

УДК 595.762.12:[582.475+582.688.3](476.5)

Г. Г. Сушко, А. А. Лакотко, И. А. Литвенкова, Ю. И. Новикова

ВИДОВОЙ СОСТАВ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) СОСНЯКОВ ВЕРЕСКОВЫХ В БЕЛОРУССКОМ ПООЗЕРЬЕ *

Во введении показано, что в Беларуси, в отличие от стран Западной и Центральной Европы, *Calluna vulgaris* произрастает локально: на верховых болотах и в сосновых лесах. Сосняки вересковые характеризуются экологическими условиями, которые способствуют формированию специфических группировок консументов в этих местообитаниях. Среди них наиболее многочисленны жуки семейства жужелицы. В Белорусском Поозерье биоразнообразия их ассамблей в сосняках вересковых мало изучено. Цель исследования – изучить видовой состав и разнообразие жужелиц сосняков вересковых в Белорусском Поозерье. В основной части описана методика сбора с помощью метода почвенных ловушек. Указано, что имаго собраны в сосняках с различным проективным покрытием вереска: с невысоким (менее 50 %), наиболее характерным для региона исследований, и с высоким (более 50 %), как правило, испытывавшим воздействие пожаров. Для оценки α -разнообразия применены индексы Шеннона (H'), Симпсона (D) и Пиелу (J'). Бета-разнообразии исследовано с помощью тестов ANOSIM и SIMPER, ординации NMDS и PCA. Всего выявлено 44 вида жужелиц. Наибольшее число видов (36) установлено в сосняках с невысоким проективным покрытием вереска. Разнообразие по индексу Шеннона достаточно высокое, по сравнению с другими типами сосновых лесов. Оно было выше ($H' = 2,06 \pm 0,18$) при невысоком покрытии вереска. Наиболее многочисленными видами были типичные обитатели лесов *Carabus arvensis*, *Calathus erratus*, *Pterostichus niger*, *Calathus micropterus*. Исключение составил эвритопный вид *Nebria brevicollis*, входящий в состав доминантов ассамблей жужелиц сосняков с невысоким покрытием вереска. Видовой состав двух исследованных сосняков, в целом, различался значимо ($p < 0,05$) по результатам теста ANOSIM. В то же время отчетливой приуроченности к определенному местообитанию с различным покрытием вереска для большинства видов не отмечено.

Ключевые слова: сосновые леса, Carabidae, *Calluna vulgaris*, биоразнообразие, видовой состав, Белорусское Поозерье.

Введение. Вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* L.) распространен в Европе, Западной и Восточной Сибири, на Атлантическом побережье Северной Америки, в Северной Африке и на Азорских островах. На европейском континенте наибольшее распространение он получил в Западной и Южной Европе, где вместе с некоторыми видами рода *Erica* образует растительные сообщества, называемые вересковыми пустошами, или верещатниками, которые занимают большие пространства. Достаточно часто такие растительные сообщества встречаются в сопредельных странах Балтии и Польше, особенно вблизи побережья Балтийского моря. В Беларуси вереск произрастает локально: на верховых болотах и в сосновых лесах, где выделяется их отдельный тип – сосняк вересковый [1; 2]. Вереск можно охарактеризовать

Сушко Геннадий Геннадьевич, д-р биол. наук, проф., зав. каф. экологии и географии ВГУ им. П. М. Машерова (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: пр. Московский, 33, 210015, г. Витебск, Беларусь; e-mail: gennadis@rambler.ru

Лакотко Анатолий Аркадьевич, ст. преподаватель каф. экологии и географии, ВГУ им. П. М. Машерова (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: пр. Московский, 33, 210015, г. Витебск, Беларусь; e-mail: kesoiohnrigr@vsu.by

Литвенкова Инна Александровна, канд. биол. наук, доц., доц. каф. экологии и географии ВГУ им. П. М. Машерова (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: пр. Московский, 33, 210015, г. Витебск, Беларусь; e-mail: Inna.Litvenkova@yandex.ru

Новикова Юлия Игоревна, аспирант каф. экологии и географии ВГУ им. П. М. Машерова (Беларусь); науч. рук. – Г. Г. Сушко, д-р биол. наук, проф., зав. каф. экологии и географии ВГУ им. П. М. Машерова (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: пр. Московский, 33, 210015, г. Витебск, Беларусь; e-mail: kesoiohnrigr@vsu.by

как олиготрофное, ацидофильное растение, приуроченное к кислым почвам с низкой концентрацией питательных веществ. Вереск обыкновенный может достигать до 0,5 м высоты. Поэтому, как и другие кустарнички семейства вересковых, он способствует формированию микроклиматических условий на поверхности почвы. Это в совокупности с вышеуказанными эдафическими факторами создает специфические условия для обитателей герпетобия, в числе которых преобладающим таксоном являются жуки семейства жужелицы. Кроме того, как на болотах, так и в лесах вереск занимает участки в биотопах, испытавших воздействие пожаров, и является индикатором постпирогенных условий [1; 2].

К настоящему времени в условиях Республики Беларусь комплекс обитателей фитоценозов с участием вереска изучен крайне недостаточно. Исключение составляют отдельные публикации о насекомых верховых болот [3–7]. Некоторую информацию можно обнаружить в публикациях, посвященных насекомым сосновых лесов [8; 9]. В связи с этим цель данной работы – изучить видовой состав и разнообразие жужелиц сосняков вересковых в Белорусском Поозерье.

Основная часть

Материал и методы исследования. Сборы материала проводились методом почвенных ловушек (пластиковые стаканчики объемом 250 мл с фиксатором 11 % уксусной кислоты) в 2021–2022 гг. с конца апреля до середины октября. За единицу количественного учета было принято 3 ловушки. В каждом биотопе было установлено по 15 ловушек, т.е. соблюдалась пятикратная повторяемость выборочных совокупностей. Исследования выполнялись в характерных местах произрастания вереска – в сосновых лесах. При этом были выбраны леса с различным участием вереска в проективном покрытии: сосняки вересковые с невысоким проективным покрытием кустарничкового яруса с преобладанием вереска (менее 50 %), наиболее характерные для региона исследований; сосняки с проективным покрытием вереска более 50 %, как правило, испытавшие воздействие пожаров. Проективное покрытие оценивалось на площадках 1×1 м в местах установки ловушек.

Исследования осуществлялись на двух стационарах в Витебской области: С1) мало нарушенный сосняк вересковый (Миорский р-н, 55°57'N 27°44'E) с проективным покрытием вереска 31,44 ± 8,57 %, средняя высота яруса, сформированного вереском, составила 55,53 ± 5,51 см, pH – 4,66 ± 0,01. Кроме *Calluna vulgaris*, отмечены такие растения, как *Vaccinium vitisidaea* и *Festuca ovina*; С2) сосняк вересковый на постпирогенном участке (Сенненский район, 54°88'N30°38'E) с проективным покрытием вереска более 65,74 ± 11,35 %, средняя высота яруса, сформированного вереском составила 51,24 ± 4,76 см, pH – 4,58 ± 0,01. Кроме *Calluna vulgaris*, отмечены такие растения, как *Vaccinium vitisidaea*, *Convallaria majalis*, *Calamagrostis epigeios* и *Festuca ovina*.

Перед выполнением статистического анализа данные были проверены на соответствие закону нормального распределения с использованием теста Шапиро–Уилка. Так как условие соответствия данному закону выполнялось, для сравнения выборок использован t-критерий Стьюдента. Для оценки альфа-разнообразия применены индексы Шеннона (H'), Симпсона (D) и Пислу (J'). Для оценки возможного числа видов были рассчитаны значения непараметрических эстиматоров видового богатства Chao 2 и Bootstrap.

Бета-разнообразие ассамблей жужелиц исследовано с помощью теста ANOSIM (analysis of similarity), SIMPER-теста (similarity of percentage), неметрического многомерного шкалирования (non-metric multidimensional scaling, NMDS) на основе меры расстояния Брея–Кертиса. Биотопическую приуроченность видов к одному из исследуемых лесов выявляли с помощью анализа главных компонент (PCA). Для ординационного анализа данные подвержены логарифмированию $\log_{10}(x + 1)$.

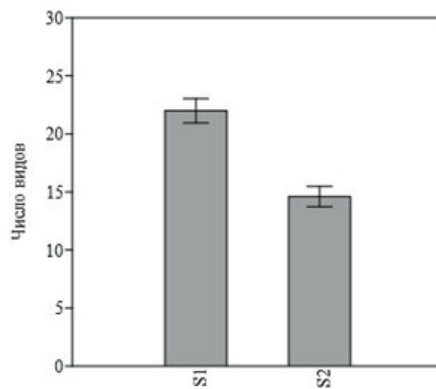
Для статистической обработки материала использовалось приложение PAST 3.06 [10].

Результаты исследования и их обсуждение. Всего в исследуемых сосняках вересковых выявлено 44 вида семейства жужелиц, принадлежащих 15 родам. Наибольшее число видов (36) установлено в сосняках с невысоким проективным покрытием вереска. При увеличении последнего видовое богатство снижается (29 видов). Эстиматоры Chao 2 и Bootstrap продемонстрировали высокое соотношение возможного и выявленного числа видов. По Chao 2 выявлено 92,30 и 82,85 видового богатства в С1 и С2 соответственно. Согласно Bootstrap это соотношение составило 92,30 и 90,62 потенциально возможного числа видов (таблица 1). Это указывает на достаточность выборочных усилий при сборе материала. Среднее число видов по выборкам было значимо ($t = 5,42, p = 0,007$) выше в С1 (22,00 ± 1,04), чем в С2 (14,6 ± 0,87) (рисунок 1).

Таблица 1 – Основные показатели α -разнообразия ассамблей жувелиц сосняков вересковых в Белорусском Поозерье

Параметр	Биотопы	
	С 1	С 2
Число видов	36	29
Возможное число видов по Chao 2	39	35
Возможное число видов по Bootstrap	39	32
Индекс Симпсона (D)	$0,23 \pm 0,03$	$0,23 \pm 0,01$
Индекс Шеннона (H')	$2,06 \pm 0,18$	$1,89 \pm 0,04$
Индекс Пиелу (J')	$0,48 \pm 0,08$	$0,56 \pm 0,02$

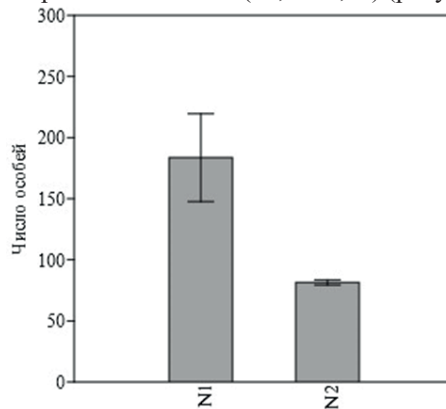
Примечания: С 1 – сосняк вересковый с невысоким проективным покрытием вереска; С 2 – сосняк вересковый с высоким проективным покрытием вереска.



Пояснения: S1 – с невысоким проективным покрытием вереска; S2 – с высоким проективным покрытием вереска.

Рисунок 1 – Среднее число видов жувелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье

Среднее число особей по выборочным совокупностям в сосняке с невысоким проективным покрытием вереска ($183,60 \pm 35,98$) было значимо ($t = 2,83, p = 0,046$) выше, чем в сосняке с проективным покрытием вереска более 60 % ($81,4 \pm 2,11$) (рисунок 2).



Пояснения: N1 – с невысоким проективным покрытием вереска; N2 – с высоким проективным покрытием вереска.

Рисунок 2 – Среднее число особей жувелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье

Среднее значение разнообразия, выраженного показателем Шеннона в С1 ($H' = 2,06 \pm 0,18$) было выше, чем в С2 ($H' = 1,89 \pm 0,04$). Однако эти различия не являются значимыми ($t = 0,87, p = 0,42$). Такие показатели разнообразия являются в целом достаточно высокими для сосновых лесов [8]. Значения индексов Симпсона ($t = 0,75, p = 0,99$) и Пислу ($t = 0,90, p = 0,41$) также значимо не различались. Концентрации доминирования и выровненность видов по обилию были невысоки (таблица 1), что обусловлено присутствием значительного числа видов с высоким относительным обилием в двух исследованных местообитаниях. В числе таких видов в С1 были *Nebria brevicollis* (45,47 %), *Pterostichus niger* (12,64 %), *Calathus erratus* (9,96 %) и *C. micropterus* (9,32 %), в С2 – *Calathus erratus* (30,81 %), *Carabus arvensis* (16,79 %), *Pterostichus niger* (12,36 %) и *Calathus micropterus* (10,70 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Видовой состав и относительное обилие (%) жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье

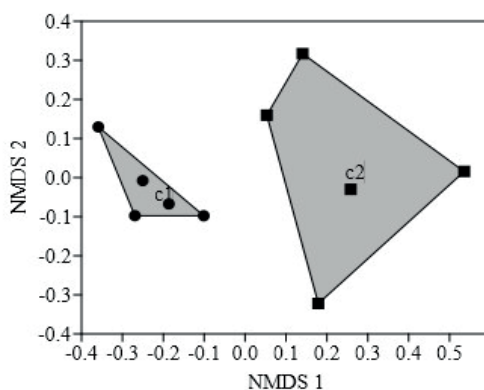
Вид	Биотопы	
	С 1	С 1
1	2	3
<i>Carabus violaceus</i> Linnaeus, 1758	0,64	0,00
<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	1,28	1,48
<i>Carabus convexus</i> Fabricius, 1775	0,13	0,00
<i>Carabus hortensis</i> Linnaeus, 1758	0,77	1,66
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	0,26	0,37
<i>Carabus cancellatus</i> Illiger, 1798	0,26	0,00
<i>Carabus arvensis</i> Herbst, 1784	0,13	16,79
<i>Cychris caraboides</i> Linnaeus, 1758	0,26	0,55
<i>Leistus ferrugineus</i> Linnaeus, 1758	1,66	2,95
<i>Notiophilus palustris</i> Duftschmid, 1812	0,00	0,18
<i>Miscodera arctica</i> Paykull, 1798	0,13	0,37
<i>Poecilus cupreus</i> Linnaeus, 1758	0,64	0,18
<i>Poecilus lepidus</i> Leske, 1785	0,77	3,87
<i>Poecilus versicolor</i> Sturm, 1824	2,55	3,51
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> Fabricius, 1787	1,28	3,87
<i>Pterostichus niger</i> Schaller, 1783	12,64	12,36
<i>Pterostichus melanarius</i> Illiger, 1798	0,13	0,00
<i>Pterostichus minor</i> Gyllenhal, 1827	0,00	0,18
<i>Pterostichus aethiops</i> Panzer, 1797	0,77	0,37
<i>Pterostichus nigrata</i> Paykull, 1790	0,89	0,92
<i>Pterostichus rhaeticus</i> Heer, 1837	0,51	0,00
<i>Pterostichus strenuus</i> Panzer, 1796	0,00	0,55
<i>Pterostichus vernalis</i> Panzer, 1796	0,26	0,00
<i>Calathus micropterus</i> Duftschmid, 1812	9,32	10,70
<i>Calathus melanocephalus</i> Linnaeus, 1758	0,00	0,55
<i>Calathus erratus</i> C.R. Sahlberg, 1827	9,96	30,81
<i>Amara communis</i> Panzer, 1797	1,66	0,92
<i>Amara brunnea</i> Gyllenhal, 1810	1,40	1,66
<i>Amara convexior</i> Stephens, 1828	0,26	0,00

Продолжение таблицы 2

1	2	3
<i>Amara curta</i> Dejean, 1828	0,00	0,18
<i>Amara pulpani</i> Kult, 1949	0,13	0,18
<i>Amara plebeja</i> Gyllenhal, 1810	0,13	0,00
<i>Amara littorea</i> C.G. Thomson, 1857	0,13	0,00
<i>Amara similata</i> Gyllenhal, 1810	0,26	0,18
<i>Harpalus distinguendus</i> Duftschmid, 1812	0,00	0,18
<i>Harpalus rufipes</i> Degeer, 1774	1,02	0,74
<i>Harpalus laevipes</i> Zetterstedt, 1828	0,13	0,00
<i>Harpalus latus</i> Linnaeus, 1758	0,00	0,18
<i>Harpalus tardus</i> Panzer, 1797	0,00	0,55
<i>Synuchus vivalis</i> Illiger, 1798	3,83	1,48
<i>Cymindis vaporariorum</i> Linnaeus, 1758	0,13	0,92
<i>Bradycellus caucasicus</i> Chaudoir, 1846	0,26	0,00
<i>Nebria brevicollis</i> Fabricius, 1792	45,47	0,18
<i>Oxytelus obscurus</i> Herbst, 1784	0,00	0,37

Примечания: C1 – с невысоким проективным покрытием вереска; C2 – с высоким проективным покрытием вереска.

Анализ β -разнообразия с помощью теста ANOSIM показал высокие значимые различия ($R = 0,91$, $p = 0,007$) видового состава двух исследуемых сосняков, что подтверждают и результаты ординации (NMDS). На диаграмме (рисунок 3) ассамблеи жуужелиц отчетливо дифференцированы по видовому составу.



Пояснения: c1 – с невысоким проективным покрытием вереска; c2 – с высоким проективным покрытием вереска.

Рисунок 3 – Диаграмма NMDS-ординации видового состава жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье

По результатам SIMPER-теста выявлено, что наибольший вклад в различия между ассамблеями жуужелиц в C1 вносят виды *Nebria brevicollis*, *Pterostichus niger*, *Calathus micropterus*, принадлежащие к доминантам, а также *Synuchus vivalis*, *Leistus ferrugineus* и *Poecilus versicolor* (таблица 3). В C2 такими видами являются доминанты *Carabus arvensis* и *Calathus erratus*, а также *Poecilus lepidus*.

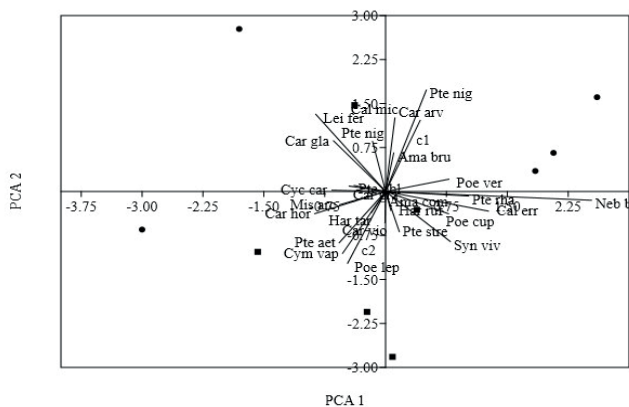
Виды, которые согласно SIMPER-тесту, вносят наибольший вклад в гетерогенность ассамблей жуужелиц, характеризуются различными экологическими предпочтениями.

В частности, для *Nebria brevicollis* в Белорусском Поозерье основные находки приурочены к урбоценозам, вид часто встречается в частично затемненных местах, в зеленых насаждениях, а также лесах различных типов. Жужелица *Pterostichus niger* обычна и повсеместна, предпочитает различного типа леса, закустаренные луга, берега водоемов, парки и сады, склоны железнодорожных насыпей. Обычна на мелиорированных болотах. *Calathus micropterus* – типичный представитель лесных фитоценозов. Повсеместен и многочислен в экосистемах разного типа, но предпочитает хвойные леса. Редко встречается на лугах и полях. Вид *Carabus arvensis* населяет лиственные и сосновые леса, нередок в сосняках сфагновых и березняках кустарничковых по краям естественных болот. Жужелица *Calathus erratus* повсеместна и многочисленна. Предпочитает песчаные и супесчаные почвы лугов, сосняков, особенно молодых и их посадок, встречается в агроценозах. *Poecilus lepidus* – обитатель сухих сосновых боров, опушек сосновых лесов, молодых посадок хвойных. Часто встречается на суходолах песчаных почв, в местах своего обитания может достигать высокой численности.

Таблица 3 – Результаты SIMPER-теста видового состава ассамблей жужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосняков вересковых в Белорусском Поозерье

Вид	Коэффициент	Вклад в %	Накопленный вклад в %
<i>Nebria brevicollis</i> Fabricius, 1792	22,94	32,41	32,41
<i>Pterostichus niger</i> Schaller, 1783	11,47	16,21	48,61
<i>Carabus arvensis</i> Herbst, 1784	7,58	10,71	59,32
<i>Calathus erratus</i> C.R. Sahlberg, 1827	7,53	10,64	69,96
<i>Calathus micropterus</i> Duftschmid, 1812	4,50	6,36	76,32
<i>Synuchus vivalis</i> Illiger, 1798	2,30	3,25	79,57
<i>Leistus ferrugineus</i> Linnaeus, 1758	2,11	2,99	82,57
<i>Poecilus versicolor</i> Sturm, 1824	1,38	1,95	84,52
<i>Poecilus lepidus</i> Leske, 1785	1,19	1,68	86,21

Из 44 выявленных видов 24 (54,54 %) отмечены в лесах с различным проективным покрытием вереска. Для выявления приуроченности видов к определенному из сосняков выполнен анализ главных компонент. Первая главная компонента (PC1) объясняет 43,34 % дисперсии, вторая (PC2) – 15,81 % дисперсии (рисунок 4). Сосняки с невысоким проективным покрытием вереска предпочитают такие виды, как *Pterostichus niger*, *Calathus micropterus*, *Carabus arvensis* и *Amara brunnea*. Тогда как с сосняками с высоким проективным покрытием вереска в наибольшей степени ассоциированы *Poecilus lepidus*, *Cymindis vaporariorum*, *Pterostichus aethiops* и *Carabus hortensis*.



Пояснения: c1 – с невысоким проективным покрытием вереска; c2 – с высоким проективным покрытием вереска.

Рисунок 4 – Диаграмма PCA-ординации видового состава жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках вересковых в Белорусском Поозерье

Заклучение. В сосняках вересковых с различным проективным покрытием *Calluna vulgaris* в Белорусском Поозерье выявлено 44 вида жужелиц. Наибольшее число видов (36) установлено в сосняках с невысоким проективным покрытием вереска, в сосняках с высоким проективным покрытием вереска обнаружено 33 вида.

Значения индексов α -разнообразия для ассамблей жужелиц сосняков вересковых характеризуют его в целом как достаточно высокое, по сравнению с другими типами сосновых лесов [8; 9]. Как показали ранее выполненные исследования, сосняки с развитым кустарничковым ярусом поддерживали более высокое видовое богатство жужелиц, чем местообитания без кустарничков. Следует отметить, что среди переменных, влияющих на видовое богатство и обилие жужелиц на верховых болотах с древесным ярусом, сформированным сосной, было проективное покрытие кустарничков [7]. Результаты наших исследований показали, что в местообитаниях с более высоким проективным покрытием вереска, по всей видимости, после воздействия пожаров показатели видового богатства, учетной плотности и разнообразия снижаются.

Наиболее многочисленными видами были типичные обитатели лесов *Carabus arvensis*, *Calathus erratus*, *C. micropterus*, *Pterostichus niger*. Эти результаты согласуются с другими исследованиями [8; 11]. Исключение составил эвритопный вид *Nebria brevicollis*, входящий в состав доминантов ассамблей жужелиц сосняков невысоким покрытием вереска.

Несмотря на сходство группы доминирующих видов, видовой состав двух исследованных сосняков вересковых, в целом, различался значимо ($p < 0,05$) по результатам теста ANOSIM. Данные различия обусловлены тем, что более половины видов не зарегистрированы одновременно в двух сосняках, а также различиями обилия видов, выявленных в двух типах местообитаний. В то же время отчетливой приуроченности к определенному местообитанию с различным покрытием вереска для большинства видов не отмечено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельтман, В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии / В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1982. – 326 с.
2. Мазуренко, М. Т. Вересковые кустарнички Дальнего Востока (структура и морфогенез) / М. Т. Мазуренко. – М. : Наука, 1982. – 184 с.
3. Sushko, G. G. Species composition and zoogeography of the rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) of raised bogs of Belarus / G. G. Sushko // North-Western Journal of Zoology. – 2016. – Vol. 12, No. 2. – P. 220–229.
4. Sushko, G. G. Species composition and diversity of the true bugs (Hemiptera, Heteroptera) of a raised bog in Belarus / G. G. Sushko // Wetlands. – 2016. – Vol. 36, issue. 6. – P. 1025–1032.
5. Sushko, G. G. Taxonomic composition and species diversity of insect assemblages in grass-shrub cover of peat bogs in Belarus / G. G. Sushko // Contemporary Problems of Ecology. – 2017. – Vol. 10, issue. 3. – P. 259–270.
6. Sushko, G. G. Diversity and species composition of beetles in the herb-shrub layer of a large isolated raised bog in Belarus / G. G. Sushko // Mires and Peat. – 2017. – Vol. 19, No. 10. – P. 1–14.
7. Sushko, G. Key factors affecting the diversity of Sphagnum cover inhabitants with the focus on ground beetle assemblages in Central-Eastern European peat bogs / G. Sushko // Community Ecology. – 2019. – Vol. 20, issue 1. – P. 45–52.
8. Sushko, G. Diversity patterns of carabid beetle (Coleoptera, carabidae) assemblages in the pine forests of Northern Belarus / G. Sushko, A. Lakotko, A. Miakinikova // Baltic Journal of Coleopterology. – 2020. – Vol. 20, issue 2. – P. 225–234.
9. Szyszko, J. State of Carabidae (Col.) fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment : treatises and monogr. / J. Szyszko ; Ed.: H. Sander. – Warszawa : Warsaw Agricultural University Press, 1983. – 80 p.
10. Hammer, Ø. PAST : paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D. Harper, P. Ryan // Palaeontol Electronica. – 2001. – Vol. 4, issue 1. – P. 1–9.
11. Александрович, О. Р. Жуки жужелицы (Coleoptera, Carabidae) фауны Белоруссии / О. Р. Александрович // Фауна и экология жесткокрылых Беларуси : сб. ст. / под ред. Э. И. Хотько, И. К. Лопатина. – Минск : Наука і тэхніка, 1991. – С. 37–78.

Поступила в редакцию 20.12.2022.

Species composition and biodiversity of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in heather pine forests in the Belarusian Lakeland

G. G. Sushko¹, A. A. Lakotko², I. A. Litvenkova³, Yu. I. Novikova⁴

¹ Vitebsk State University named P. M. Masherov (Belarus)

Moskovski Ave., 33, 210015, Vitebsk, Belarus; e-mail: gennadis@rambler.ru

² Vitebsk State University named P. M. Masherov (Belarus)

Moskovski Ave., 33, 210015, Vitebsk, Belarus; e-mail: kecoiohrprir@vsu.by

³ Vitebsk State University named P. M. Masherov (Belarus)

Moskovski Ave., 33, 210015, Vitebsk, Belarus; e-mail: Inna.Litvenkova@yandex.ru

⁴ Vitebsk State University named P. M. Masherov (Belarus)

Moskovski Ave., 33, 210015, Vitebsk, Belarus; e-mail: kecoiohrprir@vsu.by

Abstract. The introduction shows that in Belarus, unlike the countries of Western and Central Europe, *Calluna vulgaris* grows locally: in raised bogs and pine forests. Heather pine forests are characterized by ecological conditions that contribute to the formation of specific consumer groups in these habitats. Among them, the most numerous are ground beetles. In the Belarusian Lakeland, the biodiversity of their assemblages in heather pine forests has been poorly studied. The purpose of the study is to study the species composition and diversity of ground beetles in heather pine forests in the Belarusian Lakeland. The main part describes the collection technique using the soil trap method. Adults beetles were collected in pine forests with different heather cover: with low (less than 50 %), the most typical for the region of study, and high (more than 50 %), usually affected by fires. Shannon (H'), Simpson (D) and Pielou (J') indices were used to evaluate α -diversity. Beta diversity was studied using the ANOSIM and SIMPER tests, NMDS and PCA ordination. A total of 44 species of ground beetles were identified. The largest number of species (36) was found in pine forests with a low heather cover. Diversity (Shannon index value) is quite high compared to other types of pine forests. It was higher ($H' = 2,06 \pm 0,18$) with low heather coverage. The most numerous of species were typical forest dwellers *Carabus arvensis*, *Calathus erratus*, *Pterostichus niger*, *Calathus micropterus*. The exception was the eurytopic species *Nebria brevicollis*, which is dominant in pine forests with a low heather cover. The species composition of the two studied pine forests, as a whole, differed significantly ($p < 0.05$) according to the ANOSIM test. At the same time, a distinct association with a specific habitat with different heather coverage was not found for most species.

Keywords: pine forests, Carabidae, *Calluna vulgaris*, biodiversity, species composition, Belarusian Lakeland.

References

1. Geltman V. S. Geographical and typological analysis of forest vegetation in Belarus [*Geograficheskii i tipologicheskii analiz lesnoi rastitel'nosti Belorussii*]. Minsk, 1982, 326 p.
2. Mazurenko M. T. Heather shrubs of the Far East (structure and morphogenesis) [*Vereskovyye kustarnichki Dal'nego Vostoka (struktura i morfogenez)*]. Moscow, 1982, 184 p.
3. Sushko G. G. Species composition and zoogeography of the rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) of raised bogs of Belarus. *North-Western Journal of Zoology*, 2016, vol. 12, No. 2, pp. 220-229.
4. Sushko G. G. Species composition and diversity of the true bugs (Hemiptera, Heteroptera) of a raised bog in Belarus. *Wetlands*, 2016, vol. 36, No. 6, pp. 1025-1032.
5. Sushko G. G. Taxonomic composition and species diversity of insect assemblages in grass-shrub cover of peat bogs in Belarus. *Contemporary Problems of Ecology*, 2017, vol. 10, No. 3, pp. 259-270.
6. Sushko G. G. Diversity and species composition of beetles in the herb-shrub layer of a large isolated raised bog in Belarus. *Mires and Peat*, 2017, vol. 19, No. 10, pp. 1-14.
7. Sushko G. Key factors affecting the diversity of Sphagnum cover inhabitants with the focus on ground beetle assemblages in Central-Eastern European peat bogs. *Community Ecology*, 2019, vol. 20, issue 1, pp. 45-52.
8. Sushko G., Lakotko A., Miakinikova A. Diversity patterns of carabid beetle (Coleoptera, carabidae) assemblages in the pine forests of Northern Belarus. *Baltic Journal of Coleopterology*, 2020, vol. 20, issue 2, pp. 225-234.
9. Szyszko J. State of Carabidae (Col.) fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment: treatises and monographs; Ed.: H. Sander. Warszawa, 1983, 80 p.
10. Hammer Ø., Harper D., Ryan, P. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica*, 2001, vol. 4, issue 1, pp. 1-9.
11. Aleksandrovich O. R. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the fauna of Belarus [*Zhuki zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) fauny Belorussii*]. Fauna and ecology of Coleoptera in Belarus; Eds.: E. I. Khotko, I. K. Lopatin. Minsk, 1991, pp. 37-78.

* Работа выполнена в рамках подпрограммы 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (номер государственной регистрации 20210710).

** Авторы выражают благодарность доценту кафедры зоологии и ботаники ВГУ им. П. М. Машерова И. А. Солодовникову за помощь в определении материала.