



DOI 10.23859/estr-230416

EDN SKYVFH

УДК 595.7: 574.22

Научная статья

Влияние опушек на численность насекомых в лесах центра европейской части России

А.Б. Ручин 

Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича и национального парка «Смольный», 430005, Россия, г. Саранск, ул. Красная, д. 30

ruchin.alexander@gmail.com

Аннотация. Опушки лесов являются экотонами на границе закрытых (лес) и открытых (луг, поле) экосистем. Это своеобразные места обитания самых различных насекомых, которые способны проникать через эти границы и влиять на функционирование пограничных экосистем. За последние годы количество опушек увеличилось вследствие антропогенной фрагментации лесов. С помощью пивных ловушек мы исследовали численность насекомых на 3 экспериментальных участках, представлявших собой открытую экосистему с расположенным рядом листовым лесом. Ловушки располагались на опушках и внутри леса на высоте 1.5 и 7.5 м над уровнем почвы. В общей сложности было собрано 46116 экземпляров из 10 отрядов насекомых. На опушках всех участков суммарная численность отрядов была выше, чем внутри лесных участков. *Dermaptera*, *Mecoptera* и *Trichoptera* преобладали на опушке. На опушках численность *Blattodea* была выше в 3.3 раза, чем внутри леса. Численность *Hemiptera* в ловушках была небольшой с преобладанием на нижнем уровне. *Blattodea* во всех местоположениях многократно преобладали внизу. Общая численность *Coleoptera* на опушках была ниже (за исключением участка с березняком). Численность *Hymenoptera* на опушках и внутри леса, а также в нижних и верхних ловушках не отличались. Численность *Diptera* на всех участках была выше на опушках и всегда в нижнем ярусе. *Neuroptera* преобладали на верхнем уровне ловушек как на опушках, так и внутри леса.

Ключевые слова: пивные ловушки, ферментные кроновые ловушки, обилие, биоразнообразие

Финансирование. Исследования выполнены при финансировании Российского научного фонда (грант № 22-14-00026).

ORCID:

А.Б. Ручин, <https://orcid.org/0000-0003-2653-3879>

Для цитирования: Ручин, А.Б., 2024. Влияние опушек на численность насекомых в лесах центра европейской части России. *Трансформация экосистем* 7 (4), 187–204. <https://doi.org/10.23859/estr-230416>

Поступила в редакцию: 16.04.2023

Принята к печати: 13.07.2023

Опубликована онлайн: 06.12.2024

DOI 10.23859/estr-230416

EDN SKYVFH

UDC 595.7: 574.22

Article

Edge effects on insect abundance in the forests of Central European Russia

A.B. Ruchin 

Joint Directorate of the Mordovia State Nature Reserve and National Park “Smolny”, Krasnaya St. 30, Saransk, 430005 Russia

ruchin.alexander@gmail.com

Abstract. Forest edges are ecotones on the boundary of closed (forest) and open (meadow, field) ecosystems. These are peculiar habitats for a variety of insects which can traverse these boundaries and influence the functioning of adjacent ecosystems. They have become more prevalent in recent years due to anthropogenic fragmentation. Using beer traps, we investigated the number of insects in three locations. Each location represented an open natural ecosystem (a large glade in a forest, a meadow) or an artificially created ecosystem (agroecosystem) and a nearby deciduous forest. The traps were placed on trees at two levels (1.5 and 7.5 m above the soil) at the edges and in the forest interior (300–350 m from the edge). A total of 46116 specimens were collected from ten orders. At the edges in all locations, the total abundance of all orders of insects is higher than inside the forest areas. Dermaptera, Mecoptera and Trichoptera dominated at the edge. The number of Hemiptera in the traps was small, with predominance in the lower traps. Blattodea in all locations dominated at the bottom (the total abundance in the lower traps was 12.5 times higher than in the upper traps). At the edges, the abundance of Blattodea was 3.3 times higher than in the forest interior. The total abundance of Coleoptera at the edges was lower (with the exception of one location). The number of Hymenoptera at the edges and in the forest interior, as well as in the lower and upper traps, did not differ. The number of Diptera in all locations was higher at the edges and always in the lower layer. At the level of 7.5 m, the number of Neuroptera was higher both at the edges and in the forest interior.

Keywords: beer traps, fermental crown traps, number, biodiversity

Funding. This research was supported by the Russian Scientific Foundation, grant No. 22-14-00026.

ORCID:

A.B. Ruchin, <https://orcid.org/0000-0003-2653-3879>

To cite this article: Ruchin, A.B., 2024. Edge effects on insect abundance in the forests of Central European Russia. *Ecosystem Transformation* 7 (4), 187–204. <https://doi.org/10.23859/estr-230416>

Received: 16.04.2023

Accepted: 13.07.2023

Published online: 06.12.2024

Введение

Структура местообитаний имеет ключевое значение для состава сообщества, поскольку каждый конкретный биотоп имеет определенный набор экологических ниш, доступных для видов. Сокращение площади лесных ландшафтов вызывает озабоченность во всем мире. Глобальное обезлесение в основном вызывается антропогенными факторами, в частности, лесозаготовками, расширением сельскохозяйственных площадей и урбанизацией (Haddad et al., 2015; Hansen et al., 2013; Sayadi et al., 2022; Shashkov et al., 2022; Singh and Singh, 2023; Tiberio et al., 2022).

Фрагментация лесов значительно увеличивает количество опушечных местообитаний. Лесные опушки часто отличаются повышенной видовой насыщенностью и обилием (т.н. краевой эффект) и влияют на пространственное поведение видов и динамику их взаимодействия (Helsen et al., 2007; Caminha-Paiva et al., 2022; Masoudi et al., 2022; Wagle et al., 2022). В частности, структура опушек обеспечивает укрытие для насекомых, а наличие дополнительных пищевых ресурсов позволяет обитать там насекомым из пограничных экосистем: как лесных, так и луговых (Castro et al., 2010; Schlegel, 2022; Tóthmérész et al., 2014).

Многочисленные исследования продемонстрировали положительное влияние хорошо структурированных опушек на биоразнообразие самых различных групп беспозвоночных, например, Araneae (Downie et al., 1996), Coleoptera (Magura, 2002), Lepidoptera (Ries and Sisk, 2008). Разнообразие видов бабочек было выше на опушках, чем в местообитаниях в глубине леса, особенно в сосновых насаждениях. Из 23 наиболее распространенных видов Lepidoptera семь видов были значительно более распространены в одном или во всех типах пограничных местообитаний (van Halder et al., 2011). Видовой состав Coleoptera постепенно менялся с удалением от опушки до 25 м вглубь леса (Baker et al., 2007). Видовой состав растений-хозяев и галлообразующих насекомых-вредителей различался между опушкой и внутренней частью лесных участков, однако при этом богатство насекомых-вредителей не отличалось (Julião et al., 2004). Тип прилегающей открытой местности (сплошная вырубка или безлесное болото) не влияли на численность членистоногих на изученных участках. Общее обилие членистоногих, а также численность летающих насекомых и жуков уменьшались по направлению от опушки леса к внутренней части древостоя (Jokimäki et al., 1998). С другой стороны, менее сложные опушки в прилегающих экосистемах определяют снижение численности и разнообразия насекомых в этих местах. Так, распределение видов насекомых отличалось на опушках между зрелыми, неуправляемыми еловыми насаждениями и сплошными рубками или молодыми саженцами, но не в сосновых насаждениях (Peltonen et al., 1997).

Цель данного исследования – определить влияние краевого эффекта и высоты расположения ловушек на численность насекомых.

Материалы и методы

Исследования проводились с апреля по сентябрь 2021–2022 гг. на территории Республики Мордовия, расположенной на стыке Приволжской возвышенности и Окско-Донской низменности (Восточно-Европейская равнина). Районы исследования находились в пределах Окско-Донской низменности. Граница между Окско-Донской равниной и Приволжской возвышенностью нечеткая и в современном рельефе не выражена. Растительный покров равнины представлен в основном лесными сообществами и открытыми пространствами (луга, агроэкосистемы и пр.). Для них характерна достаточно четкая приуроченность к разным элементам рельефа и почвенному покрову. Современный растительный покров изученной территории в значительной степени изменен хозяйственной деятельностью (Артемова и Леонова, 2011).

Было исследовано 3 участка. Каждый участок представлял собой открытую естественную экосистему (крупная поляна в лесу – №3, луг – №1) или искусственную агроэкосистему (№2) с расположенным рядом лиственным лесом (Табл. 1).

На всех изученных участках лес примыкал вплотную к открытой экосистеме. На границе открытого пространства и леса образовывалась лесная опушка, расположенная с западной стороны лесного массива. На каждой опушке одновременно устанавливали две ловушки (т.е. две повторности) снизу на высоте 1.5 м, а также две ловушки на высоте 7.5 м над землей. Расстояние между парами ловушек составляло 40–50 м. Такой же набор ловушек устанавливали под пологом леса на контрольной площадке, расположенной на расстоянии 300–350 м от опушки. Таким образом, на каждом исследованном участке находилось 8 ловушек. Все ловушки устанавливали на ветвях деревьев.

Табл. 1. Краткое описание исследованных местообитаний.

№	Участок	Лесной	Ярус растительности	
			Кустарниковый	Травянистый
1	Темниковский район (N 54.7278 E 43.3247)	Березовый лес из <i>Betula pendula</i> с проективным покрытием 50%. Плотность кроны низкая, солнечный свет хорошо проникает вглубь леса. Рядом расположен луг.	Ярус разрезен по опушке, состоит из <i>Salix caprea</i> , <i>S. cinerea</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Frangula alnus</i> и <i>Sorbus aucuparia</i> . Кустарниковый ярус внутри леса хорошо выражен и представлен <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Frangula alnus</i> и растущими осинами.	В травяно-кустарниковом ярусе преобладают <i>Pimpinella saxifraga</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Viola canina</i> , <i>Melampyrum nemorosum</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> и др.
2	Краснослободский район (N 54.4813 E 43.5221)	Дубовый лес из <i>Quercus robur</i> с примесью хвойных пород; рядом расположена агроэкосистема (в исследуемый год – пшеничное поле). В глубине леса в первом ярусе доминируют <i>Quercus robur</i> и <i>Betula pendula</i> . Второй ярус состоит из березы повислой, лиственницы сибирской.	Кустарниковый ярус (проективное покрытие 30%) представлен <i>Sorbus aucuparia</i> и подлеском <i>Quercus robur</i> и <i>Malus domestica</i> .	В глубине леса кустарниковый и травянистый ярус слабо выражен из-за высокой плотности кроны первого яруса. Травянистый покров разрежен и состоит из <i>Stellaria holostea</i> (40%), <i>Aegorodion podagraria</i> (20%), <i>Glechoma hederacea</i> (8–10%), <i>Geum urbanum</i> и др. Травяно-кустарниковый ярус (проективное покрытие 70%) состоит из <i>Galium mollugo</i> , <i>Viola hirta</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Pimpinella saxifraga</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Filipendula vulgaris</i> , <i>Campanula trachelium</i> , <i>C. rapunculoides</i> , <i>Glechoma hederacea</i> , <i>Poa nemorosa</i> и др.
3	Темниковский район (N 54.7280 E 43.1519)	Большая поляна площадью 0.93 га. Расположена в центре леса. С южной стороны она ограничена озером. На северной, западной и восточной сторонах проходит граница лиственных и смешанных лесов с <i>Quercus robur</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Betula alba</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Alnus glutinosa</i> .	Подлесок хорошо развит, представлен кустарниками <i>Euonymus verrucosa</i> , <i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Frangula alnus</i> .	На поляне растут в значительном количестве <i>Carex praecox</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Bromopsis inermis</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Dactylis glomerata</i> . Присутствует некоторое количество <i>Acinos arvensis</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Galium mollugo</i> , <i>Veronica prostrata</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Fragaria viridis</i> , <i>Erigeron annuus</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Verbascum thapsus</i> , <i>Rumex confertus</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Alchemilla</i> sp. и другие травянистые растения произрастают спорадически.

Для отлова использовали простые ловушки собственной конструкции с приманками. В качестве ловушки выступал 5-литровый пластиковый контейнер с окошком (10×10 см), вырезанным с одной стороны на расстоянии 10 см от дна. Для приманки использовали пиво (пивные ловушки). Для сбраживания к ним добавляли сахар и мед (Ruchin et al., 2020). Всего проведено 32 эксперимента. Определение до вида в большинстве случаев не проводилось. Отряды и семейства насекомых приводятся в соответствии с публикацией Z.-Q. Zhang (2013). В общей сложности в экспериментах было отловлено более 46000 особей.

Результаты

В ловушках были идентифицированы представители 10 отрядов насекомых (Табл. 2). Среди них по численности преобладали Lepidoptera, Coleoptera и Hymenoptera. Blattodea и Neuroptera были представлены незначительным числом экземпляров (более 100, но менее 200); остальные отряды в ловушках по численности не превышали 100 экземпляров.

Наши исследования показали, что численность насекомых на опушках выше, чем внутри леса: на 18.3% для участка № 1, 41.3% – для № 2 и 36.0% – для № 3. За все время экспериментов наибольшее количество экземпляров насекомых было отловлено в № 3, а наименьшее – в № 2.

Dermaptera были отмечены только на № 3 с преобладанием на опушке. Mecoptera и Trichoptera отмечены также в основном на опушках на № 3 и № 2. По численности Mecoptera преобладали в нижних ловушках и на опушках леса (Рис. 1, 2). Численность Hemiptera в ловушках была небольшой, при этом в основном они встречались в нижних ловушках, а в верхних ловушках обнаруживались единично.

Как и Hemiptera, представители отряда Blattodea во всех местоположениях преобладали в нижних ловушках (суммарная численность здесь была в 12.5 раза выше, чем в верхних), причем как на опушках, так и внутри леса. Кроме того, на опушках численность Blattodea в 3.3 раза превосходила аналогичный показатель внутри леса. Противоположная зависимость обнаружилась

Табл. 2. Общее разнообразие и численность уловов насекомых на разных участках.

Отряд	Участок № 1		Участок № 2		Участок № 3		Всего
	Опушка	Внутри леса	Опушка	Внутри леса	Опушка	Внутри леса	
Dermaptera	0	0	0	0	4	1	5
Blattodea	3	6	85	27	36	5	162
Hemiptera	1	0	7	2	4	5	19
Hymenoptera	148	171	78	54	792	597	1840
Coleoptera	2811	2478	932	1568	1276	2069	11134
Neuroptera	4	3	10	3	47	49	116
Trichoptera	0	0	1	0	4	3	8
Lepidoptera	2468	1787	2781	1808	3599	2478	14921
Diptera	1383	1319	2892	1341	6858	4078	17871
Mecoptera	0	0	0	1	26	13	40
Всего	6818	5764	6786	4804	12646	9298	46116

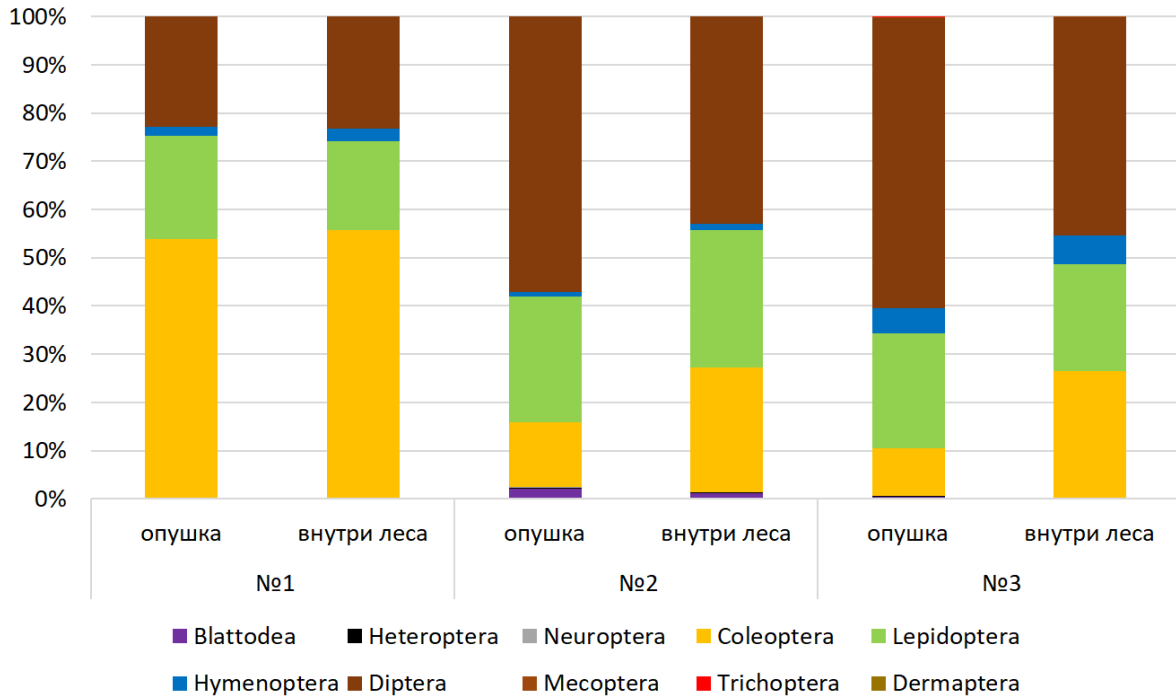


Рис. 1. Процентное соотношение отрядов насекомых на опушках и внутри леса на высоте 1.5 м в лесах центра Европейской России.

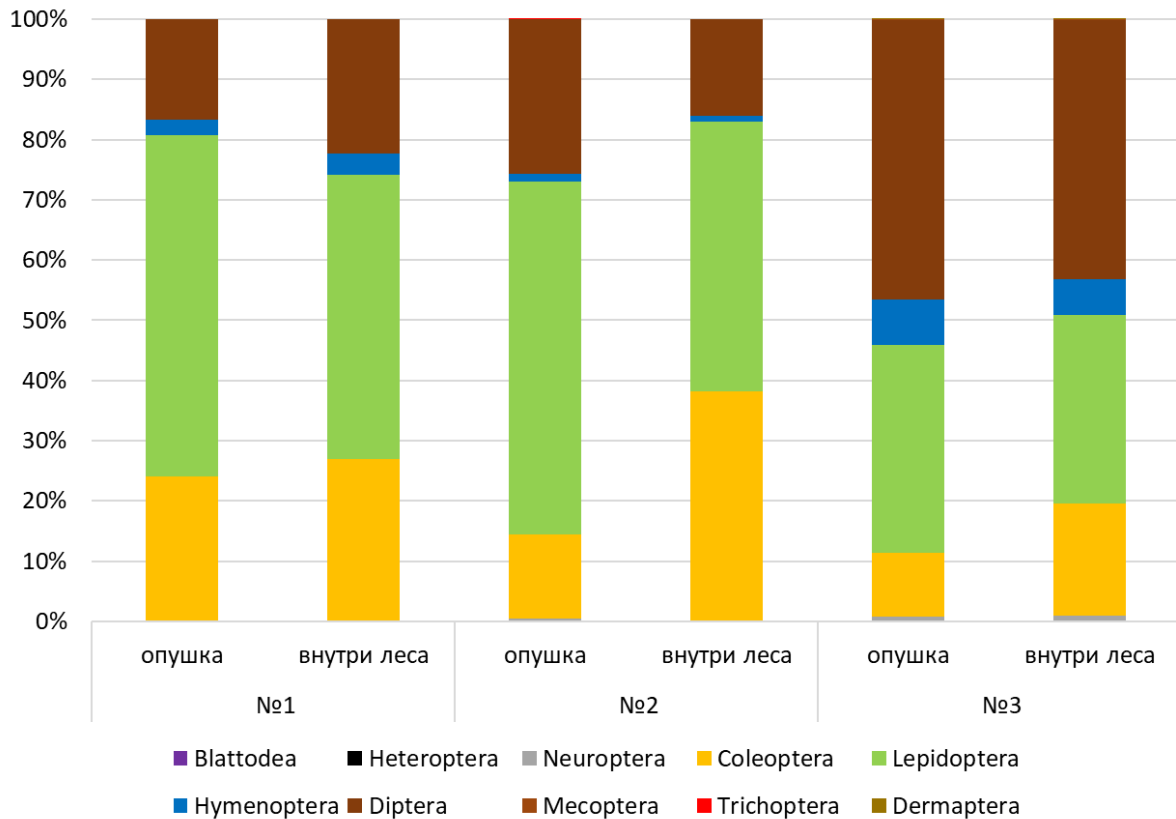


Рис. 2. Процентное соотношение отрядов насекомых на опушках и внутри леса на высоте 7.5 м в лесах центра Европейской России.

для Neuroptera, численность которых была выше в 1.3 раза в верхних ловушках на всех исследованных участках. Численность Hymenoptera на опушках и внутри леса, а также в нижних и верхних ловушках достоверно не отличалась (Рис. 1, 2).

Общая численность Coleoptera на опушках была ниже (за исключением № 1, где этот показатель на опушке немного превосходил численность внутри леса). При этом в большинстве случаев численность в нижних ловушках была выше, чем в верхних (Рис. 1, 2). Наиболее высокие суммарные значения численности Lepidoptera были получены в опушечных биотопах. При этом показатели для каждой из ловушек на опушках были выше, чем данные аналогичных по высоте ловушек внутри леса. Численность Diptera на всех участках была выше на опушках и в нижнем ярусе.

Обсуждение

Пограничные местообитания (эктоны) обычно демонстрируют абиотическое и биотическое сходство с прилегающими открытыми и закрытыми экосистемами, но могут также иметь специфические особенности. Опушки лесов представляют собой более или менее резкую переходную зону, которая может поддерживать сообщества видов, хорошо адаптированных к этому типу среды, служить вторичным убежищем для видов из соседних местообитаний или ограничивать появление некоторых чувствительных лесных видов (Magura and Lövei, 2020; Murcia, 1995; Schlegel, 2022; Tóthmérész et al., 2014). Кроме того, изучение вертикального распределения членистоногих в лиственных лесах умеренного пояса показало, что в разных ярусах леса на опушках существуют сообщества насекомых, отличающиеся друг от друга (Ulyshen, 2011).

Из Dermaptera в образцах был представлен *Forficula auricularia* L., 1758. Этот вид может обнаруживаться на деревьях случайно, поскольку его основной средой обитания являются поверхность почвы и травянистый ярус (Irmeler and Hingst, 1993). Однако в пивные ловушки с приманкой он часто попадает, причем даже на высоте до 10 м (Dvořák and Tětal, 2013; Ruchin, 2021). Из Hemiptera в ловушках были зарегистрированы представители семейств Miridae, Pentatomidae, Cicadidae. Все они являются обитателями в основном травянистого и кустарникового лесных ярусов. Поэтому неудивительно их присутствие в основном в нижних ловушках.

Тараканы *Ectobius lapponicus* (L., 1758) и *Ectobius sylvestris* (Poda, 1761), отмеченные нами, являются обычными представителями лесной фауны умеренной зоны. Взрослые самцы и нимфы обычно встречаются на невысокой растительности (травы, кустарники), в то время как самки чаще обнаруживаются в опавших листьях и гниющей древесине (Holuša and Kočárek, 2000). Питаются оба вида растительными остатками, жидкой пищей, гниющими растениями (Schal et al., 1984). По многим данным (Clements et al., 2013; Holuša and Kočárek, 2000) и нашим наблюдениям, эти виды отдают предпочтение опушкам лесов, полянам, просекам, т.е. достаточно освещенным биотопам, хотя нередки и в глубине лесных массивов.

Зафиксированная нами численность представителей отряда Hymenoptera (в основном семейства Vespidae) на опушках и внутри леса на разных высотах не отличались, что расходится с результатами других исследований. Это может быть связано с различиями в методиках учета численности. Например, J.P. Torretta и H.J. Marrero (2019) не обнаружили достоверной разницы в вертикальном распределении некоторых групп Hymenoptera в лесах Аргентины. Исследование F. Giovanni et al. (2017) показывает, что основная часть сообщества Sphecidae в подлеске состоит из видов, которые охотятся на двукрылых и пауков. В то же время виды, чаще встречающиеся в пологе леса, являются в основном хищниками фитофагов, таких как тли, трипсы и сеноеды. В работе M.D. Ulyshen с соавторами (2011) почти все из 522 собранных экземпляров ос из 8 видов были пойманы в ловушки, расположенные в пологе леса, в то время как близко к земле был пойман только 1% особей. Жесткокрылые, двукрылые и перепончатокрылые были более разнообразны и многочисленны на опушке леса (González et al., 2017).

Судя по публикациям, есть определенная зависимость численности видов и семейств Coleoptera от места взятия проб на опушках и внутри лесов; кроме того, наблюдается вертикальная стратификация. Например, для лесных полей характерна более высокая численность Vuprestidae, чем для опушек леса (Wermelinger et al., 2007). Численность Curculionidae в глубине леса была выше (Peltonen and Heliövaara, 1998). Лесные виды Carabidae способны проникать вглубь пастбищ на расстояние до 30 м от опушки леса (Rocca et al., 2021). J.D. Allison et al. (2019) обнаружили три различные модели горизонтального градиента для видов Cerambycidae. Два вида были более распространены на открытых полях, чем в глубине леса, один вид более распространен на опушке

леса, чем внутри, и пять видов более распространены в глубине леса, чем на прилегающем открытом поле. Численность и видовое богатство Scolytidae и Cerambycidae были выше в пологе леса и на опушках по сравнению с ловушками на открытой местности (Dodds, 2011).

В наших исследованиях на участках № 2 и № 3 численность Coleoptera была выше внутри леса, однако на участке № 1 наблюдалась противоположная тенденция. Этот участок представляет собой березовый лес, который отличается от других участков прозрачностью крон деревьев первого яруса, что повышает освещенность и дает возможность хорошо развиваться кустарникам и травам. Возможность проникновения активных Coleoptera в глубину лесных массивов описаны для многих семейств (Huber and Baumgarten, 2005; Maguire et al., 2016).

На участке № 2 к лесу вплотную примыкает агроэкосистема. Численность Coleoptera в нижних ловушках на опушке и внутри леса почти одинаковы, однако в верхних ловушках внутри леса этот показатель почти в 2 раза выше, чем на опушке. Сомкнутость крон деревьев первого яруса на этом участке достаточно высокая, и в нижние ярусы света проникает мало. Соответственно, численность Coleoptera внутри леса повышается в местах, которые освещены солнцем, т.е. в кронах. Это подтверждает тот факт, что вертикальная стратификация насекомых в лесах зависит от доступности солнца/открытости среды обитания (Ruchin and Egorov, 2021; Ruchin et al., 2022; Vodka and Cizek, 2013).

Численность Lepidoptera была выше на опушках, чем внутри леса. Как известно, открытые солнечные опушки являются наиболее предпочитаемыми для многих видов бабочек (Mathew, 1994; Melo et al., 2019). Лесные опушки способны функционировать как сильные фильтры на ландшафте, создавая уникальные скопления видов Lepidoptera, которые отличаются от соседних лесных местообитаний. Численность, наблюдаемая в этих экотонах, была выше, чем на вырубках, но ниже, чем в лесах (Pinksen et al., 2021).

Для многих Diptera также было установлено влияние опушек на численность. Например, зимой общая численность Drosophilidae значительно выше внутри лесов, чем на опушке, однако летом подобный эффект не наблюдался. Некоторые виды Drosophilidae вообще встречаются или только на опушке, или только внутри леса (Mendes et al., 2021). Сходные данные получены при изучении распределения Culicidae, численность которых достоверно возрастала на опушках, но в определенные сезоны года (Costa et al., 2023). Наибольшая численность и наименьшее видовое разнообразие Calliphoridae были характерны для опушечных местообитаний, тогда как внутри лесов наблюдалась противоположная тенденция (Gadelha et al., 2015).

Результаты наших исследований в отношении Neuroptera (семейство Chrysopidae) согласуются с данными некоторых других публикаций. Численность Neuroptera была выше в верхних ловушках на всех исследованных участках. По данным некоторых авторов, в пологе сосновых и смешанных лесов в Польше обнаружилось 22–28 видов (Czechowska, 1994). Наибольшее число видов Neuroptera на пяти разных лесных участках было отловлено именно в кронах деревьев (Gruppe and Schubert, 2001). С. Saure and K.H. Kleihorn (1993) поймали 22 и 24 вида в кронах сосны и дуба, соответственно. По данным P. Duelli et al. (2002), Neuroptera демонстрировали максимальную численность в кустарниковом ярусе и в кронах. В глубине леса численность видов также достигала наибольших значений именно в пологе леса. Наблюдаемое предпочтение крон деревьев указывает на теплолюбивость многих Chrysopidae в умеренном климате (Aspöck et al., 2001).

Среда обитания Mecoptera в лесах умеренной зоны – это подлесок, растительные сообщества на берегах лесных ручьев, заболоченных лугов, иногда садов и парков; умеренно влажные лиственные смешанные леса. Численность Mecoptera была выше в нижних ловушках и на опушках леса. Представители отряда часто обнаруживаются на хорошо освещенных опушках леса и полянах (Dvořák et al., 2023; Lange, 2008; Ruchin et al., 2021). Наши сведения подтверждают указанные данные из публикаций других авторов.

В соответствии с нашими ожиданиями, численность летающих насекомых была выше на опушке, чем внутри леса; сходные результаты описаны и в других публикациях. Так, наибольшие разнообразие и численность некоторых групп насекомых отмечались на опушке леса, а наименьшие – на расстоянии 100–150 м от нее (Darsono et al., 2020). Неоднократно регистрировалось увеличение численности наземных членистоногих на опушках (Downie et al., 1996; Lacasella et al., 2015; Magura, 2002). В то же время опубликованы и противоположные данные: например, снижение численности навозных жуков наблюдалось именно вблизи опушек (Villada-Bedoya et al., 2017). Еще в одном исследовании численность местных видов членистоногих была выше в глубине леса, чем на опушках или в промежуточных местах обитания (Tsafack et al., 2023).

Подробный анализ влияния опушек на летающих насекомых с помощью ловушек перехвата провели М.Ж. Stone с соавторами (2018). Они отметили, что в пределах полога леса расстояние от опушки вглубь леса не оказывает никакого влияния. Анализ не выявил видоспецифического увеличения численности, связанного ни с опушкой, ни с внутренней частью леса. Авторы предположили две причины наблюдаемого эффекта. Во-первых, сообщества насекомых, обитающие в различных ярусах растительности под пологом леса, могут по-разному реагировать на опушки. Ряд исследований во многих лесных экосистемах выявили значительные различия в биоразнообразии и численности насекомых по вертикали (Birtele and Hardersen, 2012; Dvořák et al., 2020; Graham et al., 2012; Kirstová et al., 2017; Procházka et al., 2018; Ruchin and Egorov, 2021; Ruchin et al., 2022). Во-вторых, от яруса к ярусу изменяются абиотические свойства, например, влажность, солнечная радиация, температурный режим и др. (Kirstová et al., 2017; Procházka et al., 2018; Ruchin, 2021; Stone et al., 2018). Значения этих факторов в пологе леса на опушках и в его внутренней части более схожи между собой, чем в приземном ярусе, где факторов больше и действуют они взаимосвязано. В кронах же создаются микроклиматические условия, способствующие разнообразию энтомофауны (высокие температуры из-за солнечной радиации, замедление ветра в кронах, ведущее к повышению влажности и ее слабым колебаниям в затененных местах).

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует сильное проявление краевого эффекта для многих групп беспозвоночных. Общая численность насекомых на всех исследованных участках была выше на опушках, чем внутри лесных участков. Воздействие опушки леса определяется структурой опушки, самого лесного массива и прилегающего открытого местообитания. Варианты реакции сообщества насекомых на опушки могут также объясняться различными экологическими особенностями почвы и полога. Границы, созданные естественными экологическими процессами (экотоны), проницаемы для активных видов насекомых при условии прозрачности первого яруса леса. Определенную роль в распределении насекомых играет вертикальная стратификация. Каждая группа насекомых преобладала в той или иной горизонтально-вертикальной плоскости на лесных участках. Некоторые из отрядов по численности преобладали на опушках, другие внутри лесных массивов. Наши результаты указывают на то, что усилия по обследованию и обнаружению видов должны учитывать размещение ловушек вдоль горизонтальных и вертикальных градиентов.

Список литературы

- Артемова, С.Н., Леонова, Н.А. Морфологическая структура ландшафтов Окско-Донской равнины в пределах Пензенской области. *Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского* **25**, 652–660.
- Allison, J.D., Strom, B., Sweeney, J., Mayo, P., 2019. Trap deployment along linear transects perpendicular to forest edges: Impact of capture of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Pest Science* **92**, 299–308.
- Aspöck, H., Hölzel, H., Aspöck, U., 2001. Kommentierter Katalog der Neuropterida (Insecta: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera) der Westpaläarktis. *Denisia* **2**, 1–606.
- Baker, S.C., Barmuta, L.A., McQuillan, P.B., Richardson, A.M.M., 2007. Estimating edge effects on ground-dwelling beetles at clearfelled non-riparian stand edges in Tasmanian wet eucalypt forest. *Forest Ecology and Management* **239**, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.11.012>
- Birtele, D., Hardersen, S., 2012. Analysis of vertical stratification of Syrphidae (Diptera) in an oak-hornbeam forest in northern Italy. *Ecological Research* **27**, 755–763.
- Caminha-Paiva, D., Gomes, V.M., Cunha-Blum, J., Alves, M.J.P., Rosa, D.C.P. et al., 2022. Floristic mosaics of the threatened Brazilian campo rupestre. *Nature Conservation Research* **7** (1), 10–18. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.004>
- Castro, S.A., Daehler, C.C., Silva, L., Torres-Santana, C.W., Reyes-Betancort, J.A. et al., 2010. Floristic homogenization as a teleconnected trend in oceanic islands. *Diversity and Distributions* **16**, 902–910. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00695.x>

- Clements, J.C., Doucet, D.A., McCorquodale, D.B., 2013. Establishment of a European cockroach, *Ectobius lapponicus* (L.) (Dictyoptera: Blattodea), in the Maritime Provinces of eastern Canada. *Journal of the Acadian Entomological Society* **9**, 4–7.
- Costa, L.N.P., Novais, S., Oki, Y., Fernandes, G.W., Borges, M.A.Z., 2023. Mosquito (Diptera: Culicidae) diversity along a rainy season and edge effects in a riparian forest in Southeastern Brazil. *Austral Ecology* **48**, 41–55. <https://doi.org/10.1111/aec.13250>
- Czechowska, W., 1994. Neuropterans (Neuropteroidea: Raphidioptera, Planipennia) of the canopy layer in pine forests. *Fragmenta Faunistica* **36**, 459–467.
- Darsono, Riwidharso, E., Santoso, S., Sudiana, E., Yani, E. et al., T., 2020. Insect diversity in various distances to forest edge in small nature reserve: A case study of Bantarbolang Nature Reserve, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas* **21**, 4821–4828. <https://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d211048>
- Dodds, K.J., 2011. Effects of habitat type and trap placement on captures of bark (Coleoptera: Scolytidae) and longhorned (Coleoptera: Cerambycidae) beetles in semiochemical-baited traps. *Journal of Economic Entomology* **104** (3), 879–888. <https://doi.org/10.1603/EC10358>
- Downie, I.S., Coulson, J.C., Butterfield, J.E.L., 1996. Distribution and dynamics of surface-dwelling spiders across a pasture-plantation ecotone. *Ecography* **19** (1), 29–40. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1996.tb00152.x>
- Duelli, P., Obrist, M.K., Flückiger, P.F., 2002. Forest edges are biodiversity. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **48** (Supplement 2), 75–87.
- Dvořák, L., Dvořáková, K., Oboňa, J., Ruchin, A.B., 2020. Selected Diptera families caught with beer traps in the Republic of Mordovia (Russia). *Nature Conservation Research* **5** (4), 65–77. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.057>
- Dvořák, L., Ruchin, A.B., Egorov, L.V., Aleksanov, V.V., Alekseev, S.K., Shulaev, N.V., Zakharova, E.Yu., 2023. Distribution of species from the genus *Panorpa* (Mecoptera, Panorpidae) in European Russia except the Caucasus. *Nature Conservation Research* **8** (1), 24–33. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2023.001>
- Dvořák, L., Tětal, I., 2013. Earwigs (Dermaptera) on heathlands and their surroundings in Western Bohemia (Czech Republic): results of monitoring using pitfall traps. *Erica, Plzeň* **20**, 141–150.
- Gadelha, B.Q., Ribeiro, A.C., Aguiar, V.M., Mello-Patiu, C.A., 2015. Edge effects on the blowfly fauna (Diptera, Calliphoridae) of the Tijuca National Park, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **75** (4), 999–1007. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.05614>
- Giovanni, F., Mei, M., Cerretti, P., 2017. Vertical stratification of selected Hymenoptera in a remnant forest of the Po Plain (Italy, Lombardy) (Hymenoptera: Ampulicidae, Crabronidae, Sphecidae). *Fragmenta Entomologica* **49** (1), 71–77.
- González, E., Salvo, A., Valladares, G., 2017. Natural vegetation cover in the landscape and edge effects: differential responses of insect orders in a fragmented forest. *Insect Science* **24**, 891–901.
- Graham, E.E., Poland, T.M., McCullough, D.G., Millar, J.G., 2012. A comparison of trap type and height for capturing cerambycid beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology* **105**, 837–846.
- Gruppe, A., Schubert, H., 2001. The spatial distribution and plant specificity of Neuropterida in different forest sites in Southern Germany (Raphidioptera and Neuroptera). *Beiträge zur Entomologie* **51**, 517–527.

- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A. et al., 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* **1** (2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A. et al., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **342**, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Helsen, H., Trapman, M., Polfliet, M., Simonse, J., 2007. Presence of the common earwig *Forficula auricularia* L. in apple orchards and its impact on the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). *IOBC/WPRS Bulletin* **30**, 31–35.
- Holuša, J., Kočárek, P., 2000. Seasonal dynamics of the dusky cockroach *Ectobius lapponicus* (Blattodea, Blattellidae) in the eastern part of the Czech Republic. *Biologia, Bratislava* **55**, 483–486.
- Huber, C., Baumgarten, M., 2005. Early effects of forest regeneration with selective and small scale clear-cutting on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in a Norway spruce stand in Southern Bavaria (Höglwald). *Biodiversity and Conservation* **14**, 1989–2007. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-2528-4>
- Jokimäki, J., Huhta, E., Itämies, J., Rahko, P., 1998. Distribution of arthropods in relation to forest patch size, edge, and stand characteristics. *Canadian Journal of Forest Research* **28** (7), 1068–1072. <https://doi.org/10.1139/x98-074>
- Julião, G., Amaral, M., Fernandes, G., Oliveira, E.G., 2004. Edge effect and species-area relationships in the gall-forming insect fauna of natural forest patches in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation* **13**, 2055–2066. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000040006.81958.f2>
- Irmeler, U., Hingst, R., 1993. Ecology of the earwig *Chelidurella acanthopygia* (Dermaptera) in Schleswig-Holstein (Northern Germany). *Faunistisch-Oekologische Mitteilungen* **6** (9), 377–390.
- Kirstová, M., Pyszko, P., Šipoš, J., Drozd, P., Kočárek, P., 2017. Vertical distribution of earwigs (Dermaptera: Forficulidae) in a temperate lowland forest, based on sampling with a mobile aerial lift platform. *Entomological Science* **20** (1), 57–64.
- Lacasella, F., Gratton, C., De Felici, S., Isaia, M., Zapparoli, M., Sbordoni, V., 2015. Asymmetrical responses of forest and “beyond edge” arthropod communities across a forest-grassland ecotone. *Biodiversity and Conservation* **24**, 447–465. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0825-0>
- Lange, L., 2008. Faunistische Notizen: Beitrag zur Verbreitung der Skorpionsfliegen (Panorpa) im Kreis Steinburg (Schleswig-Holstein). *Faunistisch-ökologische Mitteilungen* **9**, 61–70.
- Maguire, D.Y., Buddle, C.M., Bennett, E.M., 2016. Within and among patch variability in patterns of insect herbivory across a fragmented forest landscape. *PLoS ONE* **11** (3), e0150843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150843>
- Magura, T., 2002. Carabids and forest edge: spatial pattern and edge effect. *Forest Ecology and Management* **157** (1–3), 23–37. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00654-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00654-X)
- Magura, T., Lövei, G.L., 2020. The type of forest edge governs the spatial distribution of different-sized ground beetles. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **66** (Supplement), 69–96. <https://doi.org/10.17109/AZH.66.Suppl.69.2020>
- Masoudi, M., Maivan, H.Z., Mehrabian, A., 2022. Abundance and occurrence of *Danae racemosa* growing in Hyrcanian forest understory in relation to static and dynamic environmental variables. *Journal of Wildlife and Biodiversity* **6** (2), 1–21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6501685>

- Mathew, G., 1994. Insect biodiversity in tropical forests: A study with reference to butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera) in the Silent Valley National Park (Kerala). *Advances in Forestry Research in India* **11**, 134–171.
- Melo, D.H.A., Duarte, M., Mielke, O.H.H., Robbins, R.K., Freitas, A.V.L., 2019. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of an urban park in northeastern Brazil. *Biota Neotropica* **19** (1), e20180614.
- Mendes, M.F., Blauth, M.L., Santos, L.A.D., Gaiesky, V.L.S.V., Gottschalk, M.S., 2021. Temporal edge effects structure the assemblages of Drosophilidae (Diptera) in a Restinga forest fragment in Southern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* **16** (2), 299–315. <https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e61481>
- Murcia, C., 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* **10**, 58–62. [10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)
- Peltonen, M., Heliövaara, K., 1998. Incidence of *Xylechinus pilosus* and *Cryphalus saltuarius* (Scolytidae) in forest-clearcut edges. *Forest Ecology and Management* **103**, 141–147.
- Peltonen, M., Heliövaara, K., Väisänen, R., 1997. Forest insects and environmental variation in stand edges. *Silva Fennica* **31** (2), 129–141.
- Pinksen, J., Moise, E.R.D., Sircom, J., Bowden, J.J., 2021. Living on the edge: Effects of clear-cut created ecotones on nocturnal macromoth assemblages in the eastern boreal forest, Canada. *Forest Ecology and Management* **494**, 119309. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119309>
- Procházka, J., Cizek, L., Schläghamerský, J., 2018. Vertical stratification of scolytine beetles in temperate forests. *Insect Conservation and Diversity* **11**, 534–544.
- Ries, L., Sisk, T.D., 2008. Butterfly edge effects are predicted by a simple model in a complex landscape. *Oecologia* **156** (1), 75–86. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-0976-3>
- Rocca, F.D., Venturo, A., Milanese, P., Bracco, F., 2021. Effects of natural and seminatural elements on the composition and dispersion of carabid beetles inhabiting an agroecosystem in Northern Italy. *Ecology and Evolution* **11** (5), 10526–10537. <https://doi.org/10.1002/ece3.7857>
- Ruchin, A.B., 2021. Contribution to the study of Orthoptera and Dermaptera (Insecta) of the Czech Republic. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve* **26**, 232–236.
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., 2021. Vertical stratification of beetles in deciduous forest communities in the Centre of European Russia. *Diversity* **13** (11), 508. <https://doi.org/10.3390/d13110508>
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., Khapugin, A.A., Vikhrev, N.E., Esin, M.N., 2020. The use of simple crown traps for the insects collection. *Nature Conservation Research* **5** (1), 87–108. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.008>
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., MacGowan, I., Makarkin, V.N., Antropov, A.V. et al., 2021. Post-fire insect fauna explored by crown fermental traps in forests of the European Russia. *Scientific Reports* **11**, 21334. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00816-3>
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., Khapugin, A.A., 2022. Vertical distribution of beetles (Coleoptera) in pine forests in central European Russia. *Diversity* **14**, 622. <https://doi.org/10.3390/d14080622>
- Saure, C., Kielhorn, K.H., 1993. Netzflügler als Bewohner der Kronenregion von Eiche und Kiefer (Neuroptera: Coniopterygidae, Hemerobiidae, Chrysopidae). *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen* **6**, 391–402.

- Sayadi, S., Mehrabian, A., Mostafavi, H., 2022. Diversity centers and distribution patterns of Eudicot crop wild relatives of Iran: priorities for conservation and important plant areas. *Journal of Wildlife and Biodiversity* **6** (1), 1–19. <https://doi.org/10.22120/jwb.2021.526979.1219>
- Shashkov, M.P., Bobrovsky, M.V., Shanin, V.N., Khanina, L.G., Grabarnik, P.Ya., Stamenov, M.N., Ivanova, N.V., 2022. Data on 30-year stand dynamics in an old-growth broad-leaved forest in the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve, Russia. *Nature Conservation Research* **7** (Supplement 1), 24–37. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.013>
- Schal, C., Gautier, J.Y., Bell, W.J., 1984. Behavioural ecology of cockroaches. *Biological Reviews* **59**, 209–254.
- Schlegel, J., 2022. Butterflies benefit from forest edge improvements in Western European lowland forests, irrespective of adjacent meadows' use intensity. *Forest Ecology and Management* **521**, 120413, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120413>
- Singh, G., Singh, S.K., 2023. Evapotranspiration over the Indian region: Implications of climate change and land use/land cover change. *Nature Environment and Pollution Technology* **22** (1), 211–219. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i01.019>
- Stone, M.J., Catterall, C.P., Stork, N.E., 2018. Edge effects and beta diversity in ground and canopy beetle communities of fragmented subtropical forest. *PLoS ONE* **13** (3), e0193369. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193369>
- Tiberio, F.C.S., Xavier, R.O., Dodonov, P., Silva Matos, D.M., 2022. Fire has short-term negative effects on a super-dominant native fern, *Pteridium arachnoideum* (Dennstaedtiaceae), in a Brazilian savanna. *Nature Conservation Research* **7** (3), 15–25. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.027>
- Torretta, J.P., Marrero, H.J., 2019. No vertical stratification found in cavity-nesting bees and wasps in two neotropical forests of Argentina. *Neotropical Entomology* **48**, 779–787. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00696-3>
- Tóthmérész, B., Nagy, D.D., Mizser, S., Bogyó, D., Magura, T., 2014. Edge effects on ground-dwelling beetles (Carabidae and Staphylinidae) in oak forest-forest edge-grassland habitats in Hungary. *European Journal of Entomology* **111** (5), 686–691.
- Tsafack, N., Pozsgai, G., Boieiro, M., Ros-Prieto, A., Nunes, R., Ferreira, M.T., Borges, P.A.V., 2023. Edge effects constrain endemic but not introduced arthropod species in a pristine forest on Terceira (Azores, Portugal). *Forest Ecology and Management* **528**, 120646. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120646>
- Ulyshen, M.D., 2011. Arthropod vertical stratification in temperate deciduous forests: Implications for conservation-oriented management. *Forest Ecology and Management* **261**, 1479–1489.
- Ulyshen, M.D., Soon, V., Hanula, J.L., 2011. Vertical distribution and seasonality of predatory wasps (Hymenoptera: Vespidae) in a temperate deciduous forest. *Florida Entomologist* **94** (4), 1068–1070. <https://doi.org/10.1653/024.094.0450>
- van Halder, I., Barbaro, L., Jactel, H., 2011. Conserving butterflies in fragmented plantation forests: are edge and interior habitats equally important? *Journal of Insect Conservation* **15**, 591–601. <https://doi.org/10.1007/s10841-010-9360-9>
- Villada-Bedoya, S., Cultid-Medina, C.A., Escobar, F., Guevara, R., Zurita, G., 2017. Edge effects on dung beetle assemblages in an Andean mosaic of forest and coffee plantations. *Biotropica* **49** (2), 195–205.

- Vodka, Š., Cizek, L., 2013. The effects of edge-interior and understorey-canopy gradients on the distribution of saproxylic beetles in a temperate lowland forest. *Forest Ecology and Management* **304**, 33–41.
- Wagle, Y., Bhattarai, B.P., Adhikari, J.N., 2022. Factors influencing distribution and habitat utilisation of *Leptoptilos javanicus* in and around Barandabhar Corridor Forest, Chitwan, Nepal. *Nature Conservation Research* **7** (1), 19–26. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.005>
- Wermelinger, B., Flückiger, P.F., Obrist, M.K., Duelli, P., 2007. Horizontal and vertical distribution of saproxylic beetles (Col., Buprestidae, Cerambycidae, Scolytinae) across sections of forest edges. *Journal of Applied Entomology* **131**, 104–114.
- Zhang, Z.-Q. (ed.), 2013. Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). *Zootaxa* **3703**, 1–82. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>

References

- Artemova, S.N., Leonova, N.A., 2011. Morfologicheskaja struktura landshaftov Oksko-Donskoi ravniny v predelakh Penzenskoi oblasti [The morphological structure of landscapes the Oka-Don Plain within the Penza region]. *Izvestia Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.G. Belinskogo [News of Penza State Pedagogical University named after V.G. Belinsky]* **25**, 652–660. (In Russian).
- Allison, J.D., Strom, B., Sweeney, J., Mayo, P., 2019. Trap deployment along linear transects perpendicular to forest edges: Impact of capture of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Pest Science* **92**, 299–308.
- Aspöck, H., Hölzel, H., Aspöck, U., 2001. Kommentierter Katalog der Neuropterida (Insecta: Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera) der Westpaläarktis. *Denisia* **2**, 1–606.
- Baker, S.C., Barmuta, L.A., McQuillan, P.B., Richardson, A.M.M., 2007. Estimating edge effects on ground-dwelling beetles at clearfelled non-riparian stand edges in Tasmanian wet eucalypt forest. *Forest Ecology and Management* **239**, 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.11.012>
- Birtele, D., Hardersen, S., 2012. Analysis of vertical stratification of Syrphidae (Diptera) in an oak-hornbeam forest in northern Italy. *Ecological Research* **27**, 755–763.
- Caminha-Paiva, D., Gomes, V.M., Cunha-Blum, J., Alves, M.J.P., Rosa, D.C.P. et al., 2022. Floristic mosaics of the threatened Brazilian campo rupestre. *Nature Conservation Research* **7** (1), 10–18. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.004>
- Castro, S.A., Daehler, C.C., Silva, L., Torres-Santana, C.W., Reyes-Betancort, J.A. et al., 2010. Floristic homogenization as a teleconnected trend in oceanic islands. *Diversity and Distributions* **16**, 902–910. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00695.x>
- Clements, J.C., Doucet, D.A., McCorquodale, D.B., 2013. Establishment of a European cockroach, *Ectobius lapponicus* (L.) (Dictyoptera: Blattodea), in the Maritime Provinces of eastern Canada. *Journal of the Acadian Entomological Society* **9**, 4–7.
- Costa, L.N.P., Novais, S., Oki, Y., Fernandes, G.W., Borges, M.A.Z., 2023. Mosquito (Diptera: Culicidae) diversity along a rainy season and edge effects in a riparian forest in Southeastern Brazil. *Austral Ecology* **48**, 41–55. <https://doi.org/10.1111/aec.13250>
- Czechowska, W., 1994. Neuropterans (Neuropteroidea: Raphidioptera, Planipennia) of the canopy layer in pine forests. *Fragmenta Faunistica* **36**, 459–467.

- Darsono, Riwidharso, E., Santoso, S., Sudiana, E., Yani, E. et al., T., 2020. Insect diversity in various distances to forest edge in small nature reserve: A case study of Bantarbolang Nature Reserve, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas* **21**, 4821–4828. <https://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d211048>
- Dodds, K.J., 2011. Effects of habitat type and trap placement on captures of bark (Coleoptera: Scolytidae) and longhorned (Coleoptera: Cerambycidae) beetles in semiochemical-baited traps. *Journal of Economic Entomology* **104** (3), 879–888. <https://doi.org/10.1603/EC10358>
- Downie, I.S., Coulson, J.C., Butterfield, J.E.L., 1996. Distribution and dynamics of surface-dwelling spiders across a pasture-plantation ecotone. *Ecography* **19** (1), 29–40. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1996.tb00152.x>
- Duelli, P., Obrist, M.K., Flückiger, P.F., 2002. Forest edges are biodiversity. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **48** (Supplement 2), 75–87.
- Dvořák, L., Dvořáková, K., Oboňa, J., Ruchin, A.B., 2020. Selected Diptera families caught with beer traps in the Republic of Mordovia (Russia). *Nature Conservation Research* **5** (4), 65–77. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.057>
- Dvořák, L., Ruchin, A.B., Egorov, L.V., Aleksanov, V.V., Alekseev, S.K., Shulaev, N.V., Zakharova, E.Yu., 2023. Distribution of species from the genus *Panorpa* (Mecoptera, Panorpidae) in European Russia except the Caucasus. *Nature Conservation Research* **8** (1), 24–33. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2023.001>
- Dvořák, L., Tětal, I., 2013. Earwigs (Dermaptera) on heathlands and their surroundings in Western Bohemia (Czech Republic): results of monitoring using pitfall traps. *Erica, Plzeň* **20**, 141–150.
- Gadelha, B.Q., Ribeiro, A.C., Aguiar, V.M., Mello-Patiu, C.A., 2015. Edge effects on the blowfly fauna (Diptera, Calliphoridae) of the Tijuca National Park, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **75** (4), 999–1007. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.05614>
- Giovanni, F., Mei, M., Cerretti, P., 2017. Vertical stratification of selected Hymenoptera in a remnant forest of the Po Plain (Italy, Lombardy) (Hymenoptera: Ampulicidae, Crabronidae, Sphecidae). *Fragmenta Entomologica* **49** (1), 71–77.
- González, E., Salvo, A., Valladares, G., 2017. Natural vegetation cover in the landscape and edge effects: differential responses of insect orders in a fragmented forest. *Insect Science* **24**, 891–901.
- Graham, E.E., Poland, T.M., McCullough, D.G., Millar, J.G., 2012. A comparison of trap type and height for capturing cerambycid beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology* **105**, 837–846.
- Gruppe, A., Schubert, H., 2001. The spatial distribution and plant specificity of Neuropterida in different forest sites in Southern Germany (Raphidioptera and Neuroptera). *Beiträge zur Entomologie* **51**, 517–527.
- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A. et al., 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* **1** (2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A. et al., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **342**, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Helsen, H., Trapman, M., Polfliet, M., Simonse, J., 2007. Presence of the common earwig *Forficula auricularia* L. in apple orchards and its impact on the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). *IOBC/WPRS Bulletin* **30**, 31–35.

- Holuša, J., Kočárek, P., 2000. Seasonal dynamics of the dusky cockroach *Ectobius lapponicus* (Blattodea, Blattellidae) in the eastern part of the Czech Republic. *Biologia, Bratislava* **55**, 483–486.
- Huber, C., Baumgarten, M., 2005. Early effects of forest regeneration with selective and small scale clear-cutting on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in a Norway spruce stand in Southern Bavaria (Höglwald). *Biodiversity and Conservation* **14**, 1989–2007. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-2528-4>
- Jokimäki, J., Huhta, E., Itämies, J., Rahko, P., 1998. Distribution of arthropods in relation to forest patch size, edge, and stand characteristics. *Canadian Journal of Forest Research* **28** (7), 1068–1072. <https://doi.org/10.1139/x98-074>
- Julião, G., Amaral, M., Fernandes, G., Oliveira, E.G., 2004. Edge effect and species-area relationships in the gall-forming insect fauna of natural forest patches in the Brazilian Pantanal. *Biodiversity and Conservation* **13**, 2055–2066. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000040006.81958.f2>
- Irmiler, U., Hingst, R., 1993. Ecology of the earwig *Chelidurella acanthopygia* (Dermaptera) in Schleswig-Holstein (Northern Germany). *Faunistisch-Oekologische Mitteilungen* **6** (9), 377–390.
- Kirstová, M., Pyszko, P., Šipoš, J., Drozd, P., Kočárek, P., 2017. Vertical distribution of earwigs (Dermaptera: Forficulidae) in a temperate lowland forest, based on sampling with a mobile aerial lift platform. *Entomological Science* **20** (1), 57–64.
- Lacasella, F., Gratton, C., De Felici, S., Isaia, M., Zapparoli, M., Sbordoni, V., 2015. Asymmetrical responses of forest and “beyond edge” arthropod communities across a forest-grassland ecotone. *Biodiversity and Conservation* **24**, 447–465. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0825-0>
- Lange, L., 2008. Faunistische Notizen: Beitrag zur Verbreitung der Skorpionsfliegen (Panorpa) im Kreis Steinburg (Schleswig-Holstein). *Faunistisch-ökologische Mitteilungen* **9**, 61–70.
- Maguire, D.Y., Buddle, C.M., Bennett, E.M., 2016. Within and among patch variability in patterns of insect herbivory across a fragmented forest landscape. *PLoS ONE* **11** (3), e0150843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150843>
- Magura, T., 2002. Carabids and forest edge: spatial pattern and edge effect. *Forest Ecology and Management* **157** (1–3), 23–37. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00654-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00654-X)
- Magura, T., Lövei, G.L., 2020. The type of forest edge governs the spatial distribution of different-sized ground beetles. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **66** (Supplement), 69–96. <https://doi.org/10.17109/AZH.66.Suppl.69.2020>
- Masoudi, M., Maivan, H.Z., Mehrabian, A., 2022. Abundance and occurrence of *Danae racemosa* growing in Hyrcanian forest understory in relation to static and dynamic environmental variables. *Journal of Wildlife and Biodiversity* **6** (2), 1–21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6501685>
- Mathew, G., 1994. Insect biodiversity in tropical forests: A study with reference to butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera) in the Silent Valley National Park (Kerala). *Advances in Forestry Research in India* **11**, 134–171.
- Melo, D.H.A., Duarte, M., Mielke, O.H.H., Robbins, R.K., Freitas, A.V.L., 2019. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of an urban park in northeastern Brazil. *Biota Neotropica* **19** (1), e20180614.
- Mendes, M.F., Blauth, M.L., Santos, L.A.D., Gaiesky, V.L.S.V., Gottschalk, M.S., 2021. Temporal edge effects structure the assemblages of Drosophilidae (Diptera) in a Restinga forest fragment in Southern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* **16** (2), 299–315. <https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e61481>

- Murcia, C., 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* **10**, 58–62. [10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)
- Peltonen, M., Heliövaara, K., 1998. Incidence of *Xylechinus pilosus* and *Cryphalus saltuarius* (Scolytidae) in forest-clearcut edges. *Forest Ecology and Management* **103**, 141–147.
- Peltonen, M., Heliövaara, K., Väisänen, R., 1997. Forest insects and environmental variation in stand edges. *Silva Fennica* **31** (2), 129–141.
- Pinksen, J., Moise, E.R.D., Sircom, J., Bowden, J.J., 2021. Living on the edge: Effects of clear-cut created ecotones on nocturnal macromoth assemblages in the eastern boreal forest, Canada. *Forest Ecology and Management* **494**, 119309. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119309>
- Procházka, J., Cizek, L., Schlaghamerský, J., 2018. Vertical stratification of scolytine beetles in temperate forests. *Insect Conservation and Diversity* **11**, 534–544.
- Ries, L., Sisk, T.D., 2008. Butterfly edge effects are predicted by a simple model in a complex landscape. *Oecologia* **156** (1), 75–86. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-0976-3>
- Rocca, F.D., Venturo, A., Milanesi, P., Bracco, F., 2021. Effects of natural and seminatural elements on the composition and dispersion of carabid beetles inhabiting an agroecosystem in Northern Italy. *Ecology and Evolution* **11** (5), 10526–10537. <https://doi.org/10.1002/ece3.7857>
- Ruchin, A.B., 2021. Contribution to the study of Orthoptera and Dermaptera (Insecta) of the Czech Republic. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve* **26**, 232–236.
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., 2021. Vertical stratification of beetles in deciduous forest communities in the Centre of European Russia. *Diversity* **13** (11), 508. <https://doi.org/10.3390/d13110508>
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., Khapugin, A.A., Vikhrev, N.E., Esin, M.N., 2020. The use of simple crown traps for the insects collection. *Nature Conservation Research* **5** (1), 87–108. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.008>
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., MacGowan, I., Makarkin, V.N., Antropov, A.V. et al., 2021. Post-fire insect fauna explored by crown fermental traps in forests of the European Russia. *Scientific Reports* **11**, 21334. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00816-3>
- Ruchin, A.B., Egorov, L.V., Khapugin, A.A., 2022. Vertical distribution of beetles (Coleoptera) in pine forests in central European Russia. *Diversity* **14**, 622. <https://doi.org/10.3390/d14080622>
- Saure, C., Kielhorn, K.H., 1993. Netzflügler als Bewohner der Kronenregion von Eiche und Kiefer (Neuroptera: Coniopterygidae, Hemerobiidae, Chrysopidae). *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen* **6**, 391–402.
- Sayadi, S., Mehrabian, A., Mostafavi, H., 2022. Diversity centers and distribution patterns of Eudicot crop wild relatives of Iran: priorities for conservation and important plant areas. *Journal of Wildlife and Biodiversity* **6** (1), 1–19. <https://doi.org/10.22120/jwb.2021.526979.1219>
- Shashkov, M.P., Bobrovsky, M.V., Shanin, V.N., Khanina, L.G., Grabarnik, P.Ya., Stamenov, M.N., Ivanova, N.V., 2022. Data on 30-year stand dynamics in an old-growth broad-leaved forest in the Kaluzhskie Zaseki State Nature Reserve, Russia. *Nature Conservation Research* **7** (Supplement 1), 24–37. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.013>
- Schal, C., Gautier, J.Y., Bell, W.J., 1984. Behavioural ecology of cockroaches. *Biological Reviews* **59**, 209–254.

- Schlegel, J., 2022. Butterflies benefit from forest edge improvements in Western European lowland forests, irrespective of adjacent meadows' use intensity. *Forest Ecology and Management* **521**, 120413, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120413>
- Singh, G., Singh, S.K., 2023. Evapotranspiration over the Indian region: Implications of climate change and land use/land cover change. *Nature Environment and Pollution Technology* **22** (1), 211–219. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i01.019>
- Stone, M.J., Catterall, C.P., Stork, N.E., 2018. Edge effects and beta diversity in ground and canopy beetle communities of fragmented subtropical forest. *PLoS ONE* **13** (3), e0193369. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193369>
- Tiberio, F.C.S., Xavier, R.O., Dodonov, P., Silva Matos, D.M., 2022. Fire has short-term negative effects on a super-dominant native fern, *Pteridium arachnoideum* (Dennstaedtiaceae), in a Brazilian savanna. *Nature Conservation Research* **7** (3), 15–25. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2022.027>
- Torretta, J.P., Marrero, H.J., 2019. No vertical stratification found in cavity-nesting bees and wasps in two neotropical forests of Argentina. *Neotropical Entomology* **48**, 779–787. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00696-3>
- Tóthmérész, B., Nagy, D.D., Mizser, S., Bogyó, D., Magura, T., 2014. Edge effects on ground-dwelling beetles (Carabidae and Staphylinidae) in oak forest-forest edge-grassland habitats in Hungary. *European Journal of Entomology* **111** (5), 686–691.
- Tsafack, N., Pozsgai, G., Boieiro, M., Ros-Prieto, A., Nunes, R., Ferreira, M.T., Borges, P.A.V., 2023. Edge effects constrain endemic but not introduced arthropod species in a pristine forest on Terceira (Azores, Portugal). *Forest Ecology and Management* **528**, 120646. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120646>
- Ulyshen, M.D., 2011. Arthropod vertical stratification in temperate deciduous forests: Implications for conservation-oriented management. *Forest Ecology and Management* **261**, 1479–1489.
- Ulyshen, M.D., Soon, V., Hanula, J.L., 2011. Vertical distribution and seasonality of predatory wasps (Hymenoptera: Vespidae) in a temperate deciduous forest. *Florida Entomologist* **94** (4), 1068–1070. <https://doi.org/10.1653/024.094.0450>
- van Halder, I., Barbaro, L., Jactel, H., 2011. Conserving butterflies in fragmented plantation forests: are edge and interior habitats equally important? *Journal of Insect Conservation* **15**, 591–601. <https://doi.org/10.1007/s10841-010-9360-9>
- Villada-Bedoya, S., Cultid-Medina, C.A., Escobar, F., Guevara, R., Zurita, G., 2017. Edge effects on dung beetle assemblages in an Andean mosaic of forest and coffee plantations. *Biotropica* **49** (2), 195–205.