еловых лесов в условиях Белорусского Поозерья.

Материал и методы. Материал собран с использованием почвенных ловушек в еловых лесах (*Piceetum oxalidosum*, *Piceetum pleurosom* и *Piecetum myrtillosum*) в Лиозненском, Витебском, Шумилинском и Шарковщинском районах Витебской области. Для оценки параметров α -разнообразия применены непараметрический дисперсионный анализ, индексы Шеннона и Пielу, а также числа Хилла, для анализа β -разнообразия — тесты ANOSIM, IndVal и ординация NMDS.

Результаты и их обсуждение. Представленные исследования жужелиц трех типов наиболее распространенных в условиях Белорусского Поозерья еловых лесов продемонстрировали относительно невысокие показатели разнообразия и выравненности ассамблей по обилию. Общей чертой всех изученных типов леса является высокое обилие преимущественно лесных мезофильных видов *Carabus hortensis*, *Pterostichus niger* и *Pterostichus melanarius*. Наибольшим обилием жужелиц и специфическим видовым составом отличались ельники кисличные (*Piceetum oxalidosum*), которые в то же время характеризовались наименьшим видовым разнообразием и выравненностью в ряду исследованных биотопов.

Заключение. Так как бореальные еловые леса умеренной зоны представляют собой одни из наиболее уязвимых экосистем, в свете последних климатических изменений требуется регулярный мониторинг их биоразнообразия, включая, в том числе, и консументов. Среди последних высокой индикаторной ролью отличаются жесткокрылые насекомые семейства жужелиц. Выявленные особенности видового состава и показателей разнообразия ассамблей жужелиц наиболее распространенных типов еловых лесов в Белорусском Поозерье могут стать материалом для сравнительного анализа при последующих мониторинговых исследованиях состояния экосистем еловых лесов.

Ключевые слова: биоразнообразие, еловые леса, жужелицы, Белорусское Поозерье.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE DIVERSITY AND SPECIES COMPOSITION OF GROUND BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) OF SPRUCE FORESTS (*PICEETUM OXALIDOSUM*, *PICEETUM PLEUROSUM*, *PIECETUM MYRTILLOSUM*) IN BELARUSIAN LAKE DISTRICT

A.A. Lakotko, G.G. Sushko

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

The ecosystems of boreal spruce forests in Belarusian Lake District are located at the southern border and are extremely unstable and require constant monitoring of their condition. Ground beetles are a convenient model group of bio-indicators for monitoring terrestrial consumers.

The aim of the work is to assess the main trends of α - and β -diversity of ground beetle assemblages of the most characteristic types of spruce forests in the conditions of Belarusian Lake District.

Material and methods. The material was collected using soil traps in spruce forests (*Piceetum oxalidosum*, *Piceetum pleurosum* and *Piceetum myrtillosum*) in Liozno, Vitebsk, Shumilino and Sharkovshchina Districts of Vitebsk Region. Nonparametric analysis of variance, Shannon and Pielou indices, and Hill numbers were used to estimate the α -diversity parameters. ANOSIM, IndVal tests and NMDS ordination were used to analyze β -diversity.

Findings and their discussion. The presented studies of ground beetles of the three types most common in the conditions of Belarusian Lake District spruce forests demonstrated relatively low diversity and evenness of assemblages. A common feature of all studied forest types is the high abundance of predominantly forest mesophilic species of *Carabus hortensis*, *Pterostichus niger* and *Pterostichus melanarius*. The highest abundance of ground beetles and specific species composition were found in *Piceetum oxalidosum* forests, which, on the other hand, were characterized by the lowest species diversity and evenness in a number of the studied habitats.

Conclusion. Since boreal spruce forests of the temperate zone are one of the most vulnerable ecosystems, due to recent climate changes, regular monitoring of their biodiversity is required, including consumers. Among the latter, ground beetles have a high indicator role. The revealed features of the species composition and diversity metrics of ground beetle assemblages of the most common types of spruce forests in Belarusian Lake District can become material for comparative analysis in subsequent monitoring studies of the ecological state of spruce forest ecosystems.

Key words: biodiversity, spruce forests, ground beetles, Belarusian Lake District.

На территории Республики Беларусь ель европейская (*Picea abies* L.) является одной из основных лесообразующих древесных пород. Леса с ее преобладанием занимают 671,8 тыс. га (9,5% покрытых лесом земель) [1]. *Picea abies* принимает участие в породном составе практически всех, отмеченных в северной и центральной геоботанических подзонах, типах лесов (до 40%) и является важным индикатором их экологического состояния [1]. Всего на территории Беларуси выделено 12 типов еловых лесов, среди которых наиболее распространены ельник кисличный (*Piceetum oxalidosum*) и мшистый (*Piceetum pleurosum*), занимающие более 60% лесного фонда [2].

Вследствие климатических изменений последнего времени и возрастания среднегодовой температуры лесное хозяйство в южных и восточных районах Беларуси сталкивается с проблемой недостаточной почвенной влагообеспеченности (это приводит к ослаблению лесных насаждений и массовому усыханию древостоев), а также их поражения болезнями и вредителями. Предполагается, что в связи со сменой климатических условий границы ареалов пород ели европейской будут смещаться на север [3]. Поэтому изучение биоразнообразия обитателей бореальных хвойных лесов в настоящее время приобретает высокую значимость для мониторинга экологического состояния лесных экосистем температурной зоны.

Одним из удобных объектов мониторинга сообществ консументов наземных экосистем являются жесткокрылые семейства жуки вследствие их высокой биоиндикаторной значимости [4]. В составе комплексов почвенных беспозвоночных животных они занимают особое место, так как их популяции отличаются значительным обилием и видовым разнообразием. Кроме того, их таксономическая структура и экологические особенности в Республике Беларусь изучены достаточно [5; 6]. Однако основные комплексные исследования карабидокомплексов датируются в основном второй половиной прошлого века и началом нынешнего [5–7]. Вследствие современных тенденций изменения климата и антропогенной

трансформации экосистем актуальной является оценка рецентного состояния их видового разнообразия. В связи с этим цель данной работы — оценка основных трендов α - и β -разнообразия ассамблей жуужелиц наиболее характерных типов еловых лесов в условиях Белорусского Поозерья.

Материал и методы. Исследования нами проводились в 2023–2024 годах трех типах еловых лесов — ельников кисличных (*Piceetum oxalidosum*), мшистых (*Piceetum pleurosum*) и черничных (*Piceetum myrtillosum*), имеющих наиболее широкое распространение на территории Белорусского Поозерья. Сбор материала производился в Лиозненском (N 55.120113, E 30.457284), Витебском (N 55.263408, E 30.214733), Шумилинском (N 55.110205, E 29.170777) и Шарковщинском (N 55.312375, E 27.170777) районах Витебской области. Жуужелиц учитывали с помощью почвенных ловушек, в качестве которых взяты пластиковые стаканчики диаметром 72 мм. Жуужков собирали с интервалом 10–14 дней с середины апреля до начала ноября. В качестве фиксатора использовалась 9% уксусная кислота. Единицей учета (выборки) были приняты 3 ловушки, данные с которых в течение сезона исследований объединялись для последующего статистического анализа. Всего в каждом стационаре получено по 30 выборок.

Оценка различий между выборками оценивалась с применением непараметрического дисперсионного анализа (теста Краскела — Уоллиса). Для оценки α -разнообразия использованы индексы Шеннона и Пиелу, а также Числа Хилла (Hill's numbers), графическое отображение которых демонстрирует отличие основных показателей разнообразия. Первое число Хилла (q_0) оценивает видовое богатство и предсказывает его ожидаемое максимально возможное значение с помощью метода экстраполяции. Второе число Хилла (q_1) является экспонентой энтропийного индекса Шеннона (H'). Третье число Хилла (q_2) отражает обратный индекс концентрации Симпсона ($1-D$) (Chao et al. 2014) [8]. Непараметрический тест ANOSIM был применен с целью сравнения видового состава жуужелиц в ельниках с различными эдафическими условиями (β -разнообразие). Для визуализации различий видового состава использовали ординацию — неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) с расстоянием Брэя — Кертиса. Степень биотопической приуроченности видов выявлялась с помощью статистической процедуры IndVal (Indicator Value). Значения индекса IndVal могут варьировать от 0 (не является индикаторным видом) до 1 (идеальный индикатор) при статистической значимости $p < 0,05$ [9].

Анализы выполнены с использованием пакетов анализа PAST 4.11 [10] и iNEXT [11].

Авторы выражают глубокую признательность доценту, кандидату биологических наук И.А. Солодовникову (г. Витебск) за ценные советы и помощь в определении материала.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований обработано 4 345 особей жесткокрылых, принадлежащих к 26 видам 13 родов семейства Carabidae. Наибольшее число видов выявлено в ельниках черничных (19), тогда как наименьшее — в ельниках кисличных (14) (рис. 1). При этом значимых различий среднего числа видов в выборках не обнаружено ($\chi^2 = 0,11$, $p = 0,93$). Оценка видового богатства методами разрежения и экстраполяции показала, что кривые, оценивающие видовое богатство (число Хилла q_0), не соответствуют асимптоте. Таким образом, существует вероятность обнаружения других видов. Оценка числа видов по q_0 продемонстрировала, что установлено 98% видового богатства жуужелиц ельника мшистого, следовательно, неучтенными осталось 2% видового богатства. В ельнике кисличном вероятность обнаружения видов составляет 27%, в ельнике черничном — 17% (табл. 1). Это указывает на достаточно высокие выборочные усилия.

Таблица 1

Показатели α -разнообразия ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Параметр биоразнообразия	Ельник мшистый	Ельник кисличный	Ельник черничный	p
Общее число видов	17	14	19	
Среднее число видов в выборках ($\pm$ ст. ошибка)	11 $\pm$ 0.35	11 $\pm$ 0.36	12 $\pm$ 0.64	0.93
Среднее число особей в выборках ($\pm$ ст. ошибка)	120 $\pm$ 9.11	271 $\pm$ 21.63	160 $\pm$ 7.97	<0.001
Среднее значение индекса Шеннона (H') ($\pm$ ст. ошибка)	1.81 $\pm$ 0.03	1.76 $\pm$ 0.01	1.86 $\pm$ 0.04	0.04
Среднее значение индекса Пиелу (J') ($\pm$ ст. ошибка)	0.57 $\pm$ 0.01	0.54 $\pm$ 0.02	0.59 $\pm$ 0.02	0.24

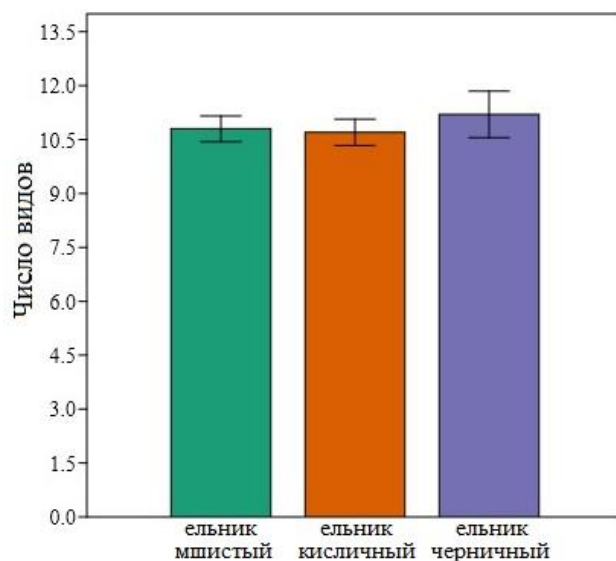


Рис. 1. Видовое богатство ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

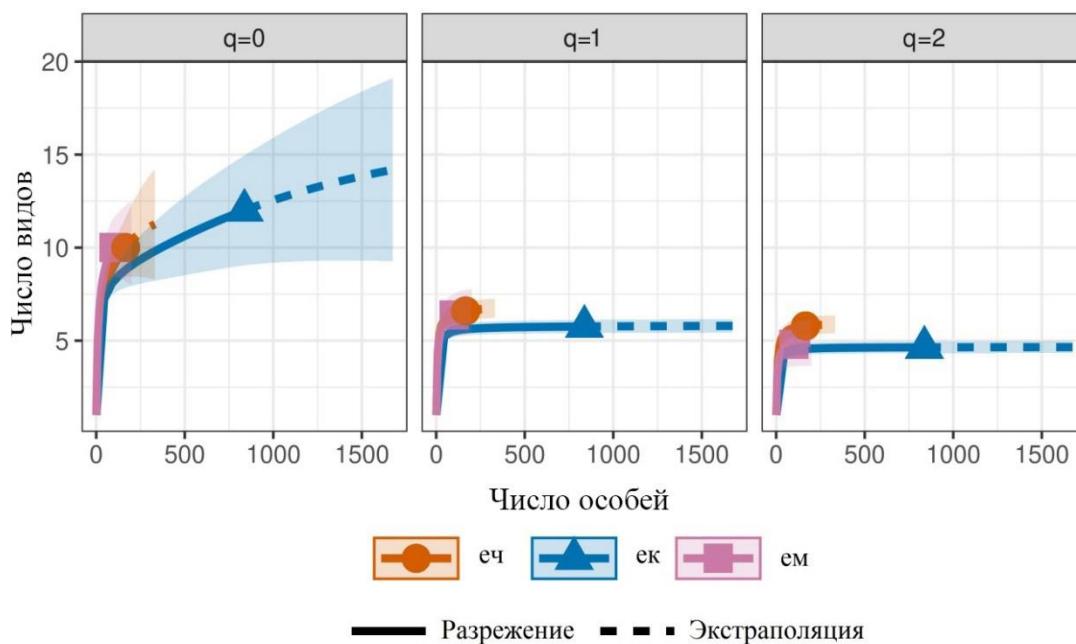


Рис. 2. Кривые разрежения (сплошная линия) и экстраполяции (пунктирная линия) на основе чисел Хилла ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых (ем), кисличных (ек) и черничных (еч): q_0 — видовое богатство, q_1 — экспоненциальный индекс Шеннона, q_2 — инверсный индекс Симпсона

Число особей в выборках в трех исследованных типах ельников различалось значимо ($\chi^2=21,68$, $p<0.001$) (рис. 3). Наибольшим обилием по числу особей в выборках обладали ельники кисличные, тогда как наименьшим — ельники мшистые (табл. 2).

Видовое разнообразие в исследуемых местообитаниях также различалось значимо ($\chi^2=5,51$, $p=0.04$) (рис. 4). Однако наиболее высоким средним значением индекса Шеннона отличались ельники черничные ($H'=1,86\pm 0,04$), а разнообразие жуужелиц ельников кисличных было наименьшим (табл. 1). Оцененное видовое разнообразие с помощью чисел Хилла продемонстрировало, что кривые, соответствующие экспоненциальному индексу Шеннона и инверсному индексу Симпсона, выходят на плато (рис. 2). Это указывает на то, что выявленное разнообразие жуужелиц согласно q_1 , q_2 в высокой степени соответствует реальному (табл. 2).

**Оценки полноты выборки исследованных ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae)
в ельниках мшистых, кисличных и черничных, согласно числам Хилла порядков q=0, 1 и 2**

Биотоп	Число Хилла		
	q=0	q=1	q=2
Ельник черничный	0.83	0.99	1
Ельник кисличный	0.73	1	1
Ельник мшистый	0.98	0.99	1

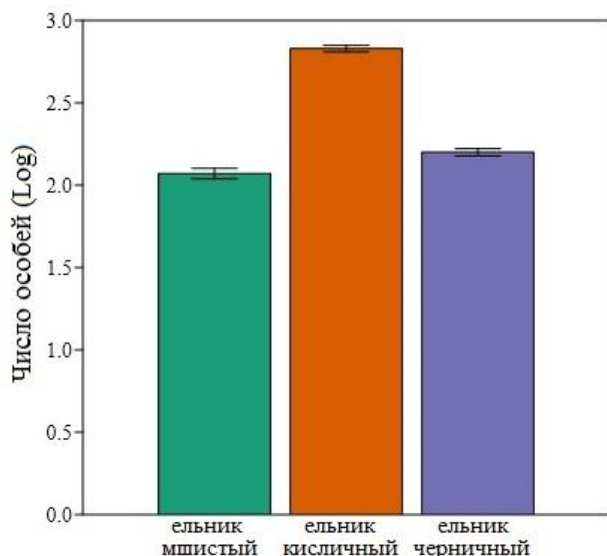


Рис. 3. Число особей ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

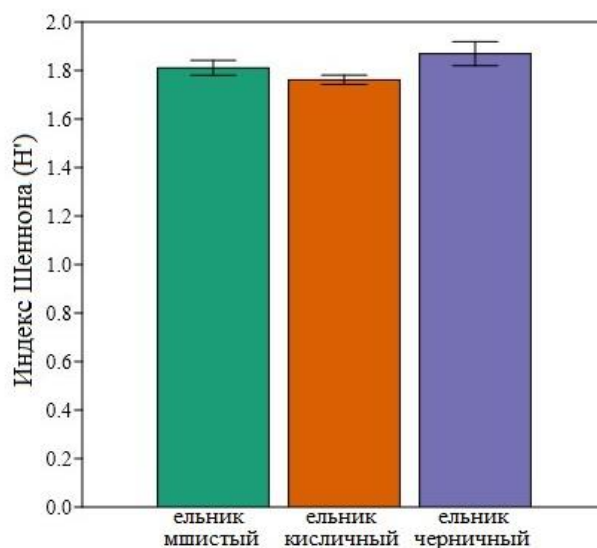


Рис. 4. Видовое разнообразие по показателям индекса Шеннона ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Выравненность видов по обилию характеризовалась средними значениями ($J'=0,54-0,59$) и при этом не различалась значимо ($\chi^2=2,81$, $p=0,24$) между тремя исследованными типами леса (рис. 5). Это обусловлено олигодоминированием в ассамблеях жуужелиц. В частности, в ельнике мшистом высоким относительным обилием отличались 5 видов: *Nebria brevicollis* (29.15%), *Pterostichus niger* (27.81%), *P. melanarius* (17.25%), *P. oblongopunctatus* (8.21%) и *Carabus granulatus* (5.53%). В ельнике кисличном высоким обилием характеризовались также 5 видов, однако состав группы доминантов изменился. В их числе *Carabus hortensis* (23.61%), *Pterostichus niger* (31.28%), *Carabus granulatus* (16.74%), *Pterostichus melanarius* (13.43%) и *Carabus cancellatus* (6.36%). В ельнике черничном, где преобладали *Pterostichus niger* (28.46%), *P. melanarius* (14.86%), *P. oblongopunctatus* (14.73%), *Carabus nemoralis* (14.36%), *Calathus micropterus* (12.11%) и *Carabus hortensis* (10.24%), соотношение видов по относительному обилию тоже изменилось (табл. 3).

Анализ β -разнообразия продемонстрировал высокие значимые различия (ANOSIM; $R=0,93$, $p=0,001$) видового состава жуужелиц в трех типах еловых лесов. Ординация с помощью неметрического многомерного шкалирования подтвердила дифференциацию видового состава (стресс — 0,04) ассамблей жуужелиц в трех типах леса. При этом ассамблеи ельника кисличного в наибольшей степени отличались от остальных (рис. 6).

Тест IndVal выявил виды, в наибольшей степени ассоциированные с определенными типами исследованных еловых лесов. С ельниками мшистыми были наиболее связаны *Cychris caraboides* (IndVal=99,75, $p=0,007$), *Nebria brevicollis* (IndVal=98,61, $p=0,001$). К ельникам кисличным были приурочены *Carabus cancellatus* (IndVal=96,86, $p=0,001$), *Carabus coriaceus* (IndVal=98,54, $p=0,001$), *Carabus granulatus* (IndVal=94,61, $p=0,008$), *Carabus hortensis* (IndVal=87,65, $p=0,001$), *Harpalus laevipes*

(IndVal=76,15, $p=0,001$), *Pterostichus niger* (IndVal=72,07, $p=0,001$), *Pterostichus melanarius* (IndVal=68,32, $p=0,007$). С ельниками черничными в наибольшей степени были ассоциированы *Calathus micropterus* (IndVal=97,98, $p=0,007$), *Carabus granulatus* (IndVal=94,61, $p=0,001$), *Carabus nemoralis* (IndVal=67,25, $p=0,007$), *Pterostichus oblongopunctatus* (IndVal=68,32, $p=0,007$), *Harpalus rufipes* (IndVal=74,67, $p=0,01$), *Leistus terminatus* (IndVal=60,0, $p=0,01$) (рис. 7).

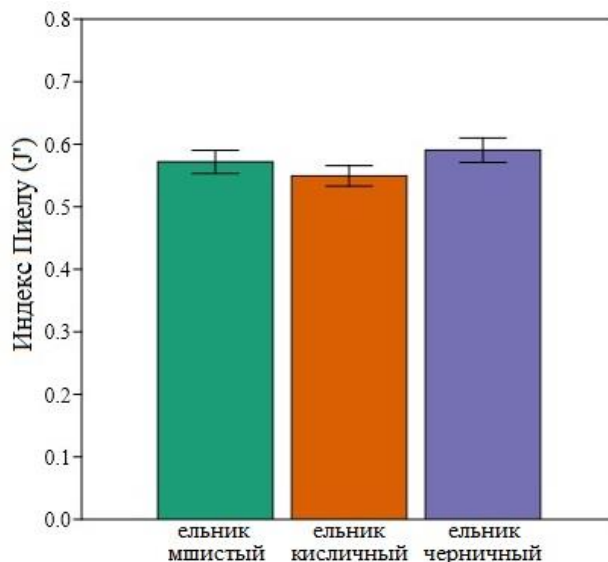


Рис. 5. Выравненность по показателям индекса Пиелу ($\pm$ ст. ошибка) (Coleoptera, Carabidae) по выборкам жуужелиц в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Таблица 3

Относительное обилие (%) разнообразия ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых, кисличных и черничных

Вид	Ельник мшистый	Ельник кисличный	Ельник черничный
<i>Carabus hortensis</i> Linnaeus, 1758	5.03	23.61	10.24
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	5.53	16.74	0.25
<i>Carabus coriaceus</i> Linnaeus, 1758	0.17	3.79	0.12
<i>Carabus cancellatus</i> Illiger, 1798	0.84	6.36	0.25
<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	0.67	0	1.87
<i>Carabus nemoralis</i> O.F. Müller, 1764	0	1.47	14.36
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	0	0	0.12
<i>Cychris caraboides</i> Linnaeus, 1758	2.51	0	0
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	8.21	2.63	14.73
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	27.81	31.28	28.46
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	17.25	13.43	14.86
<i>Pterostichus antracinus</i> (Illiger, 1798)	0.34	0	0
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1796)	0.50	0.11	0.37
<i>Patrobis atrorufus</i> (Ströem, 1768)	0.34	0	0
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	0	0.05	12.11
<i>Amara brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)	0	0	0.12
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0.12

Окончание табл. 3

<i>Harpalus laevipes</i> Zetterstedt, 1828	0	0.31	0.25
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	0	0.02	0.87
<i>Leistus terminatus</i> (Hellwik, 1793)	0	0	0.62
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	0.17	0	0
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	29.15	0.05	0.12
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	0.50	0	0
<i>Platinus krynicki</i> Sperk, 1835	0.17	0	0
<i>Platinus assimilis</i> (Paykull, 1790)	0.84	0.11	0
<i>Badyster lacertosus</i> Sturm, 1815	0	0	0.12

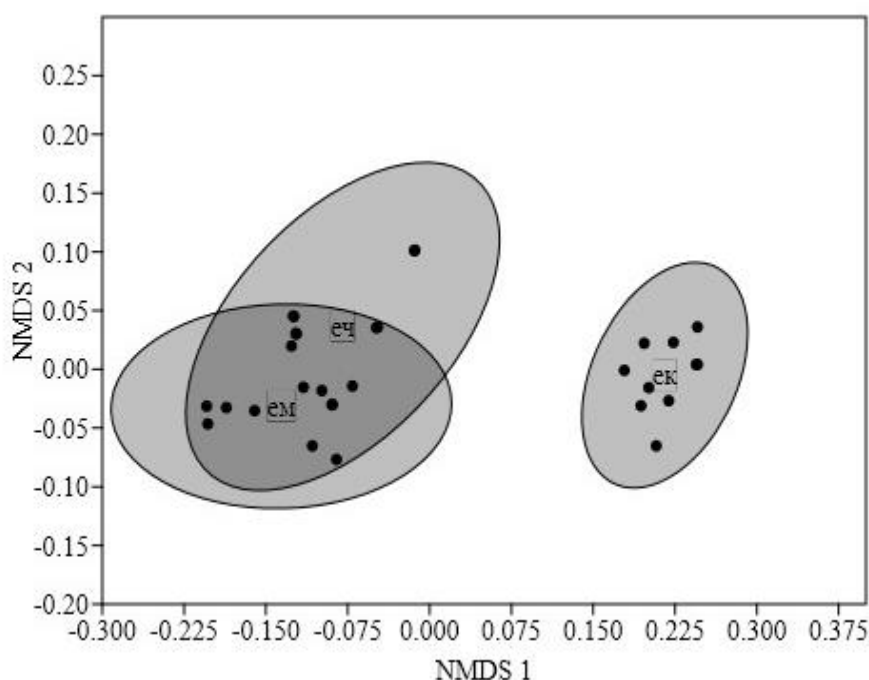


Рис. 6. Диаграмма ординации (NMS) ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых (ем), кисличных (ек) и черничных (еч)

Представленные исследования жуужелиц трех типов наиболее распространенных в условиях Белорусского Поозерья еловых лесов продемонстрировали относительно невысокие показатели разнообразия и выравниваемости ассамблей по обилию, что в целом характерно как для карабидокомплексов Русской равнины в целом [5], так и для Белорусского Поозерья [6; 7; 12]. Выявленная олигодоминантность с преобладанием нескольких видов с высоким обилием является общим свойством структуры населения жуужелиц лесных сообществ [5].

Предыдущие исследования показали, что основными доминантами еловых лесов являются *Pterostichus oblongopunctatus*, *Calathus micropterus* и *Carabus hortensis* [5]. В то же время различные типы ельников имеют свои особенности структуры карабидокомплексов. В частности, для Белорусского Поозерья как доминанты сосняков кисличных даны *Pterostichus oblongopunctatus* и *Calathus micropterus* [6; 12], которые в наших исследованиях характеризовались меньшим обилием в данных биоценозах. Тогда как вид и *Nebria brevicollis*, указанный ранее в основном для ельников кисличных [5; 6], обнаружен нами в высоком обилии в ельнике мшистом. Ряд видов, характерных для ельников, в данных биотопах нами не обнаружен (*Carabus nitens*, *Bembidion dentellum*, *Pterostichus diligens*, *Harpalus rufipes*) [6].

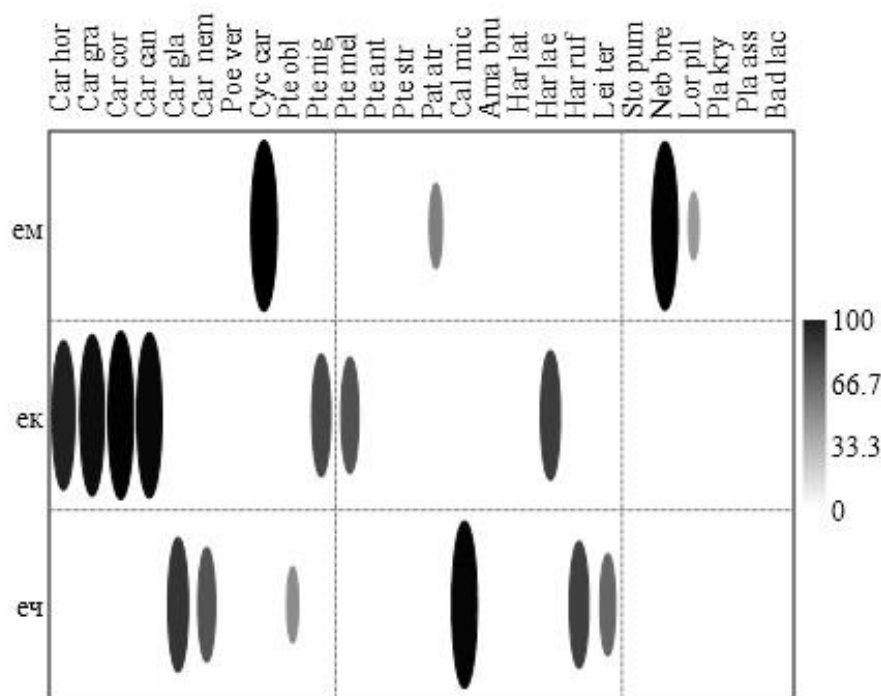


Рис. 7. Анализ индикаторной значимости (IndVal%) видов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках мшистых (ем), кисличных (ек) и черничных (еч)

Общей чертой всех исследованных типов леса является высокое обилие преимущественно лесных мезофильных видов *Carabus hortensis*, *Pterostichus niger* и *Pterostichus melanarius*. Следует отметить, что наибольшим обилием жуужелиц и специфическим видовым составом отличались ельники кисличные, которые одновременно характеризовались наименьшим видовым разнообразием и выравненностью в ряду исследованных биотопов. Как продемонстрировали полученные результаты, по сравнению с проведенными в начале нашего столетия рецентные комплексы жуужелиц основных типов еловых лесов сохранили ключевые черты видового разнообразия. В то же время некоторые изменения претерпела структура карабидокомплексов, которые заключаются в дифференциации групп доминантных видов и их обилия.

Заклучение. Так как бореальные еловые леса умеренной зоны представляют собой одни из наиболее уязвимых экосистем, в свете последних климатических изменений требуется регулярный мониторинг их биоразнообразия, включая, в том числе, и консументов. Среди последних высокой индикаторной ролью отличаются жесткокрылые насекомые семейства жуужелиц. Выявленные особенности видового состава и показателей разнообразия ассамблей жуужелиц наиболее распространенных типов еловых лесов в Белорусском Поозерье могут стать материалом для сравнительного анализа при последующих мониторинговых исследованиях состояния экосистем еловых лесов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сарнацкий, В.В. Ельники: формирование, повышение продуктивности и устойчивости в условиях Беларуси / В.В. Сарнацкий. — Минск: Тэхналогія, 2009. — 334 с.
2. Юркевич, И.Д. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии / И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман. — Минск: Наука и техника, 1965. — 288 с.
3. Стратегия адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата до 2050 года: постановление коллегии Министерства лесного хозяйства Респ. Беларусь от 5 дек. 2019 г. — 11 с. — URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2-Minlesxoz-Strategija-adaptatsii-l-x.pdf> (дата обращения: 01.03.2025).
4. Rainio, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators / J. Rainio, J. Niemelä // Biodiversity and Conservation. — 2003. — Vol. 12. — P. 487–506.
5. Александрович, О.Р. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) запада лесной зоны Русской равнины. Фауна, зоогеография, экология, фауногенез / О.Р. Александрович. — Saarbrücken, Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 462 с.
6. Солодовников, И.А. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) Белорусского Поозерья. С каталогом видов жуужелиц Беларуси и сопредельных государств: монография / И.А. Солодовников. — Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2008. — 325 с.

7. Кузьмич, В.А. Сообщества жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в различных типах еловых лесов в Беларуси / В.А. Кузьмич, И.А. Солодовников // Ученые записки УО «ВГУ имени П.М. Машерова». — 2007. — Т. 6. — С. 287–299.
8. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies / A. Chao, N.J. Gotelli, T.C. Hsieh [et al.] // Ecological Monographs. — 2014. — Vol. 84, № 1. — P. 45–67.
9. McCune, B. Analysis of ecological communities / B. McCune, J.B. Grace // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. — 2002. — Vol. 289, № 2. — 98 p.
10. Hammer, Ø. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. — 2001. — P. 4–9.
11. Anne Chao's Website // iNEXT software. — 2020. — URL: <http://www.chao.shinyapps.io/iNEXT> (date of access: 21.02.2025).
12. Кузьмич, В.А. Видовой состав и структура доминирования жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в ельниках зеленомошных Белорусского Поозерья / В.А. Кузьмич, И.А. Солодовников // Сборник трудов молодых ученых Национальной академии наук Беларуси: в 2 т. — Минск, 2003. — Т. 2. — С. 213–216.

REFERENCES

1. Sarnatski V.V. *Yelniki: formirovaniye, povysheniye produktivnosti i ustoychivosti v usloviyakh Belarusi* [Spruce forests: Shaping, Productivity and Sustainability Increase in the Conditions of Belarus], Minsk: Tekhnalogiya, 2009, 334 p.
2. Yurkevich I.D., Geltman V.S. *Geografiya, tipologiya i rayonirovaniye lesnoi rastitelnosti Belorussii* [Geography, Typology and Local Adjustment of Forest Plants of Belarus], Minsk: Nauka i tekhnika, 1965, 288 p.
3. *Strategiya adaptatsii lesnogo khoziaistva Belarusi k izmeneniyu klimata do 2050 goda: postanovleniye kollegii Ministerstva lesnogo khoziaistva Resp. Belarus ot 5 dek. 2019 goda* [Strategy of Forest Economy Adaptation in Belarus to Climate Change up to 2050: Ministry of Forest Economy Collegium of the Republic of Belarus Decree of December 5, 2019], 11 p. — URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2-Minlesxoz-Strategija-adaptatsii-l-x.pdf> (date of access: 01.03.2025).
4. Rainio, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators / J. Rainio, J. Niemelä // Biodiversity and Conservation. — 2003. — Vol. 12. — P. 487–506.
5. Aleksandrovich O.R. *Zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) zapada lesnoi zony Russkoi ravniny. Fauna, zoogeografiya, ekologiya, faunogenez* [Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) of the West of the Forest Zone of the Russian Plain. Fauna, Zoogeography, Ecology, Faunogenesis], Saarbrücken, Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 462 c.
6. Solodovnikov I.A. *Zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) Belorusskogo Poozeriya. S katalogom vidov zhuzhelits Belarusi i sopredelnykh gosudarstv: monografiya* [Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) of Belarusian Lake District. With the Catalogue of Ground Beetles Species of Belarus and Border Countries: Monograph], Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2008, 325 p.
7. Kuzmich V.A., Solodovnikov I.A. *Ucheniye zapiski UO "VGU im. P.M. Masherova"* [Scientific Notes of Vitebsk State P.M. Masherov University], 2007, 6, pp. 287–299.
8. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies / A. Chao, N.J. Gotelli, T.C. Hsieh [et al.] // Ecological Monographs. — 2014. — Vol. 84, № 1. — P. 45–67.
9. McCune, B. Analysis of ecological communities / B. McCune, J.B. Grace // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. — 2002. — Vol. 289, № 2. — 98 p.
10. Hammer, Ø. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontologia Electronica. — 2001. — P. 4–9.
11. Anne Chao's Website // iNEXT software. — 2020. — URL: <http://www.chao.shinyapps.io/iNEXT> (date of access: 21.02.2025).
12. Kuzmich V.A., Solodovnikov I.A. *Sbornik trudov molodykh uchenykh Natsionalnoi akademii nauk Belarusi: v 2 t.* [A Collection of Works by Young Scholars of the National Academy of Sciences of Belarus: in 2 Volumes], Minsk, 2003, 2, pp. 213–216.

Поступила в редакцию 22.04.2025

Адрес для корреспонденции: e-mail: anatoly.lakotko@yandex.by — Лакотко А.А.