

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

Объект авторского права

УДК 595.762.12:591.9(253)(476.5)(0.43.3)

ЛАКОТКО

Анатолий Аркадьевич

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА
АССАМБЛЕЙ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE)
СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

по специальности: 03.02.08 – экология

Минск, 2022

Научная работа выполнена в учреждении образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Научный руководитель

Сушко Геннадий Геннадьевич,
доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой экологии и
географии ВГУ имени П.М. Машерова

Официальные оппоненты

Байчоров Владимир Мухтарович,
доктор биологических наук, доцент,
заведующий сектором мониторинга и
кадастра животного мира ГНПО «НПЦ
НАН Беларуси по биоресурсам»

Рыжая Александра Васильевна,
кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры зоологии и физиологии
человека и животных факультета
биологии и экологии ГрГУ им. Янки
Купалы

Оппонирующая организация Белорусский государственный
университет

Защита состоится «31» января 2023 года в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 01.32.01 при ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам» по адресу: 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27; тел. +375 (17) 243-85-32; факс +375 (17) 304-15-93; e-mail: zoology@biobel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам».

Автореферат разослан « 7 » декабря 2022 года.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат биологических наук



И.И. Лукина

ВВЕДЕНИЕ

Сосновые леса составляют основу растительного покрова Белорусского Поозерья, где на их долю приходится 51,7% всех лесных массивов. Для данного региона – это один из важнейших источников биоресурсов, таких как ягоды, лекарственные растения, а также строительных материалов. Они являются хранителями генофонда комплекса бореальных видов, сформированного после последнего Поозерского оледенения, в том числе редких и исчезающих в Европе. Южно-таежные сосновые леса Белорусского Поозерья, расположены на границе между евразийской зоной хвойных и европейской зоной широколиственных лесов. В условиях изменения климата они могут стать как рефугиумами холодолюбивых организмов, так и путями продвижения южных видов на север. Важным фактором, определяющим современное развитие экосистем сосновых лесов, является и антропогенное воздействие. Поэтому мониторинг их экологического состояния можно причислить к одним из приоритетных направлений сохранения биологического разнообразия в Республике Беларусь (Гельтман, 1982; Ловчий и др., 2009).

Среди объектов биоиндикации перспективной группой являются насекомые, так как они обладают высоким видовым богатством и численностью, и занимают разнообразные экологические ниши в лесных экосистемах, а многие виды имеют значительную приуроченность к отдельным из них. Жуки семейства Жужелицы – одни из самых характерных обитателей напочвенного покрова и многочисленных консументов в трофических сетях сосновых лесов (Солодовников, 2008; Александрович, 2014). Вследствие этого они играют важную роль в регуляции численности вредителей леса и являются общепризнанными биологическими индикаторами (Rainio, Niemelä, 2003). Несмотря на многолетние исследования, жужелицы остаются важным модельным объектом для оценки видового и функционального разнообразия экосистем (Rainio, Niemelä, 2003; Koivula, 2011; Kotze et al., 2011; Nolte, 2017). До настоящего времени изучались в основном фаунистические и зоогеографические аспекты комплексов жужелиц поозерского региона (Солодовников, 2008; Александрович, 2014) и было мало известно об их реакции на изменение экологических условий, а также о дифференциации видового и функционального разнообразия в различных типах сосновых лесов, в том числе и с учетом их антропогенной трансформации в Белорусском Поозерье.

Данные обстоятельства обусловили актуальность выполнения детальных исследований современного состояния и основных тенденций динамики биоразнообразия, а также экологической структуры консументов сосновых лесов на примере ассамблей жужелиц.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами и темами. Тема диссертационной работы соответствует пункту 10. Экология и природопользование «Перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы», утвержденных Постановлением Совета министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г., а также пункту 3. Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование: атомная энергетика, ядерная и радиационная безопасность «Перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2021–2025 годы», утвержденных Постановлением Совета министров Республики Беларусь № 156 от 7 мая 2020 г.

Исследования по теме диссертации выполнялись на кафедре экологии и географии факультета химико-биологических и географических наук Учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» при поддержке гранта «Оценка видового разнообразия насекомых в репрезентативных биотопах национального парка «Нарочанский» (2019 г., № государственной регистрации 20191572), а также в рамках подпрограммы 10.2 «Биоразнообразие, биоресурсы, экология» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (№ государственной регистрации: 20210710).

Цель и задачи исследования. *Цель исследования* – выявить особенности биоразнообразия и экологической структуры ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae), а также факторы, определяющие их дифференциацию в сосновых лесах в Белорусском Поозерье.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Изучить особенности современного состояния α - и β -разнообразия ассамблей жуужелиц в сосновых лесах разных типов, наиболее характерных для Белорусского Поозерья.

2. Выполнить сравнительный анализ биотопической приуроченности, гидропреферендумов, трофической специализации, а также морфологических адаптаций, таких как длина тела и степень развития крыльев имаго жуужелиц в ассамблеях различных типов сосновых лесов.

3. Выявить тенденции изменчивости биоразнообразия и экологических особенностей, а также обуславливающие их ключевые факторы среды в ассамблеях жуужелиц фиксированных, постоянно поддерживаемых просек в сосновых лесах в условиях Белорусского Поозерья.

Научная новизна. Впервые выявлены особенности α - и β - разнообразия жуужелиц в сосновых лесах разных типов в условиях Белорусского Поозерья.

Впервые дана оценка экологических и эколого-морфологических показателей ассамблей жуужелиц в основных, наиболее характерных для Белорусского Поозерья, типах сосновых лесов.

Впервые выявлены особенности динамики биоразнообразия и обуславливающие их экологические факторы в ассамблеях жуужелиц постоянно поддерживаемых просек в сосновых лесах в условиях Белорусского Поозерья.

Положения, выносимые на защиту:

1. В условиях Белорусского Поозерья ассамблеи жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов включают от 14 до 46 видов и характеризуются достаточно сходными показателями разнообразия ($H'=2,225\pm 0,06-2,511\pm 0,08$) и относительно высокой выравненностью ($J'=0,574-0,656$). Исключения составляют сосняки багульниковые и лишайниковые, которые также продемонстрировали значимые ($p<0,05$) отличия видового состава от остальных ассамблей, ассоциированных с сосняками брусничными, черничными, зеленомошными и вересковыми, сходными между собой.

2. Экологическая структура ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) характеризуется изменчивостью в сосновых лесах разных типов. Это отражают биотопическая приуроченность (доля лесных видов варьирует от 55,57% до 90,57%), трофическая структура (доля зоофагов варьирует от 86,79% до 100%), а также вариативность групп по гидропреференумам. Динамика морфологических адаптаций проявляется в вариации длины тела имаго и степени развития крыльев (способности к полету) в различных типах леса. Отмечено снижение длины тела в сосняках багульниковых (77,84% видов с особями мелких размеров) и возрастание числа особей диморфных видов (48,30–56,20%) в сосняках вересковых и черничных на торфяных почвах.

3. При постоянном антропогенном воздействии в условиях просек показатели α -разнообразия жуужелиц значимо ($p<0,05$) варьируют по мере их зарастания в зависимости от высоты, проективного покрытия и числа видов растений напочвенного покрова. Антропогенная трансформация просек также приводит к изменению экологической структуры (возрастает доля обитателей открытых пространств и ксерофилов (от 20,63% до 95,45%), увеличению, по мере их зарастания, доли (от 0,52% до 23,77%) видов с мелкими размерами особей, диморфных видов (от 45,29% до 90,03%) и видов с широкими трансевразийскими ареалами (72,64–88,13%).

Личный вклад соискателя ученой степени. Диссертационная работа включает результаты собственных исследований автора, выполненных в период 2017–2021 гг. Полевые исследования на стационарах Витебской области, визуализация и статистический анализ выполнены автором лично. Тема, цель и задачи диссертации, а также дизайн полевых исследований и методика статистического анализа разработаны совместно с научным руководителем.

Автор выражает глубокую признательность за подтверждение идентификации отдельных видов к.б.н., доценту И.А. Солодовникову (ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск).

Апробация результатов диссертации и информация об использовании её результатов. Материалы диссертации были представлены и обсуждены на международных научно-практических конференциях «XII Машеровские чтения» (Витебск, 2018); «Зоологические чтения, посвященные 90-летию Гродненского зоопарка (Гродно, 2019); III Дорофеевские чтения (Витебск, 2020); на региональных научно-практических XXIII (70) XXIV (71) XXV (72) XXVI (73) конференциях преподавателей, научных сотрудников и аспирантов ВГУ имени П.М. Машерова «Наука – образованию, производству, экономике» (Витебск, 2018 – 2021 гг.), III и IV Международной научно-практической конференции «Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе» (Минск, 2019, 2021 гг.).

Опубликование результатов диссертации. По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ: 5 статей, соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоения ученых званий в Республике Беларусь, 9 – в сборниках материалов научных конференций. Общий объем опубликованных материалов составляет 2,4 авторских листа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 160 страниц и включает: 22 таблицы, 90 рисунков – на 49 страницах; библиографический список из 158 наименований, из них 65 на иностранных языках и 14 публикаций соискателя – на 16 страницах; приложения – на 17 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

История изучения жужелиц сосновых лесов

Выполнен анализ материалов исследований жужелиц сосновых лесов Беларуси и за ее пределами. Выявлено, что большинство из них входят в состав комплексных исследований населения жужелиц лесных биоценозов и посвящены, преимущественно, инвентаризации фауны, биотопическому распределению, зоогеографическому составу и анализу жизненных форм. Лишь отдельные работы затрагивают некоторые вопросы экологической структуры и оценки биоразнообразия ассамблей жужелиц сосняков Беларуси. Однако данные публикации датируются концом прошлого и началом нынешнего века и не содержат оценки структурной организации жужелиц как основных консументов, обитающих на поверхности почвы, с использованием статистических методов

анализа данных, доступных в настоящее время. Кроме того, не уделялось внимания динамике биоразнообразия консументов на постоянно поддерживаемых человеком просеках, которые в последнее время можно признать как относительно постоянные местообитания, создающие дополнительные экологические ниши. Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на обширную информацию по фаунистическим и отдельным экологическим аспектам карабидокомплексов в целом, до настоящего времени отсутствовала детальная информация о дифференциации биоразнообразия и экологической структуре консументов, таких как жужелицы, в сосновых лесах на границе двух крупных геоботанических зон в Белорусском Поозерье.

Место проведения, материал и методы исследования

Дана общая характеристика природных и климатических условий Белорусского Поозерья (Логинов, 2009; Гельтман, 1982; Матвеев, 1988; Якушко, 1971).

Охарактеризована методика сбора материала (Barber, 1931; Фасулати, 1971) с использованием почвенных ловушек. Материалом для работы послужили исследования, проведенные с 2016 по 2021 г. на территории 6 административных районов Витебской области (Витебский, Миорский, Городокский, Ушачский, Полоцкий, Сенненский) и Мядельского района Минской области (рисунок 1). За весь период было собрано более 19300 экземпляров жесткокрылых семейства жужелицы (Coleoptera, Carabidae). Материал хранится на кафедре экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова.

В каждом из 7 типов леса ежегодно было заложено по 6 стационаров. Во всех стационарах ловушки располагались на 5 трансектах длиной 6 м. На каждой трансекте устанавливалось по 3 ловушки на расстоянии 2 м друг от друга, что было принято за выборочную совокупность. Таким образом, ежегодно на стационарах в каждом типе леса анализировалось не менее 30 выборок и 210 выборок – во всех исследуемых типах леса. Материал собирался на 42 стационарах. Ширина исследуемых просек составляла около 30 метров. Ежегодно, на протяжении 3 полевых сезонов на просеках устанавливалось по 15 ловушек (для получения 5 выборочных совокупностей) и столько же на контрольных участках леса на расстоянии не менее 25 метров от нарушенных местообитаний во избежание экотонного эффекта. Для исследований выбирались относительно малонарушенные леса примерно одного возрастного состава с древесным ярусом сходной высоты, которые можно отнести к III классу возраста древостоя (средневозрастные), идентифицированные, согласно Лазаревой М.С,

Климович Л.К. (2009) с хорошо выраженным гомогенным ярусом лишайников, мхов или кустарничков, дифференцирующим тип лесного фитоценоза.



Рисунок 1 – Расположение мест проведения исследований на территории Белорусского Поозерья

На стационарах были выполнены фитоценотические описания (не менее 3 раз в течение сезона) и измерены основные абиотические показатели во время каждого съема ловушек (влажность (%) и pH почвы, толщина гумусового слоя). Описания растительности напочвенного покрова выполняли на площадках 1x1 м (число видов и видовой состав сосудистых растений, высота травяного и кустарничкового ярусов; общее проективное покрытие, травяно-кустарничкового яруса, отдельно трав и кустарничков, мхов, долю площади открытого грунта, долю покрытия подстилки, лишайникового покрова (%); толщину подстилки и мохового покрова (см)). Проективное покрытие оценивали методом фотоплощадок (Бузук, Созинов, 2014). Описание древесной растительности выполнено на площадках 10x10 м. Площадки закладывали таким образом, чтобы трансекта проходила по ее середине. На каждой площадке подсчитано количество деревьев, высотой более 5 м и их высота для расчета средних показателей по ярусу в целом. Отдельно было подсчитано количество деревьев до 5 м высотой.

Перед выполнением статистического анализа данных проверяли нормальность распределения с использованием теста Шапиро-Уилка. Если данные соответствовали нормальному распределению, для оценки различий между выборками использовался дисперсионный анализ (ANOVA) и

апостериорный тест Тьюки, в противном случае – непараметрический критерий Краскела-Уолиса и апостериорный тест Дана.

Для оценки альфа-разнообразия применены индексы Шеннона (H'), Симпсона (D), Пиелу (J'), а также Числа Хилла (Hill's numbers). Были рассчитаны значения непараметрических эстиматоров видового богатства Chao2 и Bootstrap. Бета-разнообразии ассамблей жужелиц исследовано с помощью непараметрического теста ANOSIM (analysis of similarity), неметрического многомерного шкалирования (non-metric multidimensional scaling, NMDS) на основе меры расстояния Брея-Кертиса. Для выявления видов, которые вносят наибольший вклад в гетерогенность ассамблей жужелиц различных местообитаний, использован SIMPER (similarity of percentage) тест.

Степень биотопической приуроченности вида к определенному типу соснового леса выявлялась с помощью статистической процедуры IndVal (Indicator Value), основанной на относительном обилии.

Для оценки влияния измеренных показателей среды на показатели разнообразия использован регрессионный анализ (обобщенная модель множественной регрессии Generalized Linear Models – GLM) с распределением Пуассона (Poisson distribution). Анализы выполнены с использованием статистической среды R 3.4.2 (пакеты car и vegan), пакетов анализа PAST 3.0 и INEXT.

Биоразнообразие ассамблей жужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Белорусского Поозерья

В сосновых лесах Белорусского Поозерья выявлено 72 вида жесткокрылых, принадлежащих семейству жужелицы. Максимальным видовым богатством характеризовались сосняки вересковые (46 видов), минимальным – заболоченные сосняки черничные (14 видов) и багульниковые (19 видов). Промежуточное положение занимали сосняки зеленомошные, брусничные и черничные на минеральных почвах (38 – 41 вид) (таблица 1).

Максимальными показателями среднего числа особей в выборках характеризовались сосняки вересковые ($100,92 \pm 11,66$) и багульниковые ($107,60 \pm 14,19$), минимальными – сосняки лишайниковые ($8,8 \pm 1,65$). Наибольшее разнообразие выявлено в ассамблеях жужелиц сосняков лишайниковых ($H' = 2,543 \pm 0,14$) и вересковых ($H' = 2,511 \pm 0,08$), самое низкое – в сосняках багульниковых ($H' = 1,033 \pm 0,09$). Сосняки брусничные, зеленомошные и черничные на минеральных почвах характеризовались промежуточными и

достаточно сходными показателями разнообразия. Индекс концентрации доминирования Симпсона во всех исследуемых типах сосновых лесов, за исключением сосняков багульниковых, имел невысокие значения ($D=0,102-0,326$), что указывает на достаточно широкий спектр видов с высоким относительным обилием. Сходную тенденцию продемонстрировал индекс выравненности Пиелу.

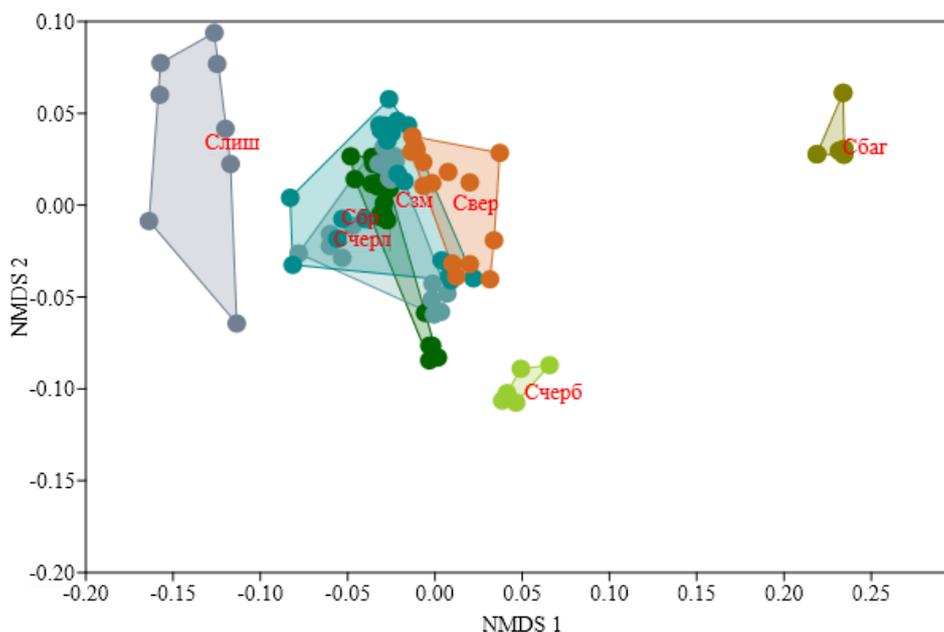
Таблица 1 – Показатели видового богатства, численности и разнообразия жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов различных типов в Белорусском Поозерье

Показатель	Биотоп						
	Слиш	Свер	Сбр	Сзм	Счерл	Счерб	Сбаг
Число выявленных видов, S(obs)	20	46	38	41	40	14	19
Среднее число видов по выборкам, S(mean)	4,8±0,66	15,21±0,75	10,25±0,86	10,6±0,99	10,25±0,62	8,2±0,73	8,4±1,32
Прогнозируемое число видов, Chao 2	31	72	47	67	45	17	31
Прогнозируемое число видов, Bootstrap	24	59	43	55	43	16	24
Среднее число особей в выборках, (N)	8,80±1,65	100,92±11,66	67,00±7,24	64,00±8,03	92,75±16,20	59,40±6,82	107,60±14,19
Индекс доминирования Симпсона, (D)	0,102±0,05	0,124±0,02	0,159±0,02	0,172±0,05	0,150±0,01	0,326±0,02	0,599±0,03
Индекс разнообразия Шеннона, (H')	2,543±0,14	2,511±0,08	2,253±0,08	2,350±0,14	2,225±0,06	1,515±0,07	1,033±0,09
Индекс выравненности Пиелу, (J')	0,849±0,01	0,656±0,03	0,619±0,02	0,633±0,03	0,603±0,01	0,574±0,03	0,351±0,06
Динамическая плотность (экз./лов.сут)	0,03±0,001	0,52±0,01	0,28±0,02	0,34±0,01	0,46±0,02	0,11±0,03	0,59±0,01

Примечание – Слиш – сосняки лишайниковые, Сзм – сосняки зеленомошные, Свер – сосняки вересковые, Сбр – сосняки брусничные, Счерл – сосняки черничные на минеральной почве, Счерб – сосняки черничные на торфяно-болотной почве, Сбаг – сосняки багульниковые.

Наименьшим числом доминирующих видов отличались сосняки багульниковые, где на долю трех видов-доминантов приходится 88,74%, тогда как в сосняках лишайниковых группа доминантов включала 7 видов. В остальных местообитаниях выявлено от 4 до 6 доминирующих видов. В их числе 2 вида (*Carabus arvensis*, *Calathus micropterus*) отмечены во всех сосняках на минеральных почвах и 1 вид (*Pterostichus niger*) выявлен везде, кроме сосняков лишайниковых и багульниковых.

Анализ β -разнообразия продемонстрировал значимые (ANOSIM, $R=0,54$, $p=0,0001$) различия видового состава ассамблей жуужелиц крайних в экологическом ряду местообитаний, таких как наиболее сухие сосняки лишайниковые и обильно увлажненные сосняки багульниковые. По видовому составу жуужелиц от них отличались сосняки брусничные, черничные, зеленомошные, а также сосняки вересковые, которые проявили высокое сходство между собой (рисунок 2).



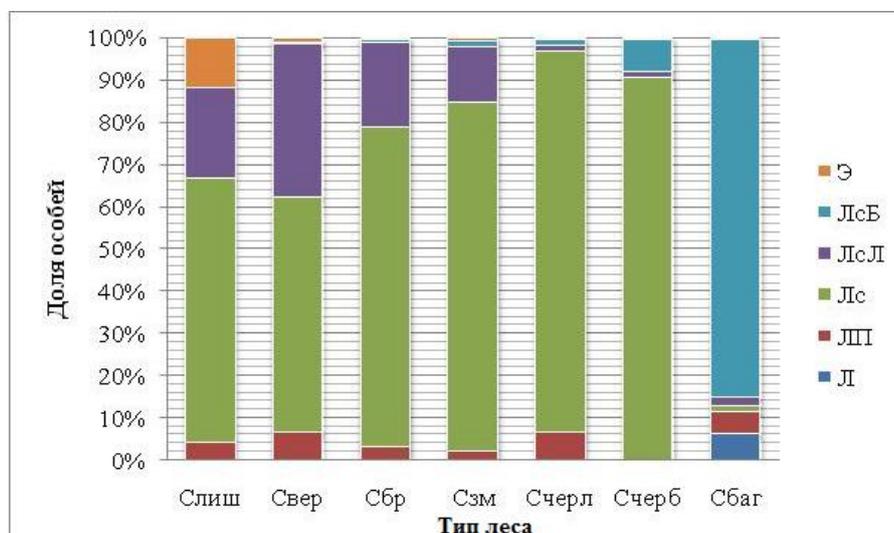
Слиш – сосняки лишайниковые, Сзм – сосняки зеленомошные, Свер – сосняки вересковые, Сбр – сосняки брусничные, Счерл – сосняки черничные на минеральной почве, Счерб – сосняки черничные на торфяно-болотной почве, Сбаг – сосняки багульниковые

Рисунок 2 – Ординационная диаграмма (NMDS) дифференциации видового состава жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов различных типов в Белорусском Поозерье

Экологическая структура ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в градиенте местообитаний сосновых лесов Белорусского Поозерья

Выявлено, что в сосновых лесах спектр групп по биотопической приуроченности жуужелиц достаточно узкий и представлен в основном 4

группами. Большинство составляли обитатели лесов (55,57–90,57%), что указывает на высокую специализацию ассамблей жуужелиц к экологическим условиям данных экосистем. Исключение составили только жуужелицы заболоченных сосняков багульниковых, где высока доля болотных видов (рисунок 3).



Обозначения типов леса то же, что и на рисунке 2; Л – луговая, ЛПП – лугово-полевая, Лс – лесная, ЛсЛ – лесолуговая, ЛсБ – лесо-болотная, Э – эврибионтная

Рисунок 3 – Соотношение по числу выявленных особей представителей различных групп по биотопическим предпочтениям жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках Белорусского Поозерья

Число видов, приуроченных к определенному типу леса в ряду исследованных сосняков невысоко. К соснякам лишайниковым наиболее приурочены *Calathus erratus* (IndVal=0,81, p=0,001) и *Poecilus versicolor* (IndVal=0,55, p=0,001), к соснякам багульниковым *Agonum ericeti* (IndVal=0,95, p=0,001), *Pterostichus rhaeticus* (IndVal=0,85, p=0,001), *Pterostichus diligens* (IndVal=0,84, p=0,001), *Carabus granulatus* (IndVal=0,64, p=0,001). Такие виды как *Carabus hortensis* (IndVal=0,46, p=0,002) и *Carabus glabratus* (IndVal=0,36, p=0,011) были более ассоциированы с сосняками черничными, а *Loricera pilicornis* (IndVal=0,34, p=0,013) – с сосняками зеленомошными. Большинство других видов продемонстрировали связи с двумя и более типами лесов, что подчеркивает их более широкую биотопическую пластичность.

За последние несколько десятилетий в Европе места обитания специализированных лесных видов сократились в результате уменьшения площади лесов и их фрагментации из-за хозяйственной деятельности. В

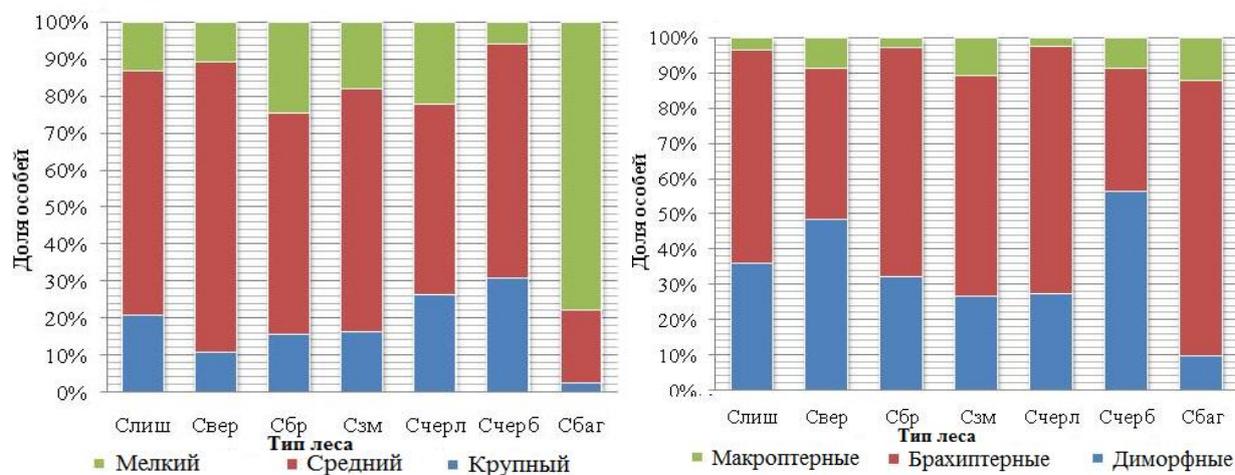
результате происходит замена специализированных видов широко адаптированными эврибионтами и функциональная гомогенизация биоразнообразия (Kotze, O'Hara, 2003). В исследованных нами типах сосновых лесов данная тенденция не прослеживается.

Анализ гидропреферендумов показал преобладание в ассамблеях жужелиц мезофильных видов (55,50–75,60%), за исключением заболоченных сосняков черничных и багульниковых, где большинство составляли мезогидрофилы и гидрофилы, доля которых составила 52,50% и 89,20%, соответственно. С другой стороны в наиболее сухих сосняках лишайниковых и вересковых была высока доля ксерофилов (18,90–27,50%). Вариация гидропреферендумов подтверждает высокую чувствительность жужелиц к особенностям гидрологического режима биотопа и, наряду с биотопической приуроченностью, указывает на их высокую роль в биоиндикации данных экосистем.

Трофические преферендумы жужелиц во всех типах сосновых лесов характеризуются доминированием зоофагов (86,79–100,00%). Данная тенденция в целом характерна для жужелиц, в большинстве своем являющихся консументами второго порядка (Thiele, 1977). Доля миксофитофагов оказалась наиболее высокой в сосняках зеленомошных (7,80%) и лишайниковых (13,20%), которые характеризуются наличием только травяного яруса. Наиболее высокая доля зоофагов отмечена в местообитаниях, характеризующихся более сложной структурной организацией фитоценоза (наличие травяно-кустарничкового и мохового ярусов, подлеска, высокая доля покрытия и толщина подстилки), тогда как с упрощением структурной организации повышается доля миксофитофагов (представители родов *Amara* и *Harpalus*).

Выявлено преобладание во всех типах сосняков особей со средней длиной тела (51,52–78,47%), за исключением багульниковых, где преобладали особи с мелкими размерами (77,84%). Доля последних оказалась достаточно высокой и в сосняках брусничных (24,63%) и черничных на минеральных почвах (22,32%). Это согласуется с гипотезой, которая предсказывает, что виды с меньшим размером тела преобладают в структурно сложных ландшафтах и, наоборот, виды с крупными размерами преобладают в более простых ландшафтах (Kaspari, Weiser, 1999). Так как первые имеют функциональное преимущество в возможности перемещаться в местообитаниях с густой напочвенной растительностью, в то время как перемещение видов с крупными размерами имаго в таких местах затруднено (Lövei, Sunderland, 1996; Kaspari, Weiser, 1999).

В большинстве типов сосновых лесов преобладали особи брахиптерных видов (43,10–70,10%) за исключением сосняков вересковых и черничных на торфяных почвах, где высокой была доля имаго диморфных жужелиц (48,30–56,20%). Наименьшей оказалась доля макроптерных особей, больше всего которых зарегистрировано в сосняках зеленомошных (10,90%) и багульниковых (12,10%) (рисунок 4).



Обозначения типов леса те же, что и на рисунке 2

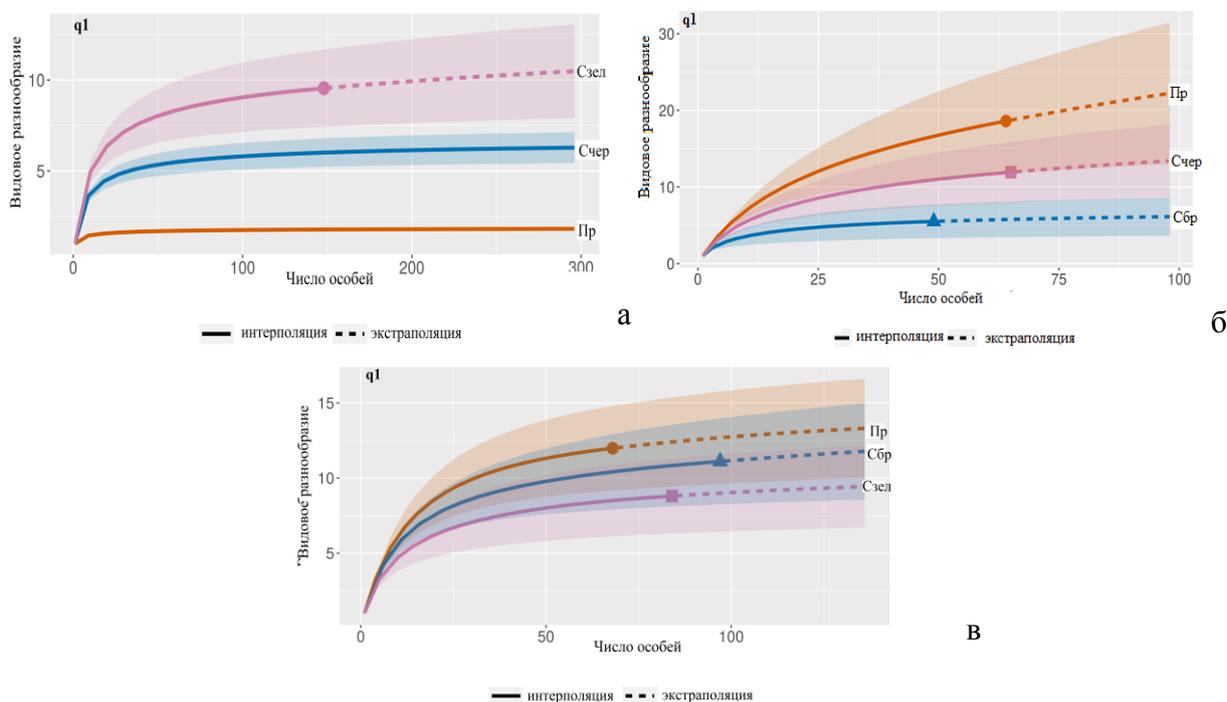
Рисунок 4 – Соотношение по числу выявленных особей представителей различных групп по размерам и степени развития крыльев жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в сосняках Белорусского Поозерья

Как правило, число летающих видов жужелиц возрастает на ранних стадиях сукцессии и при нарушении и фрагментации местообитаний. Преобладание брахиптерных видов в целом характерно для местообитаний с более стабильными условиями среды (Thiele, 1977; Kotze, O'Hara, 2003), что позволяет причислить к таковым исследованные леса.

Изменчивость биоразнообразия и экологической структуры ассамблей жужелиц (Coleoptera, Carabidae) просек различной степени зарастания в сосновых лесах Белорусского Поозерья

Анализ α -разнообразия показал, что ассамблеи жужелиц просек без напочвенного покрова по видовому богатству ($11 \pm 1,44$ видов) не отличаются от лесов. С формированием травяно-кустарничкового покрова оно возрастает ($14 \pm 0,73$ видов) и значимо ($p < 0,05$) выше, чем в лесах, а при появлении деревьев подлеска и подроста становится значимо ($p < 0,05$) ниже ($9 \pm 0,70$ видов). Показатели численности при усложнении комплекса растительности на просеках в целом снижаются. По сравнению с лесами, среднее число особей было выше на просеках свежевспаханных ($347,2 \pm 65,11$) и со

сформированным травяно-кустарничковым ярусом ($89,4 \pm 16,68$), тогда как при развитии подлеска и подроста оно снизилось ($68,67 \pm 4,73$). При отсутствии растительного покрова видовое разнообразие ниже, а при усложнении комплекса растительности на просеках возрастает, по сравнению с прилегающими лесами (рисунок 5).



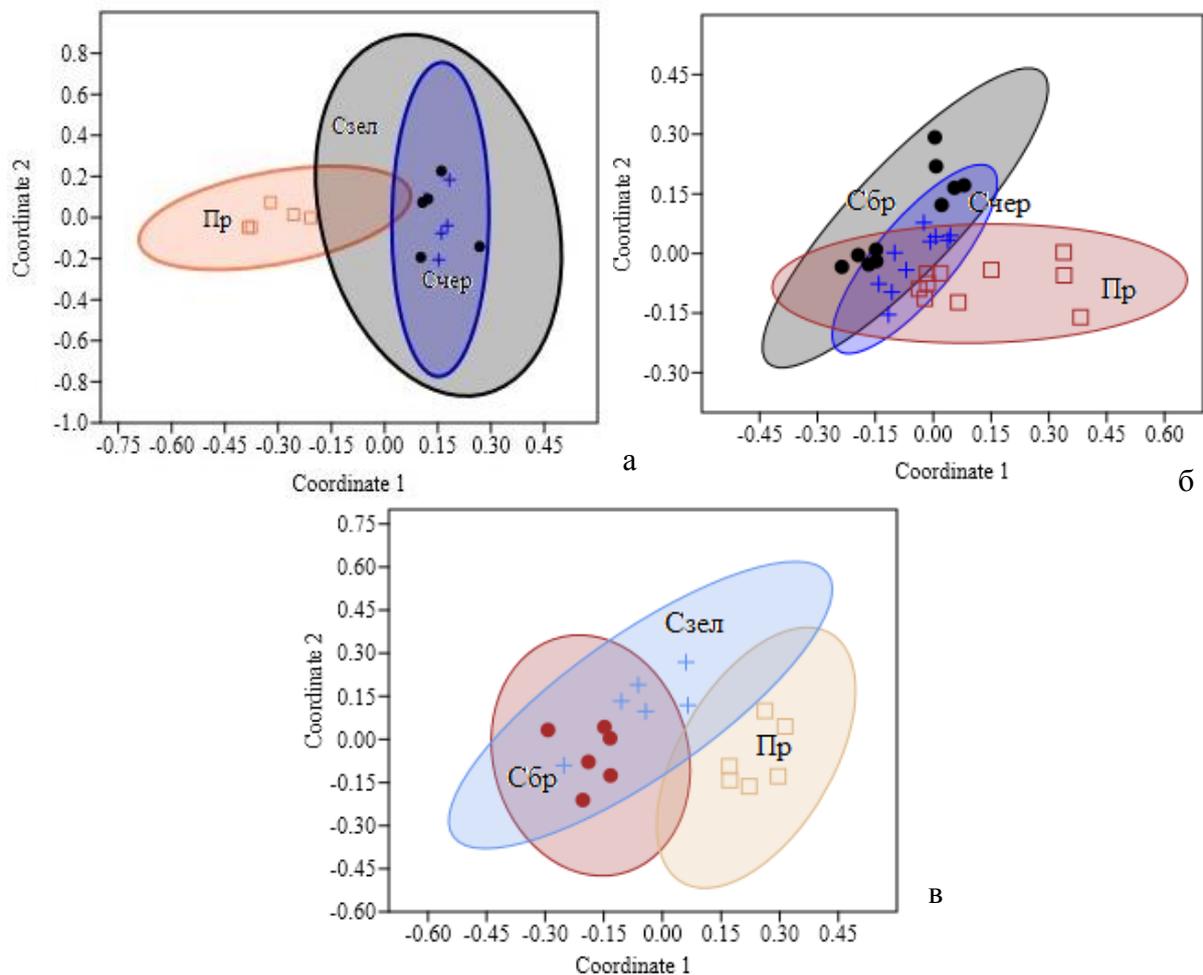
а – просеки (Пр) без растительного покрова, б – с травяно-кустарничковым ярусом, в – с подлеском и подростом; исходные сосняки черничные (Счер), брусничные (Сбр) и зеленомошные (Сзел)

Рисунок 5 – Видовое разнообразие жужелиц (Coleoptera, Carabidae) просек различной степени зарастания в условиях Белорусского Поозерья

Выявлены изменения в структуре доминирования. На просеках без сомкнутого растительного покрова доминантами были всего два вида *Cicindela hybrida* и *Calathus erratus*. Тогда как в прилегающих сосняках группа доминирующих видов шире, и данные виды не отмечены. По мере увеличения степени зарастания состав групп доминантов на просеках расширялся и включал как виды, преобладающие в лесах (*Pterostichus oblongopunctatus*, *Calathus micropterus*, *Carabus arvensis*, *Pterostichus niger*), так и другие (*Leistus ferrugineus*, *Poecilus versicolor*, *Calathus erratus*). Самым многочисленным на всех типах просек оказался вид *Calathus erratus*, доля которого составила 18,83–87,27%.

Выполненный анализ β -разнообразия продемонстрировал значимые (ANOSIM, $R=0,494-0,806$, $p<0,05$), отличия видового состава жужелиц просек и исследуемых лесных местообитаний (рисунок 6). Они

обусловлены рядом видов (от 4 до 14 в разных типах просек), которые, в основном, не многочисленны и представлены 1-3 особями. Основной вклад в отличия видового состава просек от лесов вносят виды с высоким относительным обилием, такие как *Cicindela hybrida*, *Calathus erratus*, *Poecilus versicolor* и *Pterostichus niger*.



Обозначения биотопов те же, что на рисунке 5
Рисунок 6 – Диаграмма ординации (NMDS) видового состава ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) просек и исходных сосняков в условиях Белорусского Поозерья

На просеках разной степени зарастания ключевыми факторами, значимо ($p < 0,05$) влияющими на число особей и разнообразие жуужелиц в большинстве случаев являлись показатели растительности, такие как высота (отрицательный эффект) и проективное покрытие растительного покрова и число видов растений (положительный эффект) (таблица 2).

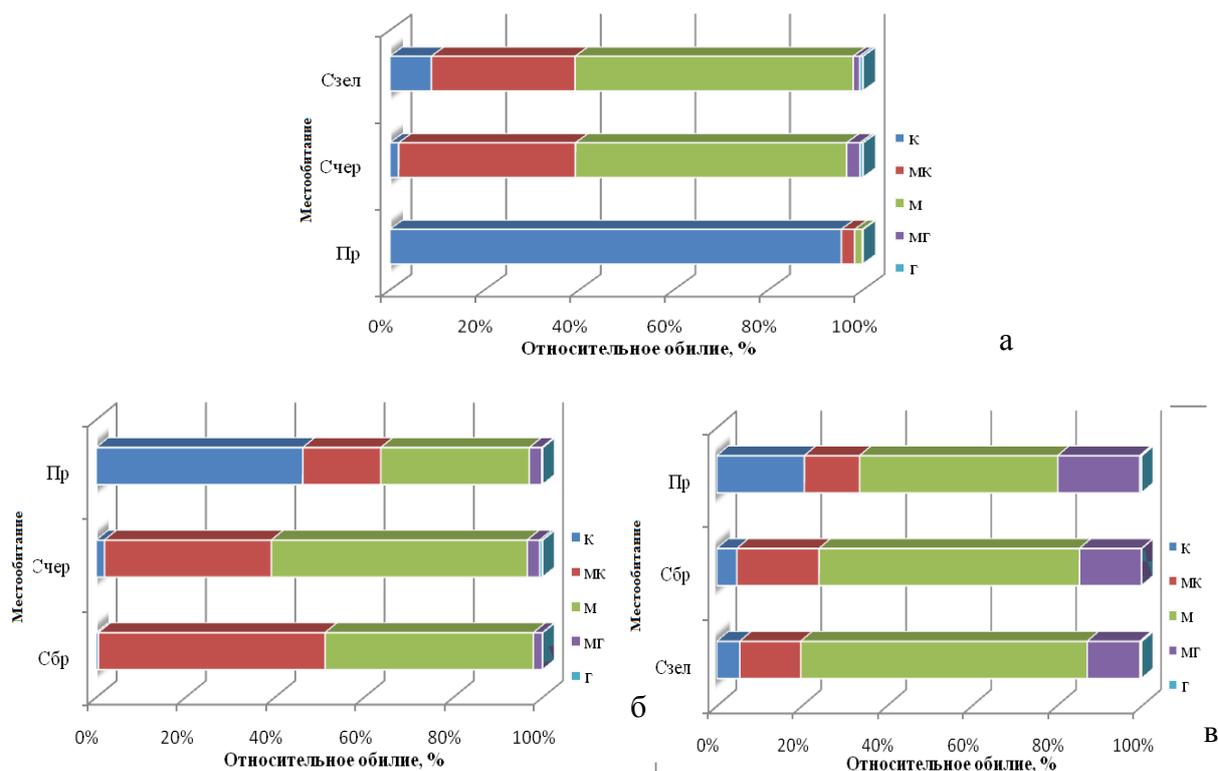
Анализ экологической структуры ассамблей жуужелиц просек выявил значимые ($p < 0,05$) различия представителей различных биотопических групп, среди которых преобладали лесо-луговые, лугово-полевые и луговые

виды. По мере зарастания просек возрастало относительное обилие лесных видов (25,66%), но оно было ниже, чем в соседних лесах (65,33%–66,67%). Более высокой была доля ксерофильных видов (20,63%–95,45%), по сравнению с лесами (25,56%), но она постепенно снижалась по мере зарастания просек (рисунок 7).

Таблица 2 – Влияние переменных среды на показатели разнообразия жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) просек различной степени зарастания (результаты построения обобщенных моделей множественной регрессии GLM)

Переменная среды	Местообитание		
	<i>Без сомкнутого растительного покрова</i>	<i>С травяно-кустарничковым ярусом</i>	<i>С подростом и подлеском</i>
Видовое богатство			
Высота травостоя (см)	н.з.	н.з.	н.з.
Число видов растений	н.з.	н.з.	н.з.
Проективное покрытие растений (%)	н.з.	н.и.	н.и.
Проективное покрытие кустарничкового яруса (%)	н.и.	*	н.з.
Количество деревьев	н.и.	н.и.	н.з.
рН	н.з.	н.з.	н.з.
Влажность почвы (%)	н.з.	н.з.	н.з.
Доля открытого грунта (%)	н.и.	н.з.	н.и.
Число особей			
Высота травостоя (см)	**	*	*
Число видов растений	***	н.з.	*
Проективное покрытие растений (%)	***	н.и.	н.и.
Проективное покрытие кустарничкового яруса (%)	н.и.	н.з.	*
Количество деревьев	н.и.	н.и.	н.з.
рН	н.з.	н.з.	н.з.
Влажность почвы (%)	н.з.	н.з.	*
Доля открытого грунта (%)	н.и.	н.з.	н.и.
Видовое разнообразие (индекс Шеннона)			
Высота травостоя (см)	**	**	**
Число видов растений	н.з.	н.з.	**
Проективное покрытие растений (%)	*	н.и.	н.и.
Проективное покрытие кустарничкового яруса (%)	н.и.	*	*
Количество деревьев	н.и.	н.и.	н.з.
рН	н.з.	н.з.	н.з.
Влажность почвы (%)	н.з.	*	н.з.
Доля открытого грунта (%)	н.и.	**	н.и.

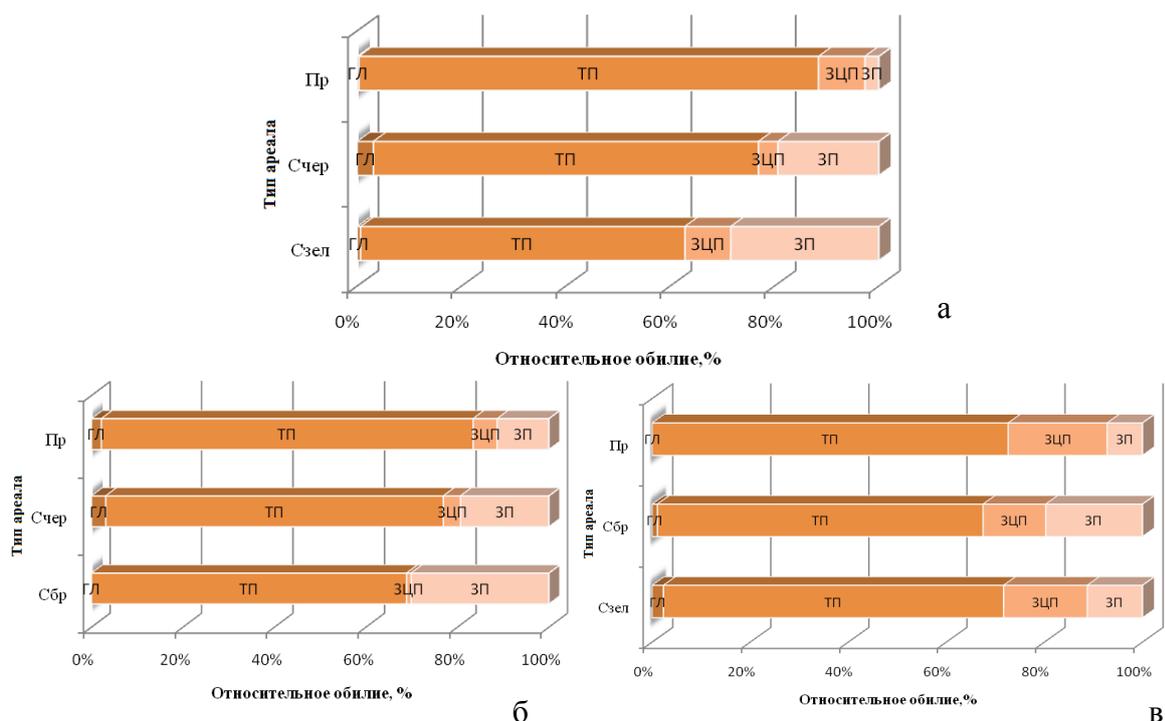
Примечание – Уровень значимости (p): *** – меньше 0,001, ** – меньше 0,01, * – меньше 0,05, н.з. – нет значимого влияния, н.и. – не использовалось в модели.



Группы по гидропреферендумам: к – ксерофилы, МК – мезоксерофилы, м – мезофилы, МГ – мезогигрофилы, г – гигрофилы; обозначения биотопов те же, что на рисунке 5
Рисунок 7 – Гидропреферендумы жужелиц (Coleoptera, Carabidae) просек (Пр) различной степени зарастания (а – без растительного покрова, б – с травяно-кустарничковым ярусом, в – с подростом и подростом) и исходных сосняков черничных (Сч), брусничных (Сбр), зеленомошных (Сзел)

По трофической приуроченности на просеках, как и в лесах, значимо ($p < 0,05$) преобладали зоофаги, относительное обилие которых составляло от 92,12 до 97,18%. Доля миксофитофагов (7,88%), была наибольшей на просеках с подростом и подростом.

Выявлены значимые различия морфологических признаков ($p < 0,05$), таких как длина тела и степень развития крыльев в ассамблеях жужелиц. На просеках преобладали особи средних размеров. Однако, по мере их зарастания, доля (0,52%–23,77%) мелких особей, возрастала, а крупных была ниже (от 0,23% до 6,28%). Диморфные виды (от 45,29% до 90,03%) на просеках составляли большинство, но по мере усложнения структуры растительности их доля снижалась. Тогда как в лесах большинство составляли особи брахицерных видов (57,66%–89,34%). Доля летающих макроцерных видов, наоборот, на просеках с подростом и подростом оказалась наиболее высокой (30,49%) (рисунок 8).



ГЛ – голарктический, ТП – транспалеарктический, ЗЦП – западно-центральнопалеарктический, ЗП – западнопалеарктический; обозначения биотопов те же, что на рисунке 5

Рисунок 8 – Зоогеографическая характеристика жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) просек различной степени зарастания (а – без растительного покрова, б – с травяно-кустарничковым ярусом, в – с подлеском и подростом) и исходных сосняков черничных (Сч), брусничных (Сбр) и зеленомошных (Сзел) в условиях Белорусского Поозерья

Анализ географического распространения показал преобладание на просеках, как и в прилегающих лесах, видов с широкими трансевразийскими ареалами (72,64–88,13%), распространенными в температурной зоне. Однако, при этом их доля была выше, чем в лесах (62,16 – 73,83%). Виды с широкими ареалами характеризуются, как правило, высокой численностью особей в популяциях и имеют более широкие экологические ниши, что повышает их адаптационный потенциал (Gaston, Fuller, 2009).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. В результате анализа α -разнообразия ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Белорусского Поозерья выявлено 72 вида. Ассамблеи сосняков различных типов включали от 14 до 46 видов. Наибольшее видовое богатство было в сосняках вересковых (46 видов), наименьшее – в заболоченных сосняках черничных (14 видов) и багульниковых (19 видов). Максимальными

показателями среднего числа особей по выборкам характеризовались сосняки вересковые ($100,92 \pm 11,66$) и багульниковые ($107,60 \pm 14,19$), минимальными – сосняки лишайниковые ($8,8 \pm 1,65$) [1–А, 2–А, 5–А].

Наибольшее разнообразие выявлено в ассамблеях жужелиц сосняков лишайниковых ($H'=2,543 \pm 0,14$) и вересковых ($H'=2,511 \pm 0,08$), самое низкое – в сосняках багульниковых ($H'=1,033 \pm 0,09$), которые отличались наименьшей выравненностью по обилию ($J'=0,351 \pm 0,06$). Сосняки брусничные, зеленомошные и черничные на минеральных почвах характеризовались промежуточными и достаточно сходными показателями разнообразия ($H'=2,225 \pm 0,06$ – $2,350 \pm 0,14$). Большинство местообитаний, кроме сосняков багульниковых, обладали достаточно высокой выравненностью ($J'=0,574$ – $0,849$) [1–А – 3–А, 6–А – 9–А, 11–А].

2. Выполненный анализ β -разнообразия продемонстрировал высокие значимые ($p < 0,05$) отличия видового состава ассамблей жужелиц таких как сосняки лишайниковые и сосняки багульниковые от остальных. Сосняки брусничные, черничные, зеленомошные и вересковые, в свою очередь, проявили по видовому составу высокое сходство между собой [1–А – 3–А, 5–А].

3. Сравнительный анализ структурной организации ассамблей жужелиц сосновых лесов выявил преобладание лесных видов ($55,57$ – $90,57\%$), преимущественно мезофилов ($55,50$ – $75,60\%$) и зоофагов ($86,79$ – $100,00\%$). Число видов, приуроченных к определенному типу соснового леса не высоко (1–2). Большинство составляли особи брахицерных видов ($43,10$ – $70,10\%$) со средней длиной тела ($51,52$ – $78,47\%$), за исключением сосняков багульниковых, где доминировали особи мелких размеров ($77,84\%$) и сосняков вересковых и черничных на торфяных почвах, где высокой была доля имаго диморфных жужелиц ($48,30$ – $56,20\%$) [1–А – 3–А].

4. Анализ изменчивости ассамблей жужелиц просек различной степени зарастания показал, что видовое богатство по мере формирования травяно-кустарничкового покрова возрастает значимо ($p < 0,05$), а при появлении подлеска и подроста значимо ($p < 0,05$) снижается, тогда как показатели численности при усложнении комплекса растительности на просеках в целом снижаются по сравнению с лесами. Видовое разнообразие, наоборот, при отсутствии растительного покрова ниже, а при усложнении комплекса растительности значимо ($p < 0,05$) возрастает. Видовой состав просек и прилегающих лесов имел значимые различия ($p < 0,05$), которые обусловлены видами (от 4 до 14 в разных типах просек), в том числе и с высоким относительным обилием, такими как *Cicindela hybrida*, *Calathus erratus*, *Poecilus versicolor* и *Pterostichus niger* [3–А, 12–А – 14–А].

Выявлены тенденции изменчивости экологических, эколого-морфологических и хорологических показателей, которые заключаются преобладании лесо-луговых (от 44,84% и до 89,75 %), лугово-полевых (0,92–21,92%) и луговых видов (0,62–8,18%), ксерофилов (0,51–95,45%), увеличении, по мере зарастания просек, доли (0,52–23,77%) видов с мелкими размерами особей и диморфных видов (45,26–90,03%), а также видов с широкими трансевразийскими ареалами (72,64–88,13%), распространенными преимущественно в температурной зоне [4–А, 5–А, 10–А, 12–А – 14–А].

5. Установлено, что на просеках разной степени зарастания ключевыми факторами, значимо ($p < 0,05$) влияющими на число особей и разнообразие жужелиц в большинстве случаев являлись показатели растительности, такие как высота (отрицательный эффект), проективное покрытие растительного покрова и число видов растений (положительный эффект). Тогда как в лесах наряду с проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса значимое ($p < 0,05$) влияние приобретают высота древостоя (положительный эффект), толщина мохового покрова и рН почвы (отрицательный эффект) [3–А, 14–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Представленные в диссертации результаты исследований внедрены в учебный процесс УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» (акт о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс кафедры зоологии и ботаники факультета химико-биологических и географических наук от 25.02.2022 г., два акта о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс кафедры экологии и географии факультета химико-биологических и географических наук от 25.02.2022 и используются при чтении лекций по дисциплинам экологического цикла, проведении зоолого-ботанических и экологических учебных практик студентов факультета химико-биологических и географических наук, при проведении научно-исследовательской работы студентов кафедры экологии и географии.

Выявленные новые местообитания видов, внесенных в Красную книгу Республики Беларусь, имеют важное значение в деятельности по охране природы на территории Белорусского Поозерья (справка о возможном практическом использовании результатов НИОКР от 24.03.2022 г. Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды).

Результаты исследований включены в информационные материалы для проведения экологических экскурсий на территории ГПУ «Ельня» (акт внедрения от 10.12.2021 г).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК

1–А. Лакотко, А. А. Карабидокомплексы (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Лучоской низменности / А. А. Лакотко, И. А. Литвенкова, Е. В. Шаматульская // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 1. – С. 50–56.

2–А. Лакотко, А. А. Экологическая структура комплексов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Лучоской низменности / А. А. Лакотко // Вестн. Гродн. гос. ун-та им. Я. Купалы. Сер. 5: Экономика. Социология. Биология. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 129–135.

3–А. Лакотко, А. А. Вырубки линий электропередач в сосновых лесах Белорусского Поозерья – как места обитания жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) / А. А. Лакотко, Г. Г. Сушко // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. – 2021. – № 1. – С. 15–28.

4–А. Лакотко, А. А. Зоогеографический анализ населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Белорусского Поозерья / А. А. Лакотко // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2021. – № 4. – С. 53–59.

Статьи в иностранных научных изданиях

5–А. Sushko, G. Diversity patterns of carabid beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages in the pine forest of Northern Belarus / G. Sushko, **A. Lakotko**, A. Miakinikova // Baltic J. of Coleopterol. – Vol. 20, № 2. – P. 225–234.

Материалы конференций

6–А. Лакотко, А. А. К изучению карабидокомплексов сосновых лесов / А. А. Лакотко, И. А. Литвенкова, Е. В. Шаматульская // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 70-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 15 февраля 2018 г. : в 2 т. / М-во образования Респ. Беларусь, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2018. – Т. 1. – С. 80–81.

7–А. Солодовников, И. А. Редкие и охраняемые жесткокрылые сосновых лесов стационара «Щитовка» / И. А. Солодовников, **А. А. Лакотко**, О. И. Хохлова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 70-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 15 февраля 2018 г. : в 2 т. / М-во образования Респ. Беларусь, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2018. – Т. 1. – С. 99–100.

8–А. Лакотко, А. А. Зоогеографический состав карабидокомплексов (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Белорусского Поозерья / А. А. Лакотко // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе : сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Вадима Анатольевича Цинкевича (1971–2018), Минск, 19–21 ноября 2019 г. / НАН Беларуси, ГНПО

«НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» [и др.] ; редкол.: А. В. Дерунков, А. В. Кулак, О. В. Прищепчик. – Минск, 2019. – С. 214–217.

9–А. Лакотко, А. А. Карабидокомплексы двух типов соснового леса / А. А. Лакотко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 71-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 14 февраля 2019 г. : в 2 т. / М-во образования Респ. Беларусь, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2019. – Т. 1. – С. 56–57.

10–А. Солодовников, И. А. Триба *Carabini Latreille, 1802* и триба *Cychrini Laporte, 1834* в сосновых лесах запада Белорусского Поозерья / И. А. Солодовников, **А. А. Лакотко** // Зоологические чтения – 2019 : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Гродн. зоол. парка, Гродно, 20–22 марта 2019 г. / Гродн. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: О. В. Янчуревич (отв. ред.), А. В. Рыжая, А. В. Каревский. – Гродно, 2019. – С. 269–271.

11–А. Лакотко, А. А. Роль сосновых лесов Белорусского Поозерья в сохранении редких видов жуужелиц / А. А. Лакотко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 72-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 20 февраля 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2020. – С. 67–68.

12–А. Лакотко, А. А. Характеристика карабидокомплекса просеки под ЛЭП в сосновом лесу / А. А. Лакотко // Экологическая культура и охрана окружающей среды: III Дорифеевские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 28–29 октября 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Витеб. гос. ун-т, Витеб. обл. ком. природных ресурсов и охраны окружающей среды ; редкол.: Г. Г. Сушко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск, 2020. – С. 135–136.

13–А. Лакотко, А. А. Влияние противопожарных полос в сосновых лесах на местообитания жуужелиц (*Coleoptera, Carabidae*) в Белорусском Поозерье / А. А. Лакотко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 73-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов, Витебск, 11 марта 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2021. – С. 62–63.

14–А. Сушко, Г. Г. Просеки в сосновых лесах как местообитания жуужелиц (*Coleoptera, Carabidae*) в Белорусском Поозерье / Г. Г. Сушко, **А. А. Лакотко** // Итоги и перспективы развития энтомологии в Восточной Европе : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Александра Михайловича Терёшкина (1953–2020), Минск, 1–3 декабря 2021 г. / НАН Беларуси, ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» [и др.] ; редкол.: О. В. Прищепчик, (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – С. 377–384.

РЭЗІЮМЭ

Лакотка Анатоль Аркадзьевіч
Біяразнастайнасць і экалагічная структура асамблей жужаляў
(Coleoptera, Carabidae) сасновых лясоў
Беларускага Паазер'я

Ключавыя словы: хваёвыя лясы, жужалі, асамблеі, біяразнастайнасць, экалагічная структура, экалагічныя фактары, Беларускае Паазер'е.

Мэта даследавання: выявіць асаблівасці біяразнастайнасці і экалагічнай структуры асамблей жужаляў (Coleoptera, Carabidae), а таксама фактары, якія вызначаюць іх дыферэнцыяцыю ў хваёвых лясах у Беларускам Паазер'і.

Метады даследавання: параўнальна-экалагічныя, энтамалагічныя, статыстычныя.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Упершыню выяўлены асаблівасці α - і β -разнастайнасці жужаляў у найбольш характэрных для Беларускага Паазер'я тыпах хваёвых лясоў, а таксама дадзена ацэнка экалагічных і экалагамарфалагічных паказчыкаў іх асамблей.

Упершыню выяўлены асаблівасці дынамікі біяразнастайнасці і экалагічныя фактары, якія іх абумовілі, у асамблях жужаляў пастаянна падтрымліваемых прасек у хваёвых лясах ва ўмовах Беларускага Паазер'я.

Рэкамендацыі па практычным выкарыстанні вынікаў: Выкарыстаны ў навучальным працэсе студэнтаў біялагічных спецыяльнасцяў ВНУ. Выяўлены новыя месцапражыванні відаў, унесены у Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь. Вынікі даследаванняў уключаны ў інфармацыйныя матэрыялы для правядзення экалагічных экскурсій на тэрыторыі ДПУ "Ельня", а таксама могуць быць прыменены пры складанні кадастра фауны рэгіёну.

Вобласці прымянення: экалогія, ахова прыроды, інвентарызацыя фауны, адукацыя і экалагічная асвета.

РЕЗЮМЕ

Лакотко Анатолий Аркадьевич

**Биоразнообразие и экологическая структура ассамблей жужелиц
(Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов
Белорусского Поозерья**

Ключевые слова: сосновые леса, жужелицы, ассамблеи, биоразнообразие, экологическая структура, экологические факторы, Белорусское Поозерье.

Цель исследования: выявить особенности биоразнообразия и экологической структуры ассамблей жужелиц (Coleoptera, Carabidae), а также факторы, определяющие их дифференциацию в сосновых лесах в Белорусском Поозерье.

Методы исследования: сравнительно-экологические, энтомологические, статистические.

Полученные результаты и их новизна: Впервые выявлены особенности α - и β -разнообразия жужелиц в наиболее характерных для Белорусского Поозерья типах сосновых лесов, а также и дана оценка экологических и эколого-морфологических показателей их ассамблей.

Впервые выявлены особенности динамики биоразнообразия и обуславливающие их экологические факторы в ассамблеях жужелиц постоянно поддерживаемых просек в сосновых лесах в условиях Белорусского Поозерья.

Рекомендации по практическому использованию результатов: Использованы в учебном процессе студентов биологических специальностей ВУЗа. Выявленные новые местообитания видов, внесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Результаты исследований включены в информационные материалы для проведения экологических экскурсий на территории ГПУ «Ельня», а также могут быть применены при составлении кадастра фауны региона.

Область применения: экология, охрана природы, инвентаризация фауны, образование и экологическое просвещение.

SUMMARY

Lakotko Anatoly Arkadievich

Biodiversity and ecological structure of ground beetles assemblages (Coleoptera, Carabidae) in the pine forests of the Belarusian Lakeland

Key words: pine forests, ground beetles, assemblages, biodiversity, ecological structure, ecological factors, Belarusian Lakeland.

The aims of the work the following: to identify the features of biodiversity and ecological structure of the ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae), as well as the factors that determine their differentiation in the pine forests in the Belarusian Lakeland.

Methods of research: comparative ecological, entomological, statistical.

The obtained results and their novelty: For the first time, the features of α - and β -diversity of ground beetles in the most characteristic types of pine forests for the Belarusian Lakeland were revealed, as well as an assessment of the ecological and ecological-morphological traits of their assemblies was given.

For the first time, the features of biodiversity dynamics and the ecological factors determining them in the assemblages of ground beetles of permanent maintained clearings in pine forests in the Belarusian Lakeland were revealed.

Recommendations for the usage of the obtained results: Used in the educational process for students of biological specialties of the university. Identified new habitats of species included in the Red Data Book of the Republic of Belarus. The results of the research are included in the information materials for conducting ecological excursions on the territory of the “Yelnya” State Nature Reserve, and can also be used in compiling the cadastre of the fauna of the region.

Field of application: ecology, nature conservation, fauna inventory, education and environmental enlightenment.

Подписано в печать 25.11.2022 Формат 60x84_{1/16} Бумага офсетная
Печать цифровая Усл.печ.л. 1,3 Уч.изд.л. 1,4 Тираж 60 экз. Заказ 5317
ИООО «Право и экономика» 220072 Минск Сурганова 1, корп. 2 Тел. 8 029 684 18 66
Отпечатано на издательской системе Gestetner в ИООО «Право и экономика»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий, выданное
Министерством информации Республики Беларусь 17 февраля 2014 г.
в качестве издателя печатных изданий за № 1/185