



Всероссийская научная конференция с международным участием
“Научные основы устойчивого управления лесами”,
посвященная 30-летию ЦЭП РАН

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МАКРОФАУНЫ В ОСНОВЕ ПОДХОДОВ К СОХРАНЕНИЮ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ



Гераськина Анна Петровна

25–29 апреля 2022 г., Москва, Россия

*«Лес — это наша гордость, наша духовность, наша жизнь,
наше будущее!»*

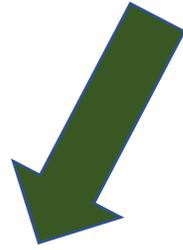
Академик Исаев Александр Сергеевич



Леса в условиях современных глобальных экологических вызовов

- Пожары
- Рубки
- Вспышки массового размножения насекомых, грибные и бактериальные болезни
- Утрата биоразнообразия
- Деградация почв

Управление лесными почвами



Биотические факторы
почвообразования:

- растительность
- почвенная биота



Восстановление
Restoration ecology

Представления о видовой и функциональной избыточности почвенной биоты

Open Access | Published: 23 November 2015

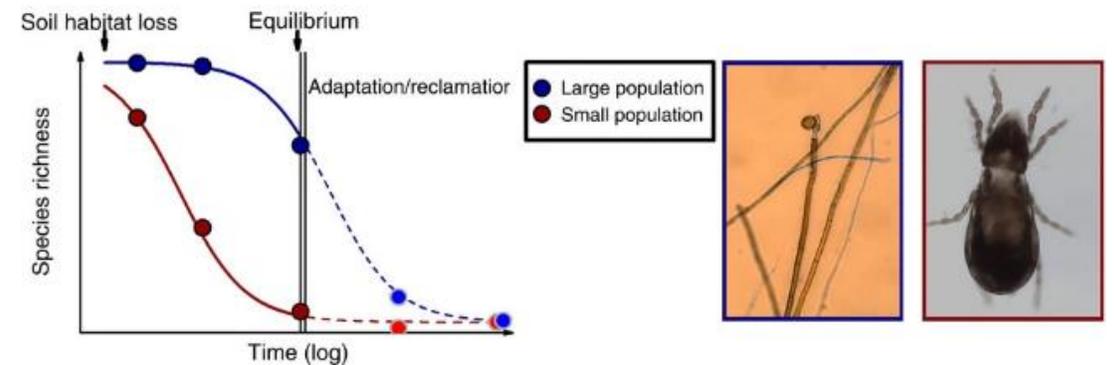
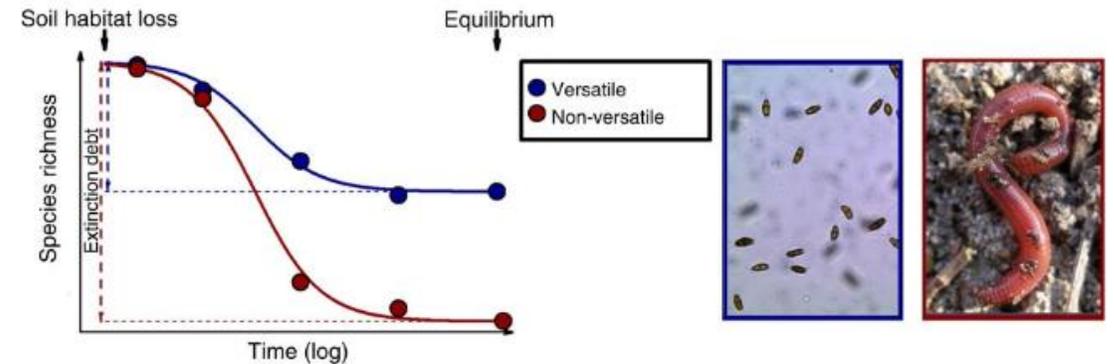
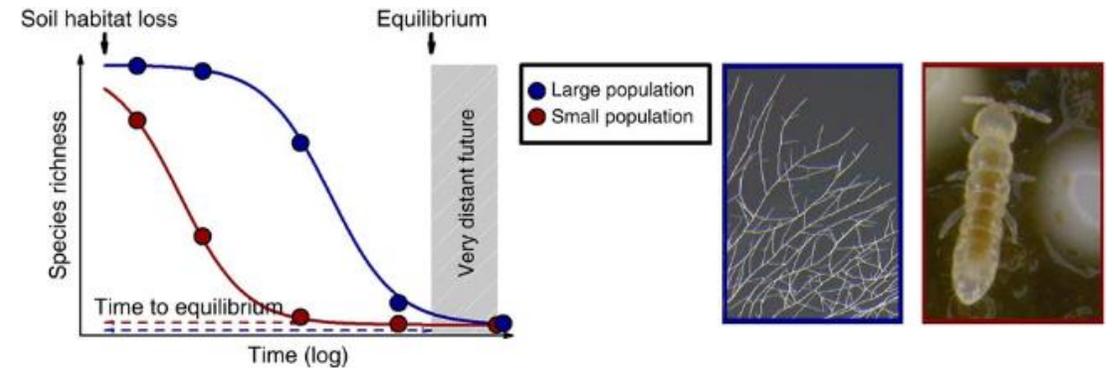
Extinction risk of soil biota

Stavros D. Veresoglou, John M. Halley & Matthias C. Rillig

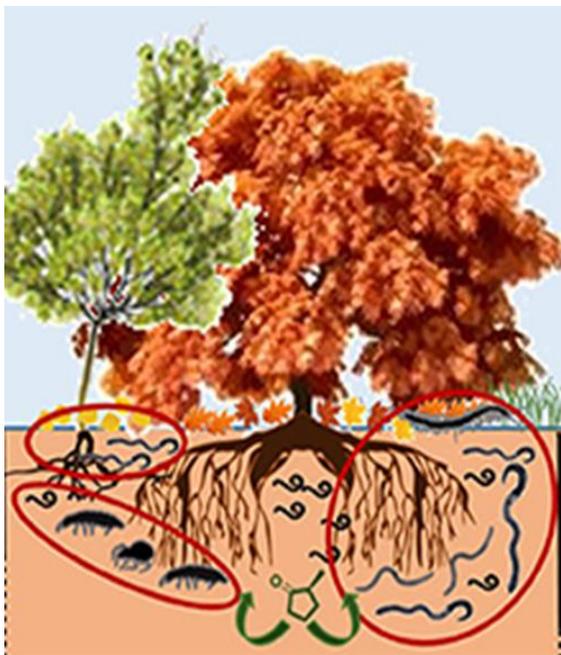
Nature Communications 6, Article number: 8862 (2015) | Cite this article

2812 Accesses | 77 Citations | 97 Altmetric | Metrics

В настоящее время гипотеза избыточности все чаще ставится под сомнение (Ayres, et al., 2009; Maestre et al., 2012; Veresoglou et al., 2015). Полевые эксперименты показывают **функциональную недостаточность** почвенной биоты в лесных сообществах особенно при разложении трудно разлагаемого опада (Veresoglou et al., 2015).



Почвенная фауна – посредник между растительностью и почвой – биотический фактор почвообразования ➔ неравномерность распределения почвенной фауны опосредует гетерогенность свойств почвы



Круговорот питательных элементов возможен благодаря почвенной фауне (Maria J. I. Briones, 2018)

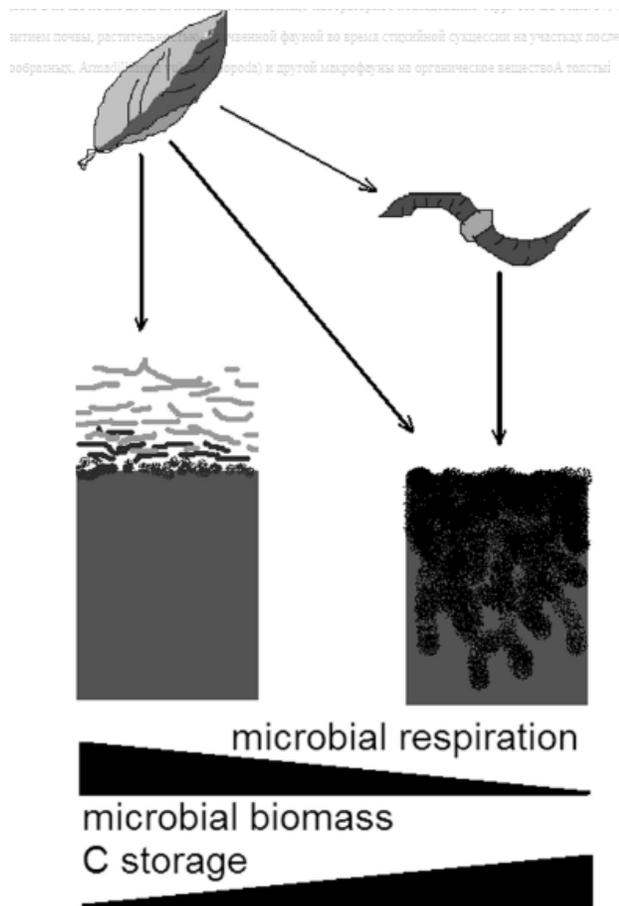


Fig. 5. Hypothetical conceptual model describing the relationships between the tree effect and fauna effect on soil properties. When the fauna effect is small, litter tends to remain on the soil surface, the Oe horizon is thick, the A horizon is thin, microbial respiration is high, and soil C storage is low. When the fauna effect is large, litter tends to be transported into the soil, the Oe horizon is thin, the A horizon is thick, microbial respiration is low, and soil C storage is high.



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Forest Ecology and Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foreco



Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites



Jan Frouz^{a,*}, Miluše Livečková^b, Jana Albrechtová^c, Alica Chroňáková^d, Tomáš Cajthaml^{a,e}, Václav Pižl^d, Ladislav Háněl^d, Josef Starý^d, Petr Baldrian^e, Zuzana Lhotáková^c, Hana Šimáčková^a, Šárka Cepáková^{b,d}

^aInstitute of Environmental Studies, Charles University in Prague, Benátská 2, CZ 128 00 Prague, Czech Republic

^bDepartment of Ecosystem Biology, University of South Bohemia in České Budějovice, CZ 370 05 České Budějovice, Czech Republic

^cDepartment of Experimental Plant Biology, Charles University in Prague, Viničná 5, CZ 128 44 Prague, Czech Republic

^dInstitute of Soil Biology, Biology Centre AS CR, Na Sádkách 7, CZ 370 05 České Budějovice, Czech Republic

^eInstitute of Microbiology AS CR, Vědeňská 1083, CZ 142 20 Prague, Czech Republic

ARTICLE INFO

Article history:
Available online 18 March 2013

Keywords:
Bioturbation
Soil
Microbiology
Respiration

ABSTRACT

The effects of tree species differing in foliage and litter chemistry on the chemical, micro-morphological, and biological properties of soil were studied on post-mining sites afforested with one of six tree species (spruce, pine, larch, oak, lime, and alder) and also on sites left to natural succession (dominated by willow). The sites were located on a large colliery spoil heap that had been produced by the mining of coal in alkaline tertiary clays near the city of Sokolov, Czech Republic. Because no topsoil had been applied to the

Почвенная фауна обеспечивает:

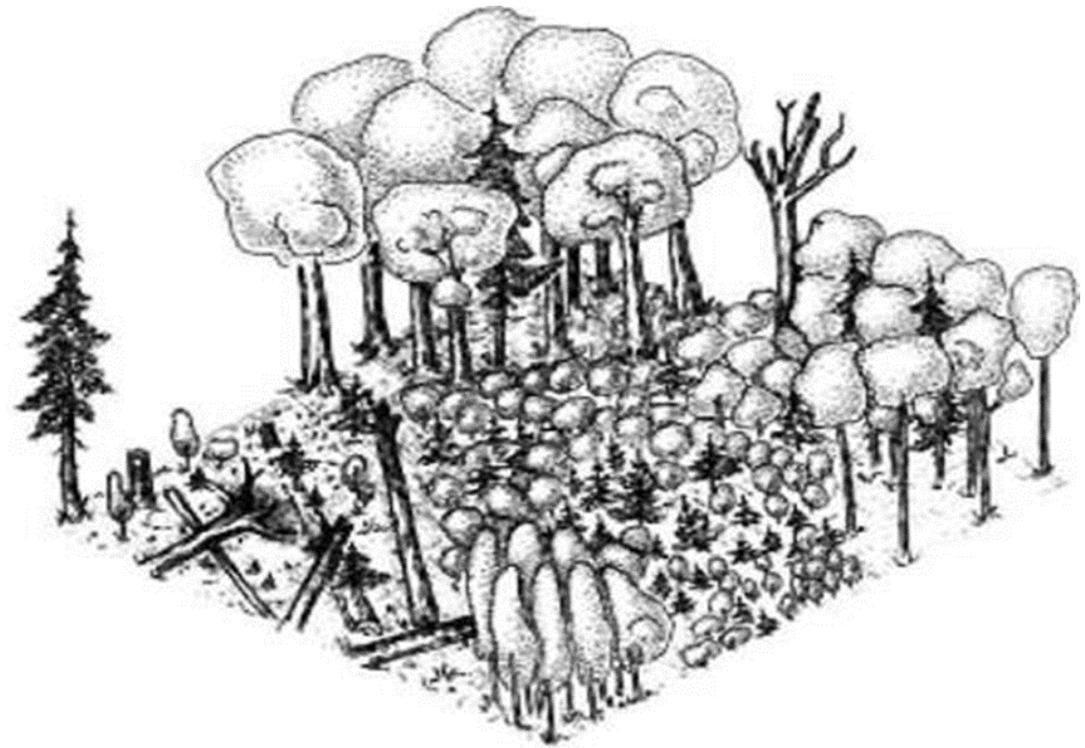
- плодородие почв
- порозность почв
- круговорот элементов питания

Уровни пространственной неоднородности:

**Межбиогеоценотический
(тип леса)**



Внутрибиогеоценотический



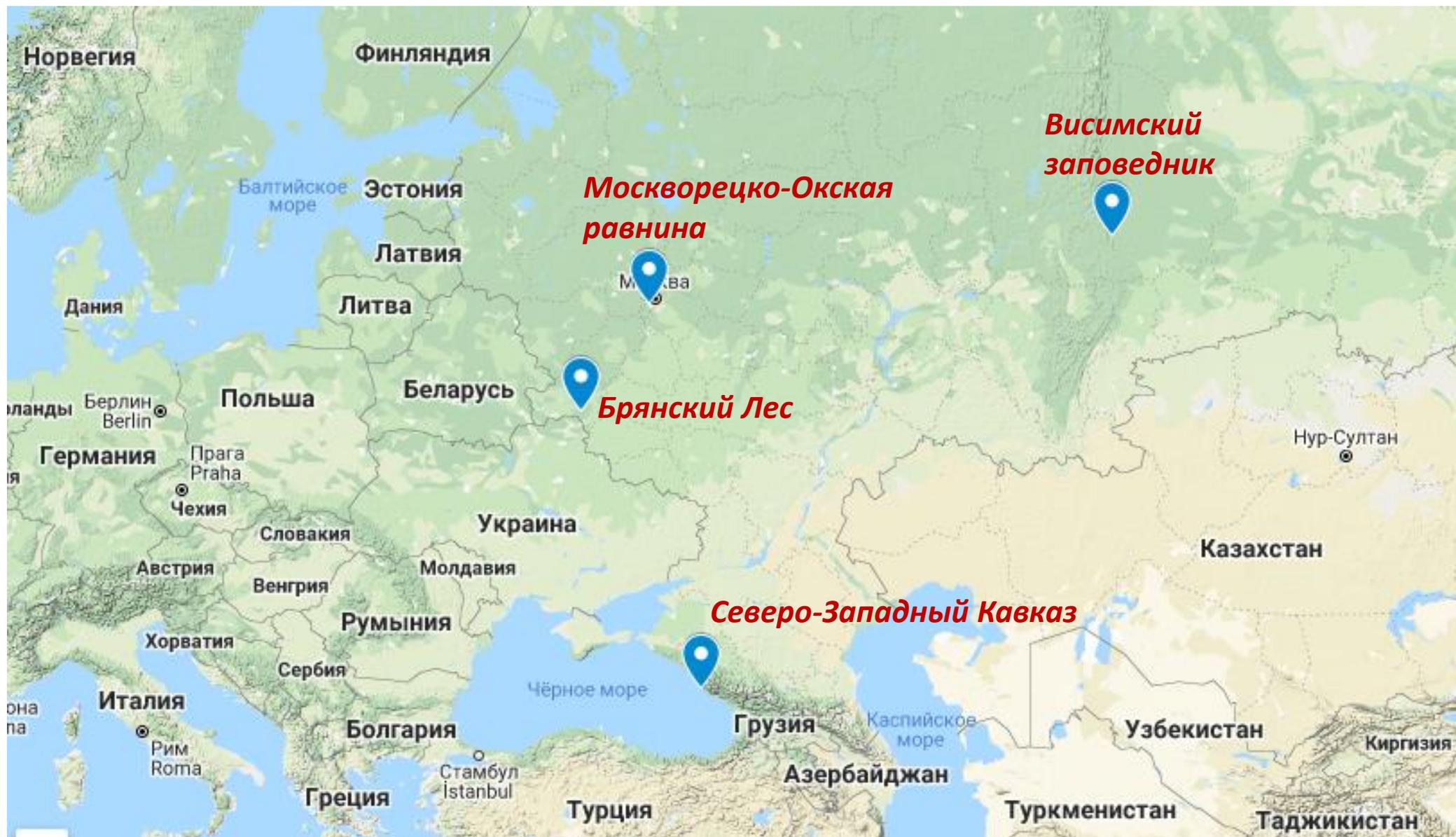
Восточное-Европейские леса, 2004

Научные вопросы

1. Какие факторы определяют функционально разнообразный состав почвенной макрофауны (состав древостоя, напочвенный покров, тип почвы, элементы лесной мозаики и др.)?
2. Как можно использовать знания о пространственном распределении макрофауны (внутри типа леса, в разных типах леса) в управлении лесными почвами?



Районы исследований



Районы исследований

1. Московская область (Москворецко-Окская равнина, Валуевский лесопарк): березово-липовые леса с осиной, липовые леса с березой и осиной, широколиственно-еловые леса. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной, или Retisols Albic (WRB, 2015).
2. Брянская область (Брянское полесье): сосновые леса и широколиственные леса с елью. Тип почв: дерново-подзолистые иллювиально-железистые песчаные на флювиогляциальных песках, или Podzols Albic (WRB, 2015).
3. Северо-Западный Кавказ: осиново-грабовые, буково-пихтово-грабовые леса (Краснодарский край, Апшеронское лесничество), пихтово-буковые леса (Республика Адыгея, Кавказский биосферный заповедник). Почвы: горно-лесные буроземы на элювии сланцев, или Cambisols Dystric (по WRB, 2015).
4. Средний Урал (Свердловская область, Висимский государственный биосферный заповедник): темнохвойные леса: пихто-ельник и пихто-ельник с липой. Почвы: горно-лесные буроземы или Cambisols Dystric (по WRB, 2015).

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

«Брянский Лес»



Сосняки кустарничково-зеленомошные бореальнотравные



Смешанный лес с сосной, елью, дубом и др. неморально-бореальнотравный



Широколиственные леса с елью неморальнотравные

Северо-Западный Кавказ



Осиново-грабовые жимолостно-мелкотравные леса



Буково-пихтово-грабовые мелкотравные леса



Пихтово-буковые мертвопокровные леса

Москворецко-Окская равнина (лесопарк Валухево)



Березово-липовые леса с осинкой неморальнотравные



Липовые леса с березой и осинкой неморальнотравные



Широколиственно-еловые леса бореально-неморальнотравные

Висимский заповедник



Пихто-ельник высокотравно-папоротниковый

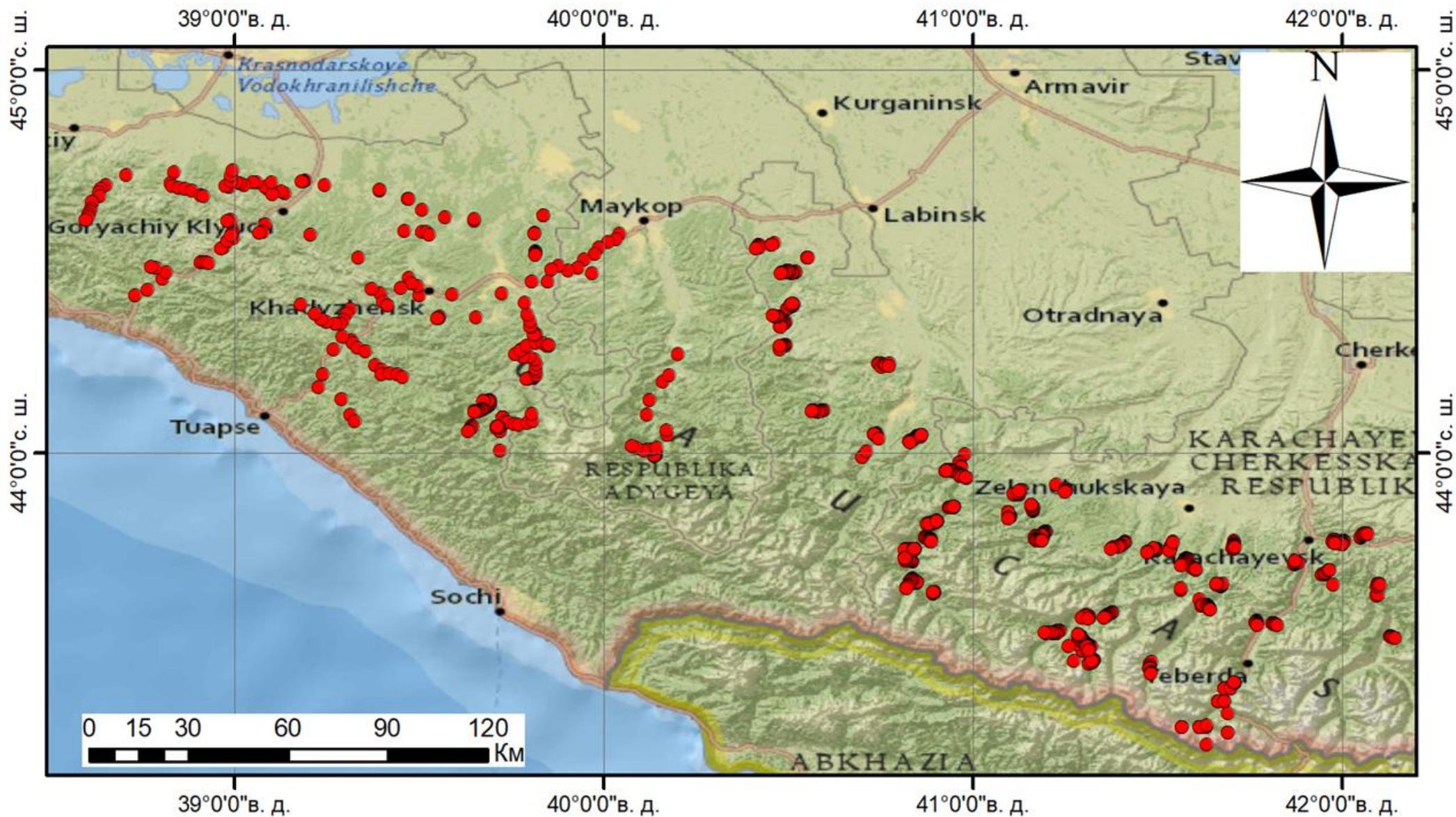


Пихто-ельник с липой бореально-неморальный



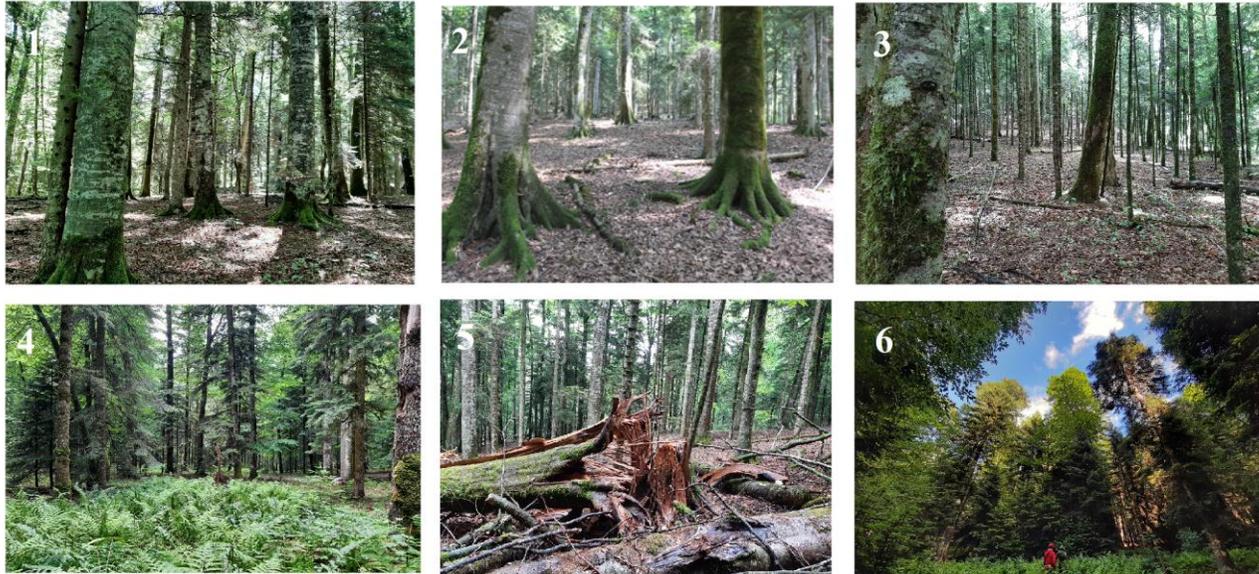
Пихто-ельник с липой и вязом бореально-неморальный

Учеты дождевых червей (Северо-Западный Кавказ, 2014-2019 гг).



Методы

Количественные учеты макрофауны проведены путем раскопки и ручного разбора почвенных проб (25x25x30 см): в подкروновых пространствах доминирующих видов деревьев (все объекты), окнах (все объекты) и межкروновых пространствах доминирующих видов растений (Висимский заповедник). Каждый элемент мозаики на всех объектах учтен в трехкратной повторности и с трехкратной повторностью числа проб. В валеже проведены только учеты дождевых червей.



Подкروновые пространства (1,2,3) и окна (4,5,6) лесов Кавказского биосферного заповедника



Разбор валежа

$V = \pi r^2 h$, где
r – радиус ствола, h – высота ствола,
или $S = 2 \pi r h$



Гранулометрический состав почвы

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ: АКТУАЛЬНОСТЬ И ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ¹

© 2021 г. Н. В. Лукина*, А. П. Гераскина*, А. И. Кузнецова*, В. Э. Смирнов*, А. В. Горнов*,
Н. Е. Шевченко*, Е. В. Тихонова*, Д. Н. Тебенькова*, Е. В. Басова*

*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14, Москва, 117997 Россия

Группы макрофауны	Суглинистые	Супесчаные
Сапрофаги	+++	--±
Фитофаги	±±±	±±±
Хищники	±±±	+++
Миксофаги	±±±	±±±

- + Высокая численность, биомасса, разнообразие
- ± Средняя численность, биомасса, разнообразие
- Низкая численность, биомасса, разнообразие

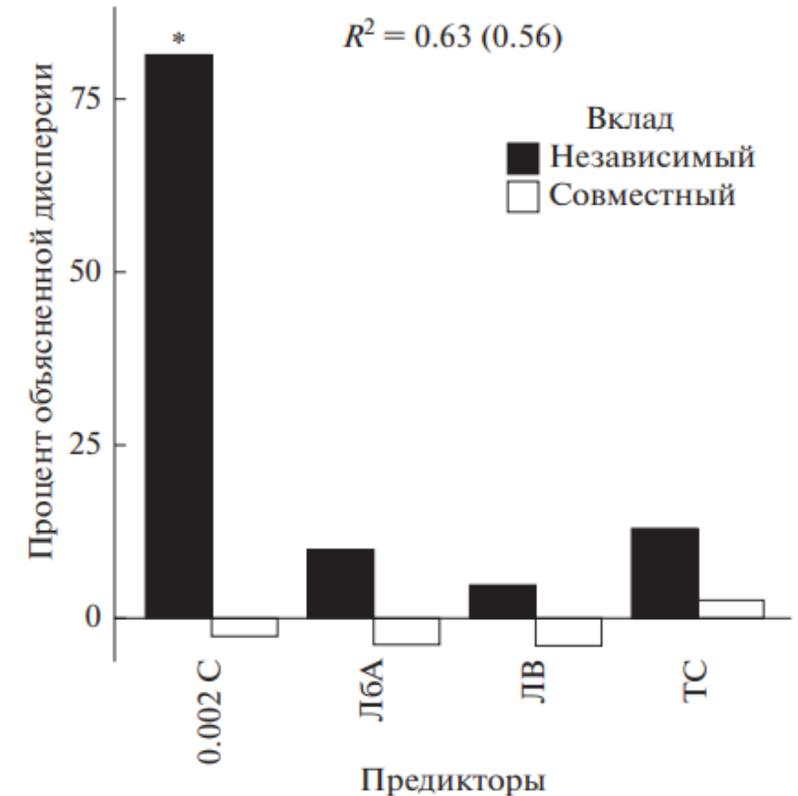
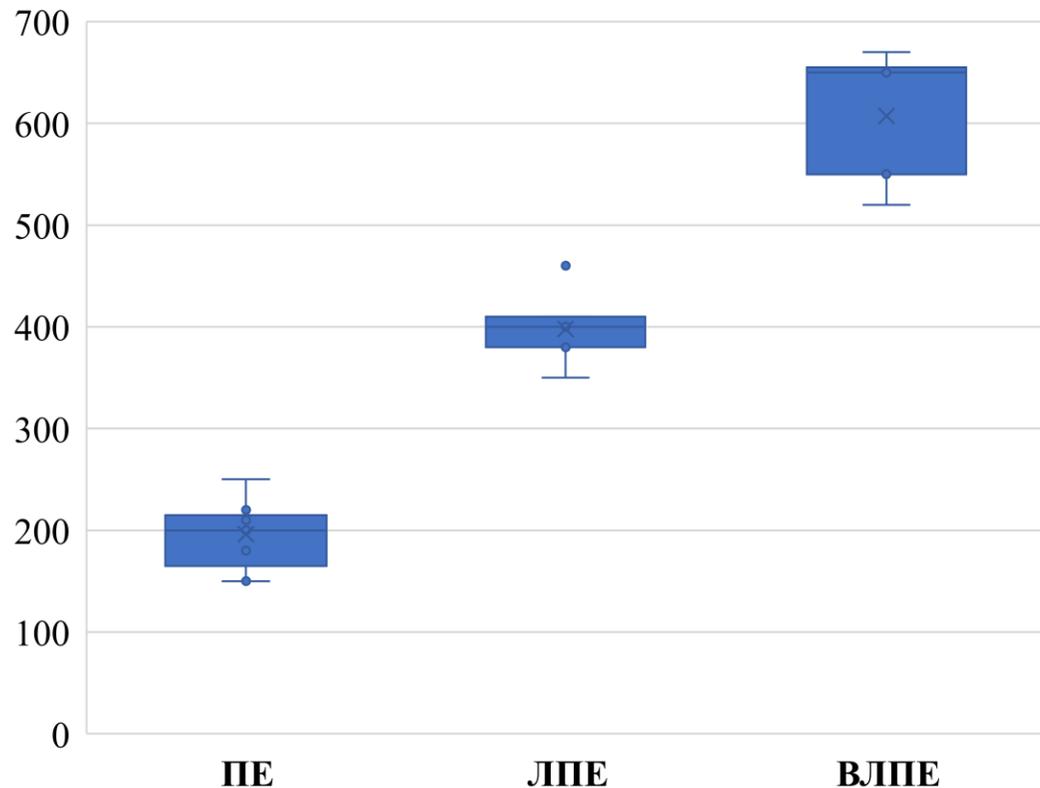


Рис. 1. Вклад основных предикторов в дисперсию биомассы дождевых червей. Предикторы: 0.002 – содержание глинистых частиц, Л6А – вклад проективного покрытия лиственных с быстроразлагаемым опадом в ярусе А, ЛВ – проективное покрытие лиственных в ярусе В, ТС – проективное покрытие травянистых растений в ярусе С.

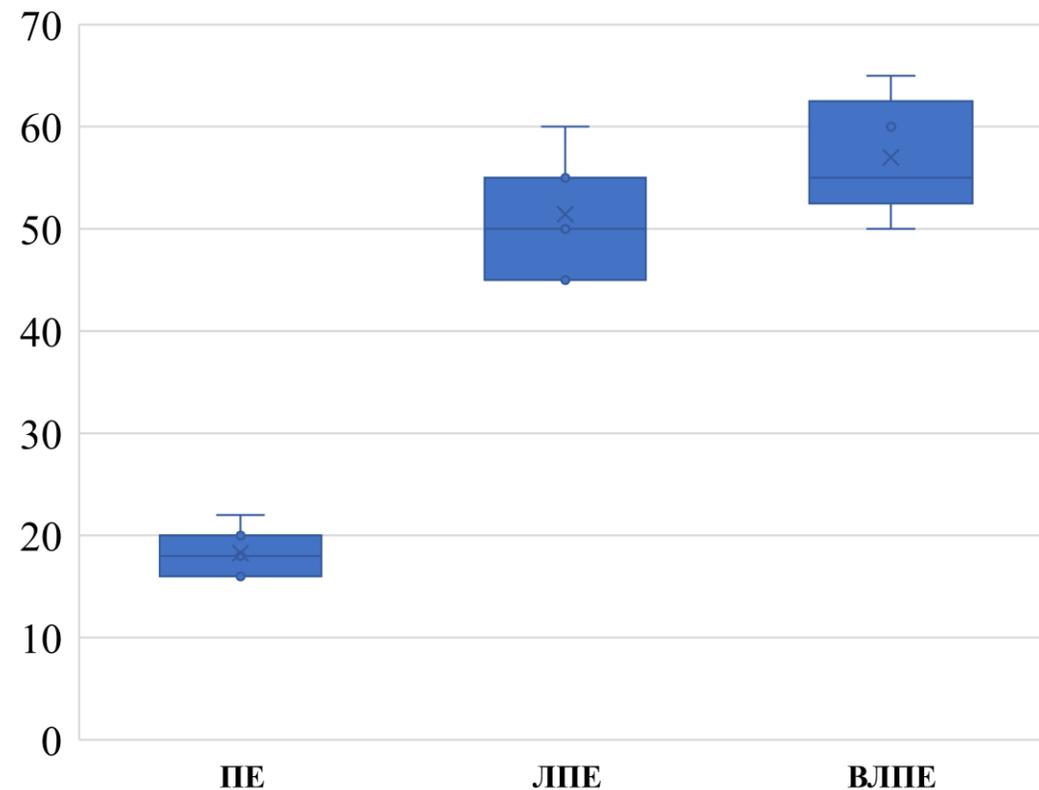
Тип леса

Висимский заповедник

Численность макрофауны (особи/м.кв.)

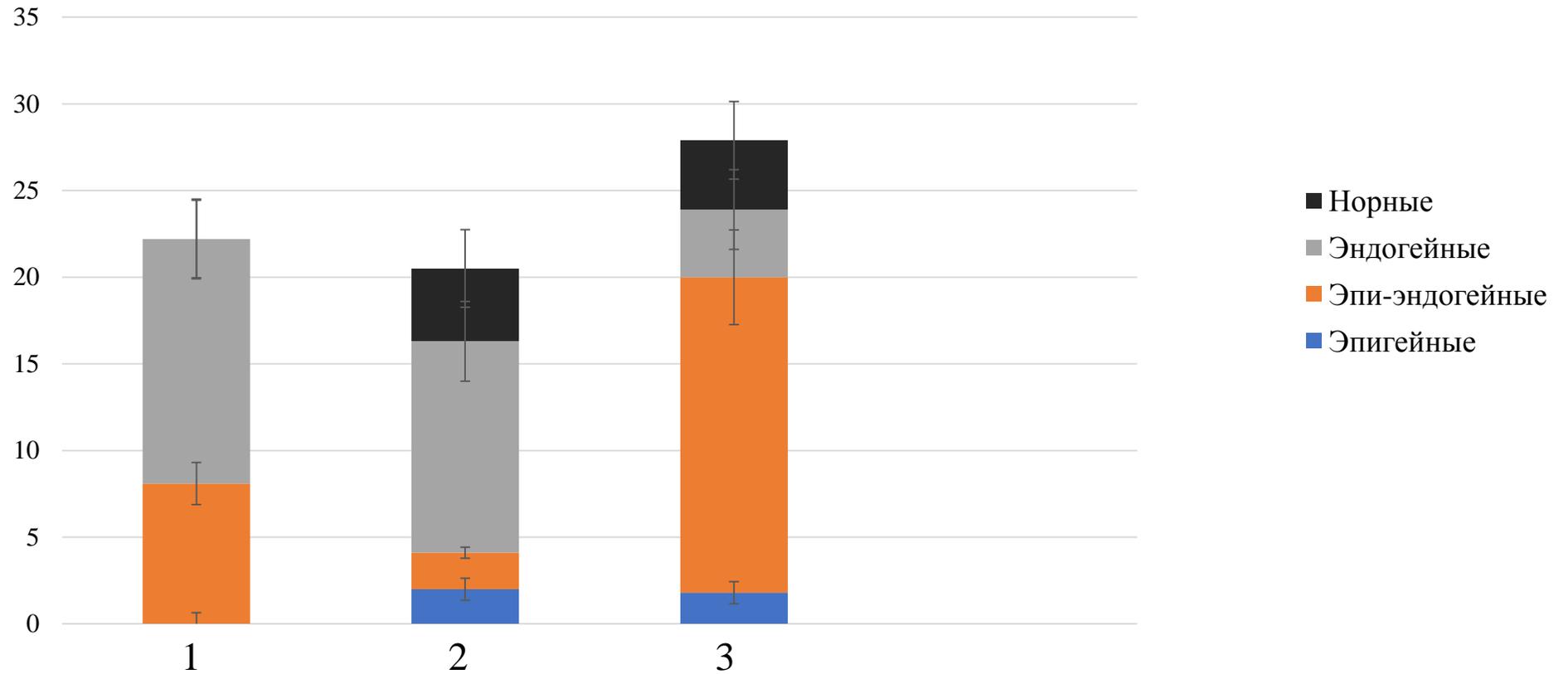


Биомасса макрофауны (г/м.кв.)



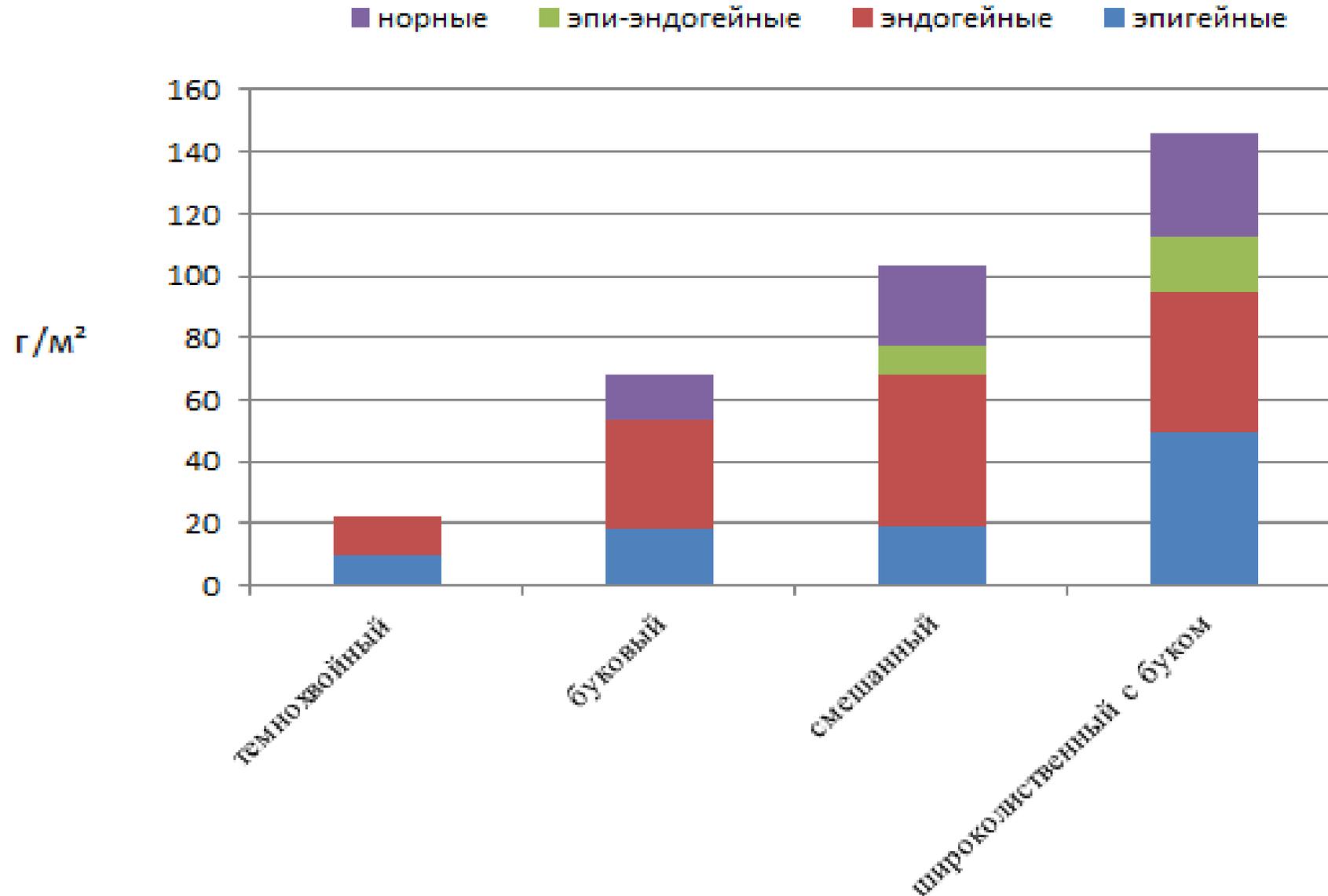
ПЕ – пихто-ельник; ЛПЕ – липово-пихто-ельник; ВЛПЕ – пихто-ельник с липой и вязом

Функциональный состав дождевых червей в разных типах леса Москворецко-Окской равнины

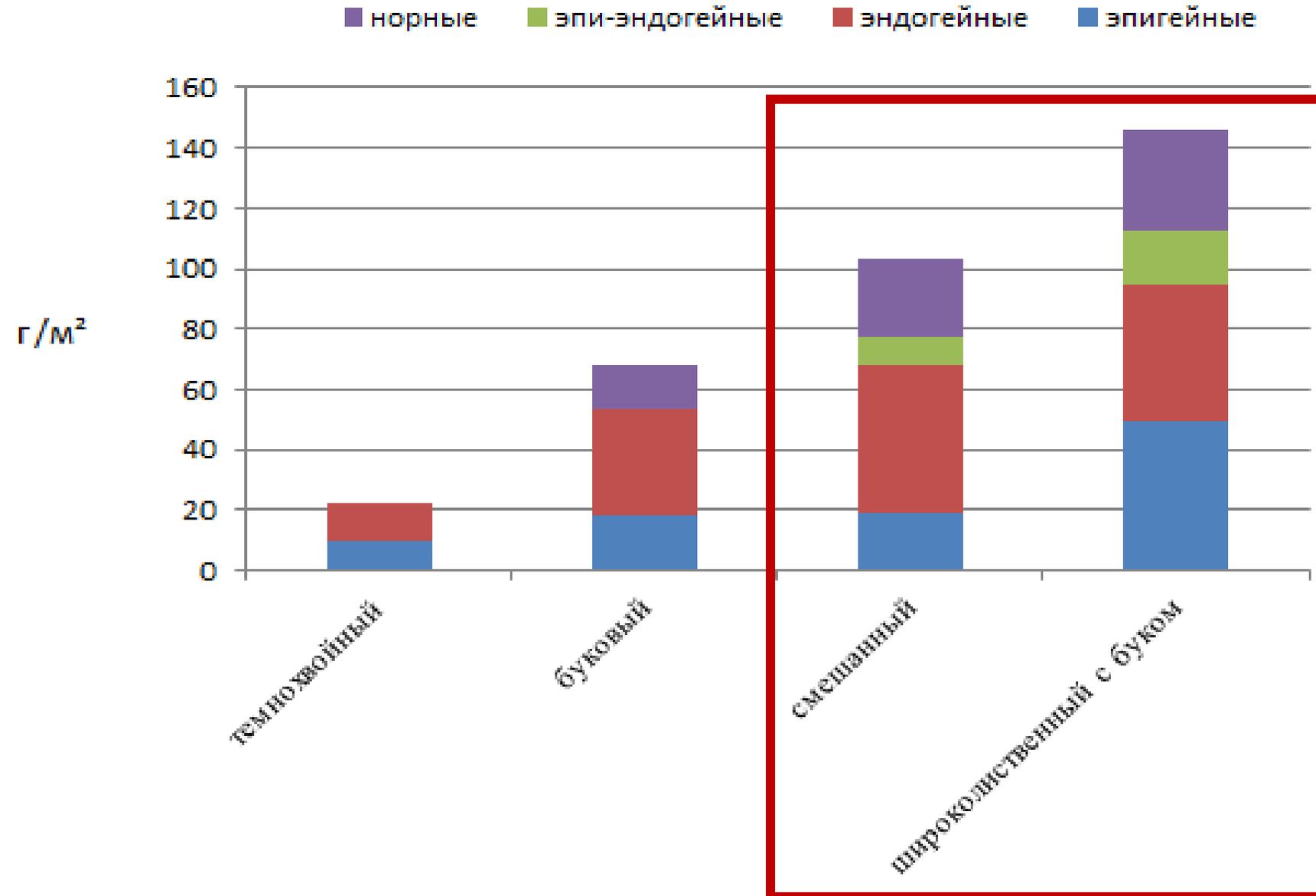


1. Березово-липовые леса с осинкой неморальнотравные
2. Липовые леса с березой и осинкой неморальнотравные
3. Широколиственно-еловые леса бореально-неморальнотравные

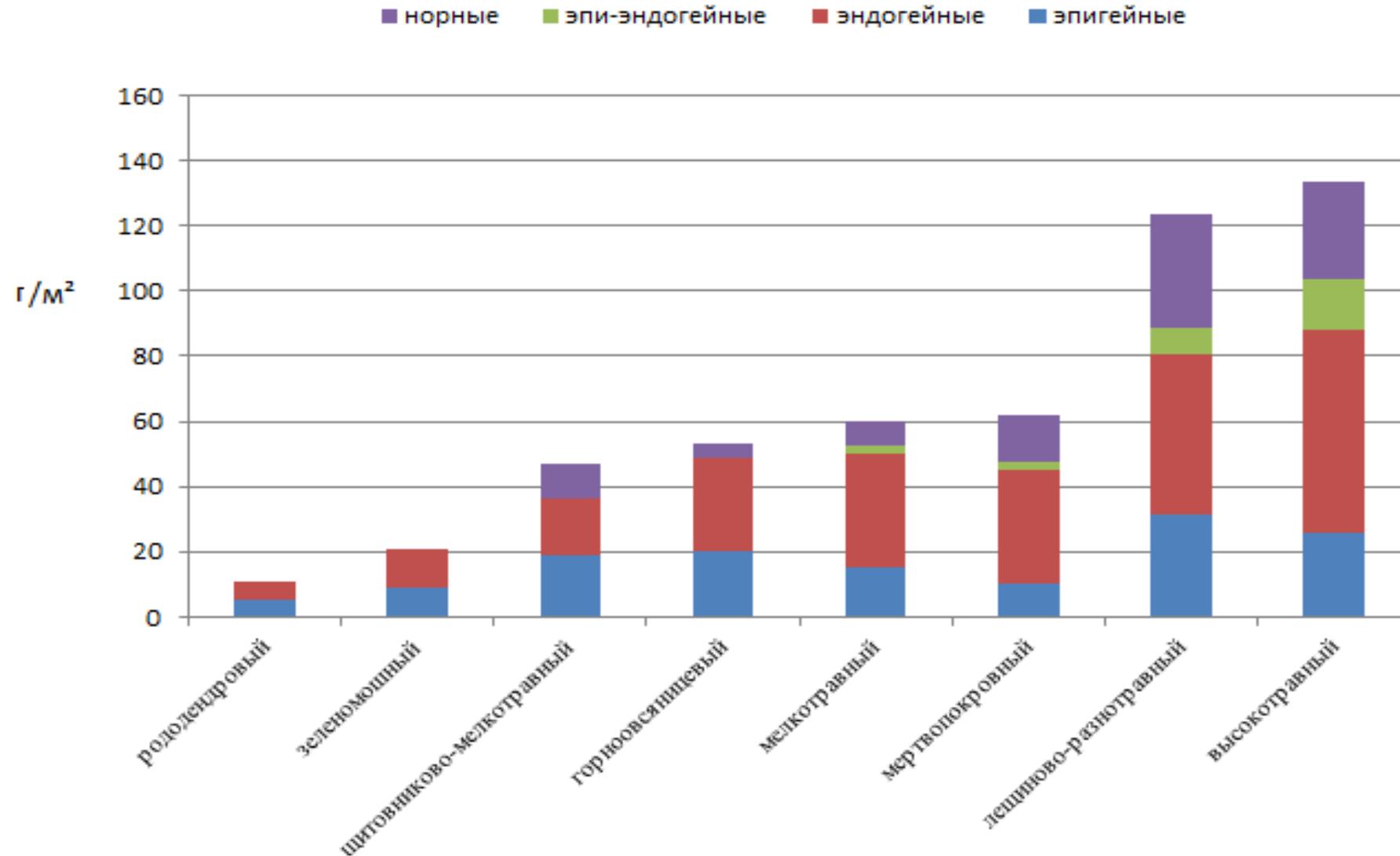
Функциональный состав дождевых червей в разных типах леса Северо-Западный Кавказ



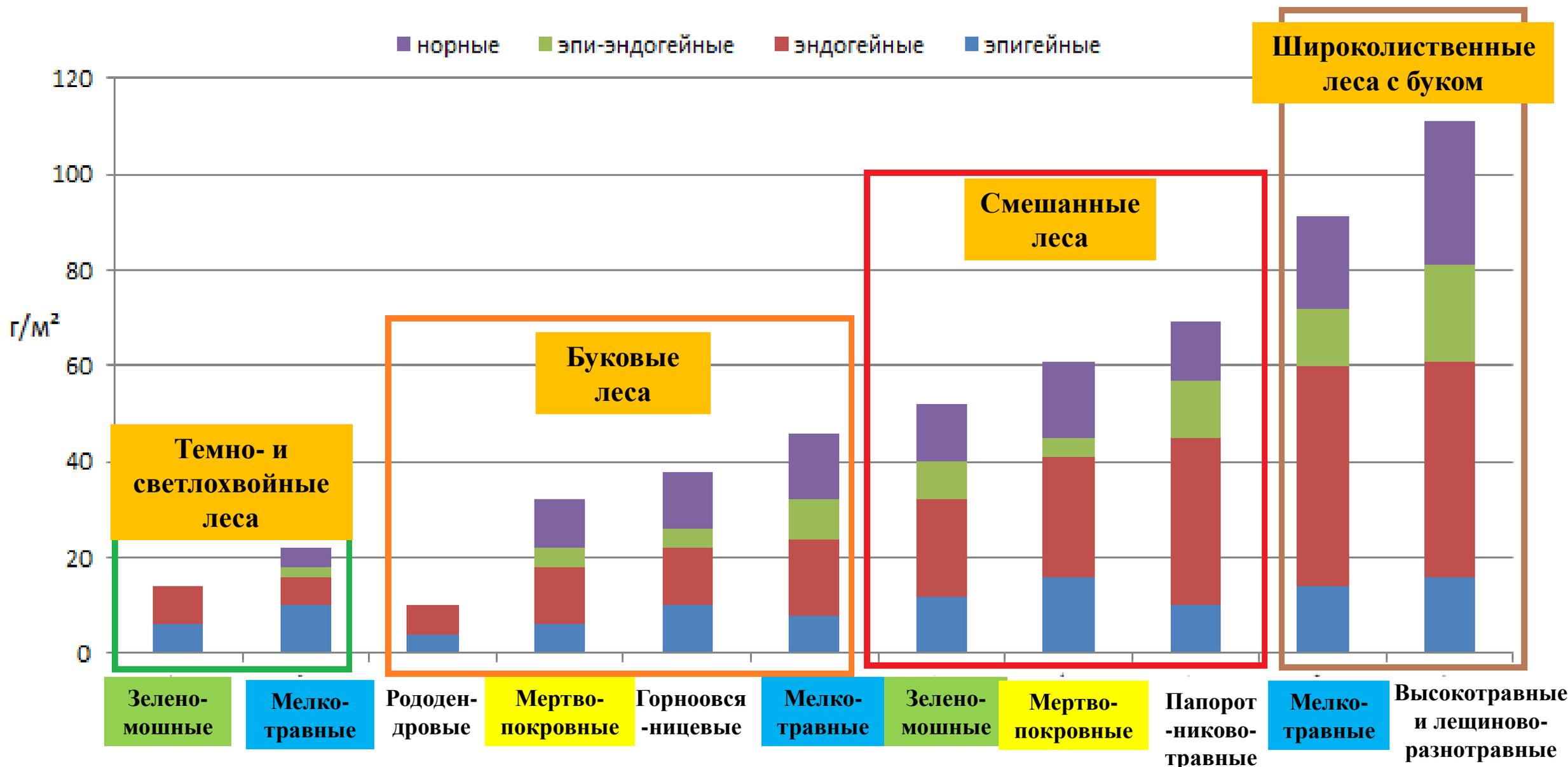
Функциональный состав дождевых червей в разных типах леса Северо-Западный Кавказ



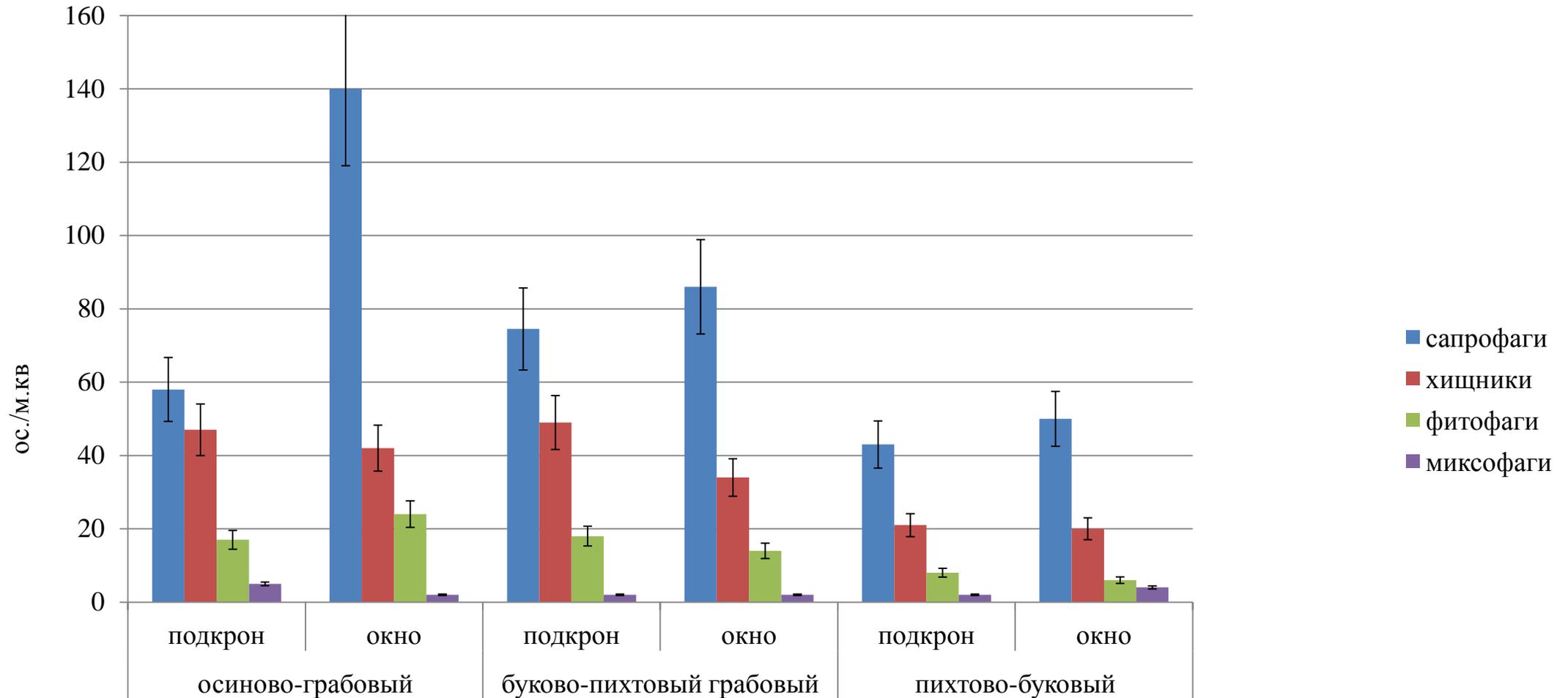
Приуроченность функциональных групп дождевых червей к доминантам напочвенного покрова в смешанных и широколиственных лесах Северо-Западного Кавказа



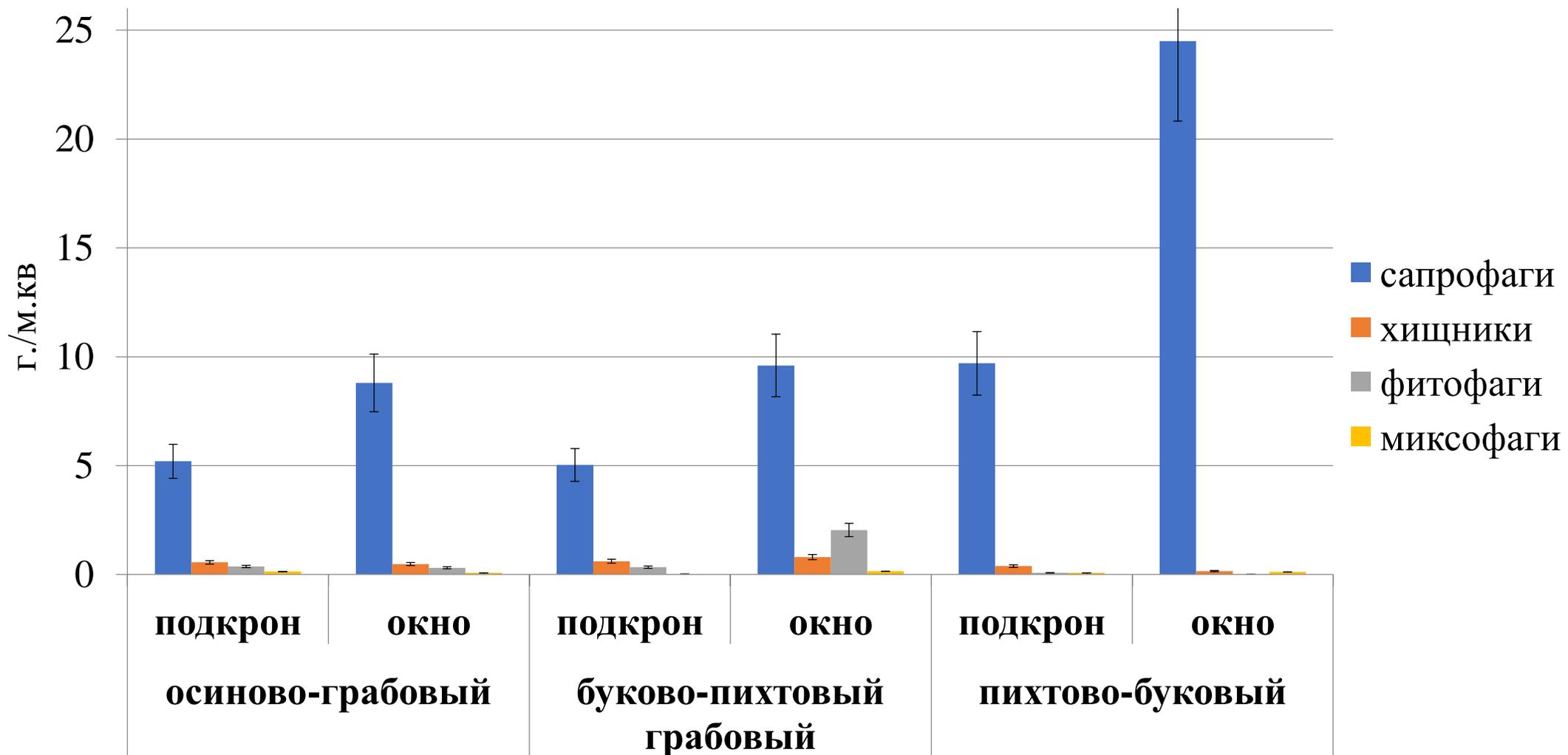
Приуроченность функциональных групп дождевых червей к типам леса Северо-Западного Кавказа



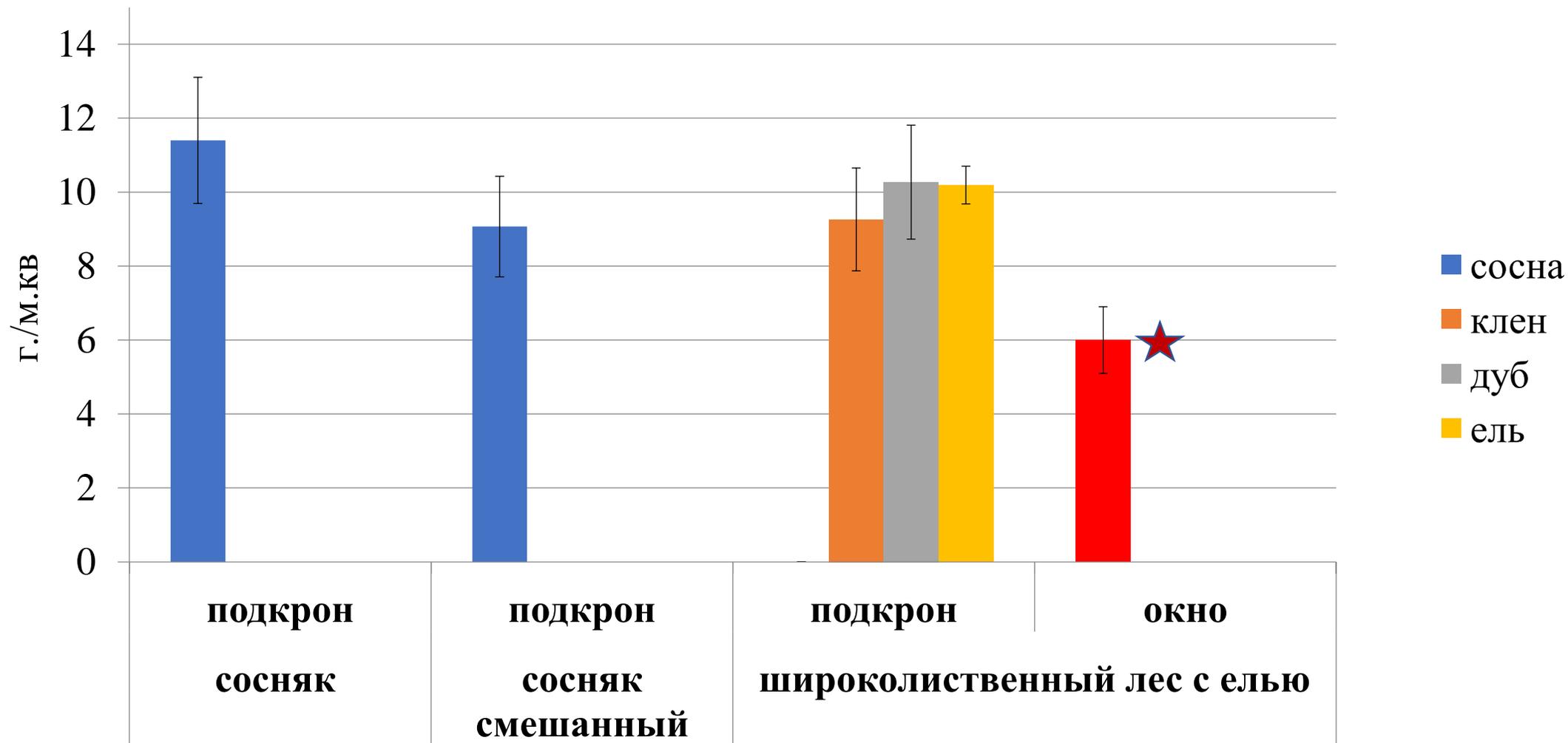
Численность трофических групп макрофауны в подкروновых пространствах и окнах лесов Северо-Западного Кавказа



Биомасса трофических групп макрофауны в подкроновых пространствах и окнах лесов Северо-Западного Кавказа

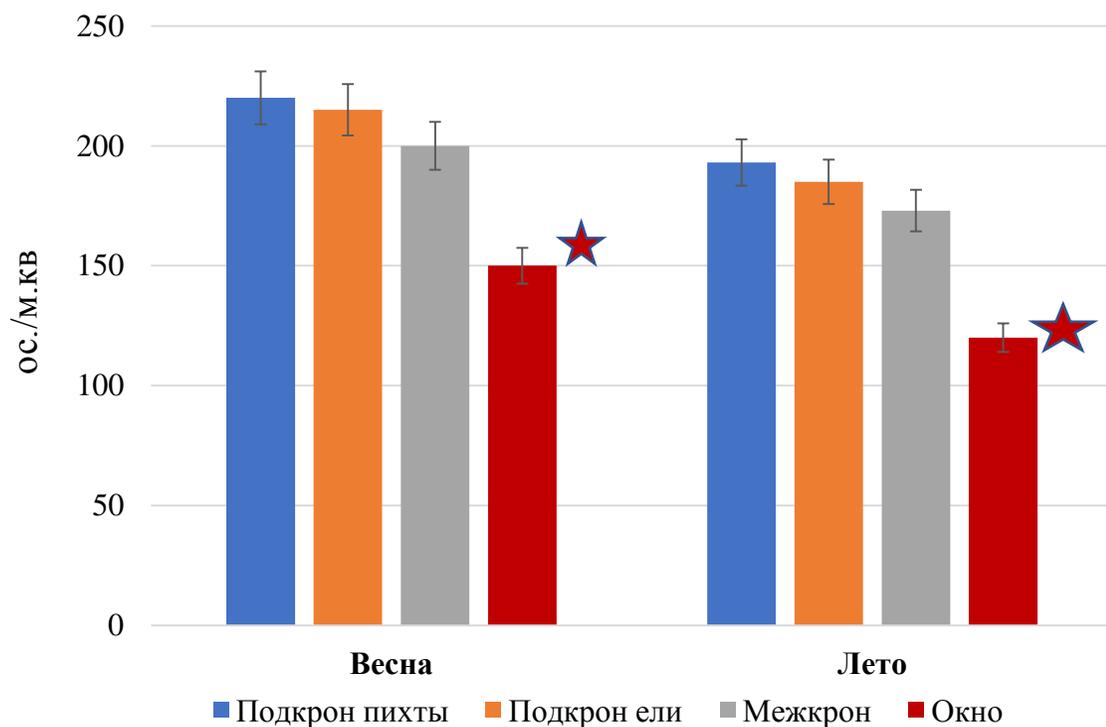


Биомасса макрофауны в подкروновых пространствах и окнах лесов заповедника «Брянский Лес»

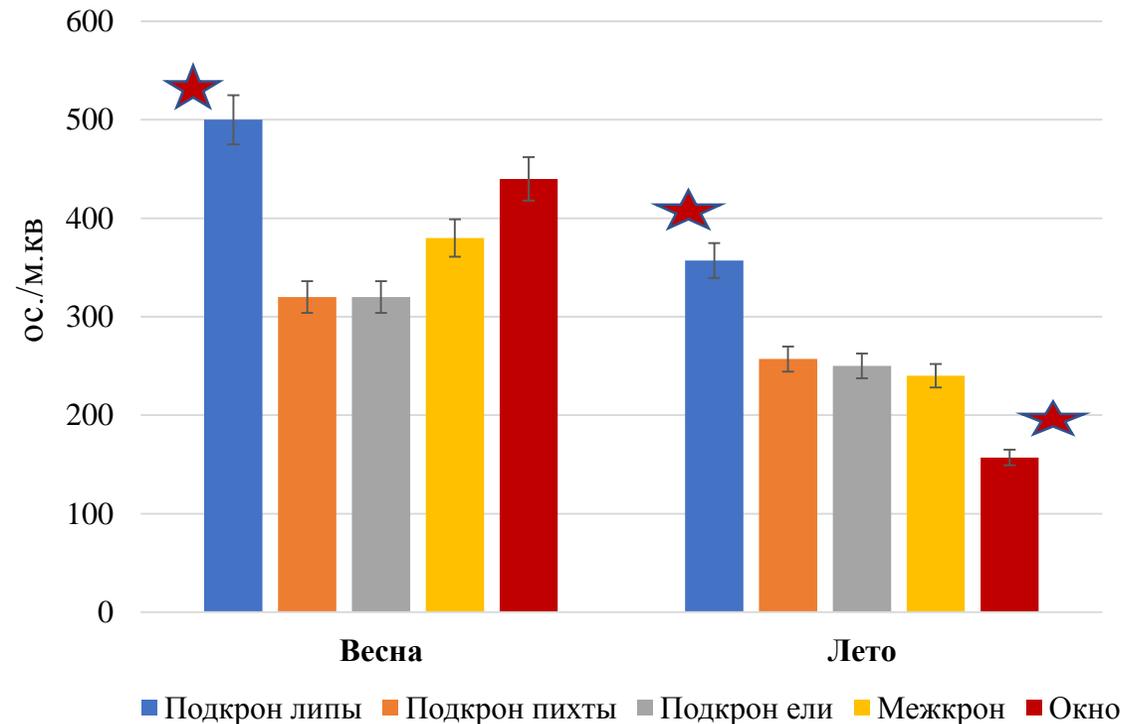


Распределение почвенной макрофауны в основных элементах лесной мозаики лесов Висимского заповедника

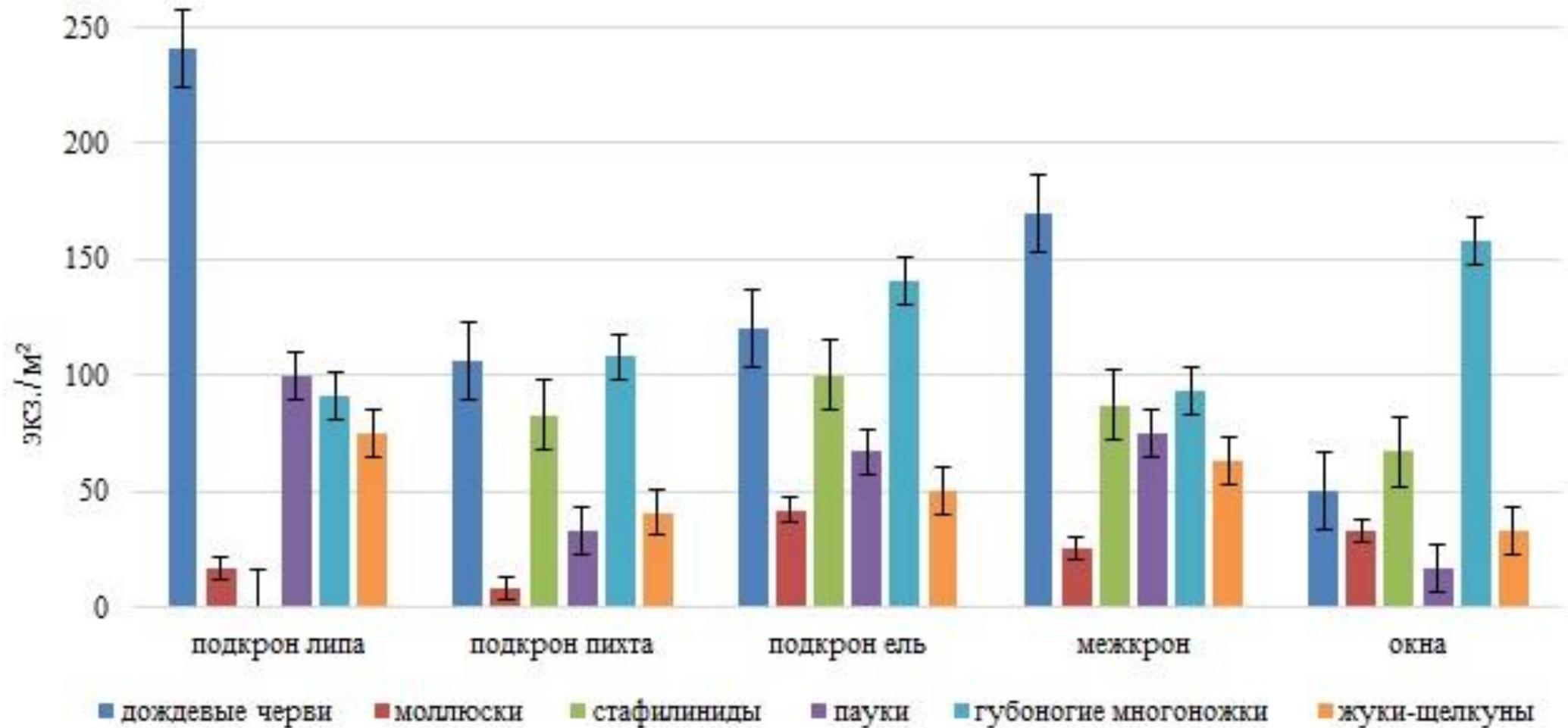
Пихто-ельник высокотравно-папоротниковый



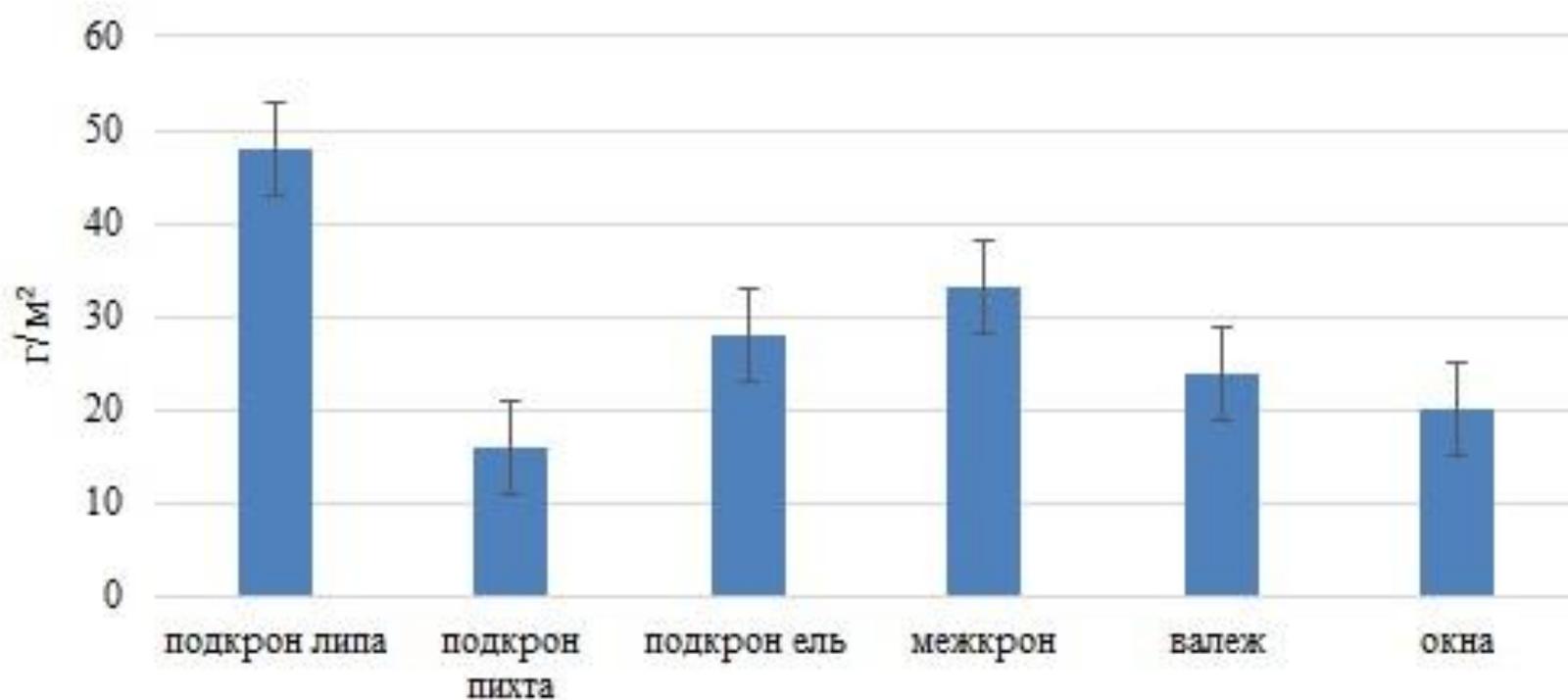
Пихто-ельник с липой бореально-неморальный



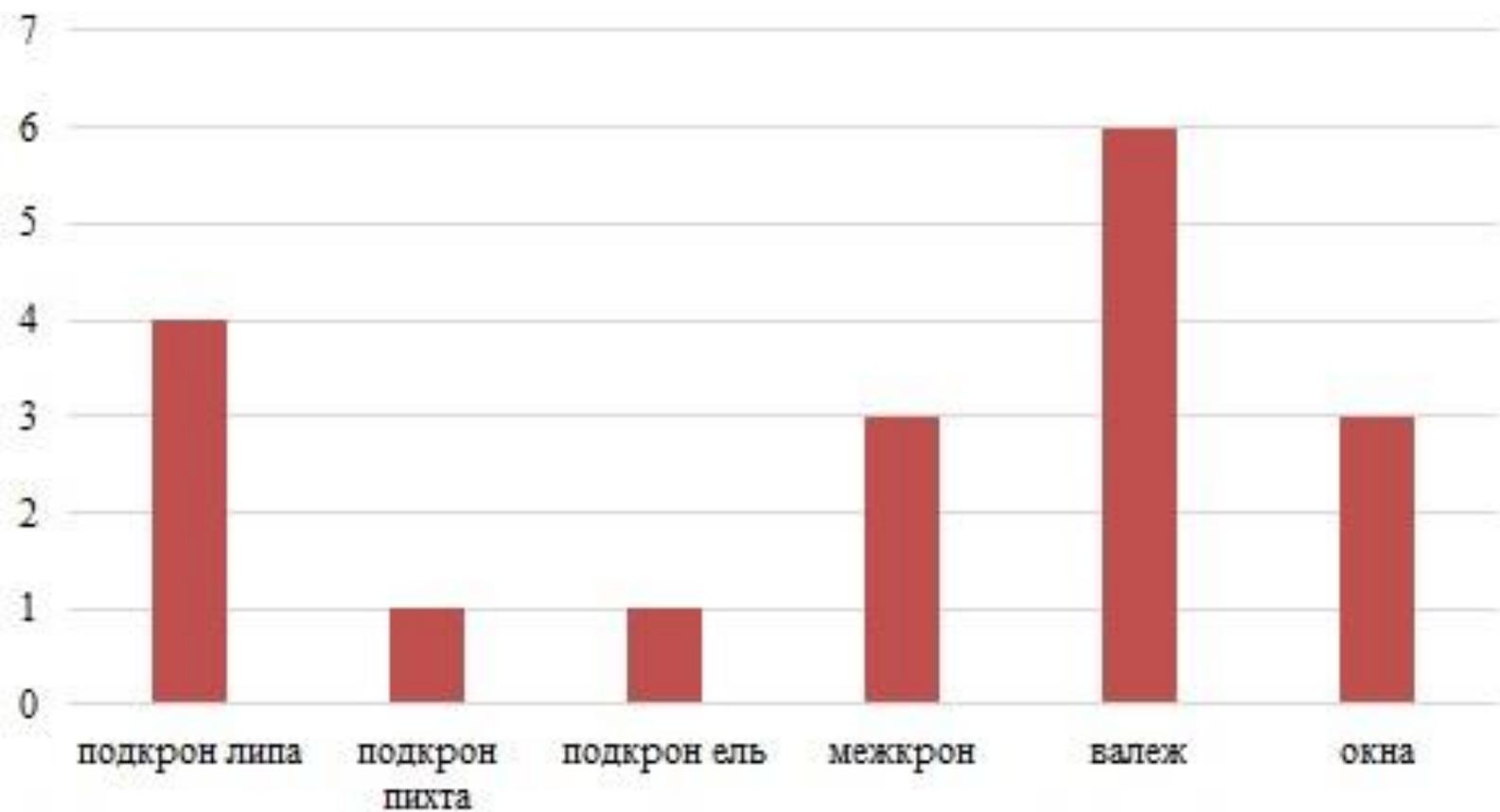
Статистические значимые различия (Критерий Краскелла-Уоллиса, $p \leq 0,05$)



Численность доминирующих таксонов макрофауны в лесных микросайтах Висимского заповедника (данные летних учетов 2019-2020 гг в трех типах леса)



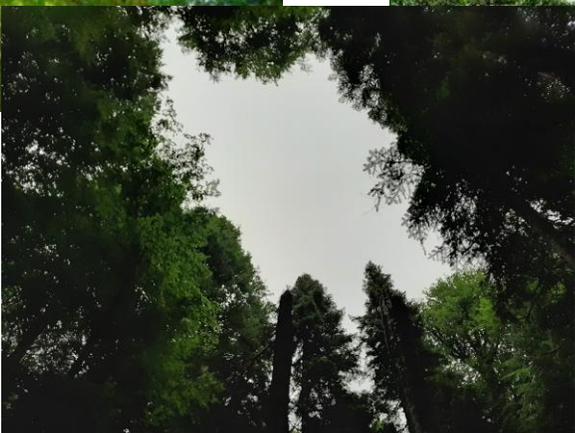
Биомасса дождевых червей в лесных микросайтах Висимского заповедника (данные летних учетов 2019-2020 гг в трех типах леса)



Число видов дождевых червей в лесных микросайтах Висимского заповедника (данные летних учетов 2019-2020 гг в трех типах леса)

Выводы к 1 части:

1. Функционально разнообразный состав почвенной макрофауны чаще всего сохраняется в смешанных лесах на суглинистых почвах.
2. Роль напочвенного покрова в поддержании разнообразия макрофауны существенно ниже, чем доминантов древостоя, однако присутствие неморальных трав среди бореальных групп растительности, как правило, коррелирует с повышением разнообразия почвенной фауны
3. В поддержании разнообразия и биомассы сапрофагов часто большое значение имеют окна и валеж.



2. Сохранение и восстановление лесных почв

«Зоологическая мелиорация» почв (середина XX века)

"Интродукция отсутствующих на данной территории видов беспозвоночных-почвообразователей - технически самый простой и эффективный прием зоологической мелиорации почв" М.С. Гиляров

Известен успешный опыт реинтродукции дождевых червей (Евразия: СССР, Нидерланды, Германия, Польша), термитов (Африка, Азия, Австралия) и интродукции жуков-навозников (Австралия). Часто происходит непреднамеренная реинтродукция дождевых червей вместе с посадочным материалом, которая также оказывается полезной для восстановления почвенного плодородия.

При сильной деградации почв проводят комплекс мероприятий по трансплантации блоков верхних слоев почвы из близлежащих регионов, что часто способствует более быстрому и устойчивому заселению почвенной фауной восстанавливаемых территорий в сравнении с мероприятиями по реинтродукции почвенной фауны без почвы.



**Меркурий Сергеевич Гиляров
(1912-1985)**

«Rewilding» почвенной биоты, XXI век

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ - RESTORATION ECOLOGY

AUTHOREA

Rewilding with invertebrates and microbes to restore ecosystems:
present trends and future directions

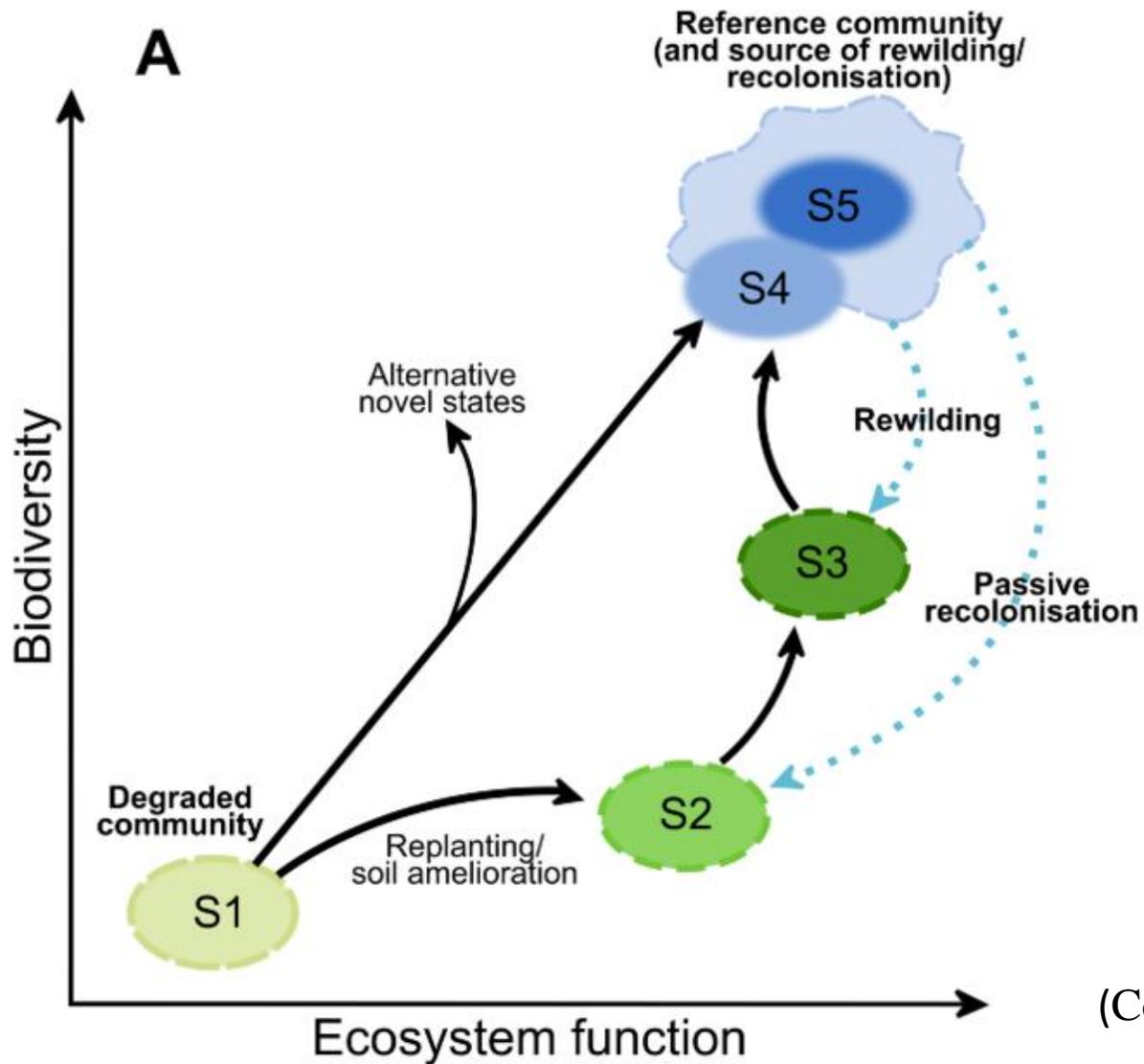
Peter Contos¹, Jennifer Wood¹, Nicholas Murphy¹, and Heloise Gibb¹

¹La Trobe University College of Science Health and Engineering

April 6, 2021

Abstract

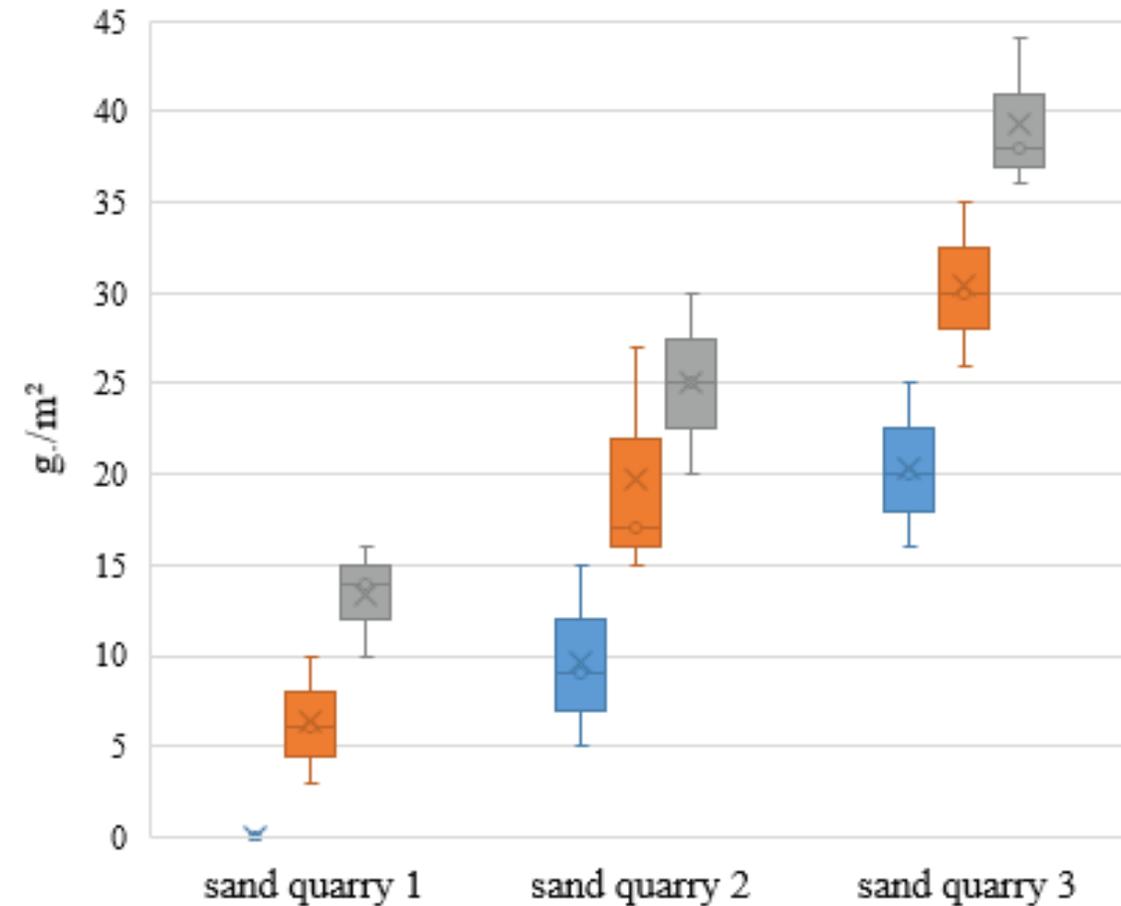
1. Restoration ecology has historically focused on reconstructing communities of highly visible taxa whilst less visible taxa, such as invertebrates and microbes, are ignored. This is problematic as invertebrates and microbes make up the vast bulk of biodiversity and drive many key ecosystem processes, yet they are rarely actively reintroduced following restoration, potentially



Этапы восстановления.

1. Постановка целей восстановления
2. Оценка траектории восстановления
3. Выбор сообществ, из которых будут взяты объекты для восстановления
4. Реинтродукция
5. Мониторинг
6. Оценка успехов восстановления

(Contos et al., 2021)



Restoration of Earthworms Community (Oligochaeta: Lumbricidae) at Sand Quarries (Smolensk Oblast, Russia)

Anna Petrovna Geraskina

Center for Forest Ecology and Productivity Russian Academy of Sciences

- before the int
- after the introduction of 1 year
- after the introduction of 5 year

Возраст карьера

5 лет

20 лет

46 лет

Номер карьера	Число групп червей до реинтродукции	Число реинтродуцированных групп	Число успешно выживших групп
Карьер 1	0	4	1 (эндогейные)
Карьер 2	1	3	2 (эпигейные, эпи-эндогейные)
Карьер 3	3	1	1 (норные)

Реинтродукция зубров способствует сохранению дождевых червей и другой почвенной фауны

ВЛИЯНИЕ РЕИНТРОДУКЦИИ ЗУБРОВ НА КОМПЛЕКСЫ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ОРЛОВСКОЕ ПОЛЕСЬЕ»

А. П. Гераскина

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Россия, 127990, в. Москва, ул. Волгоградская, 44/52
 Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия, 119899, в. Москва, ул. Николоямская, 6, корпус 5
 E-mail: a.geraskina@yandex.ru

Л. Л. Киселева

ФГБУ Национальный парк «Орловское Полесье», Россия, 309346, Орловская область, Хотинский район, пос. Мудеркалы, ул. Лесная, 1
 E-mail: l.kiseleva@yandex.ru

А. П. Карпачев

ФГБУ Национальный парк «Орловское Полесье», Россия, 309346, Орловская область, Хотинский район, пос. Мудеркалы, ул. Лесная, 1
 E-mail: a.p.karpachev@yandex.ru



Рис. 9. Дождевые черви под экскрементами зубров:

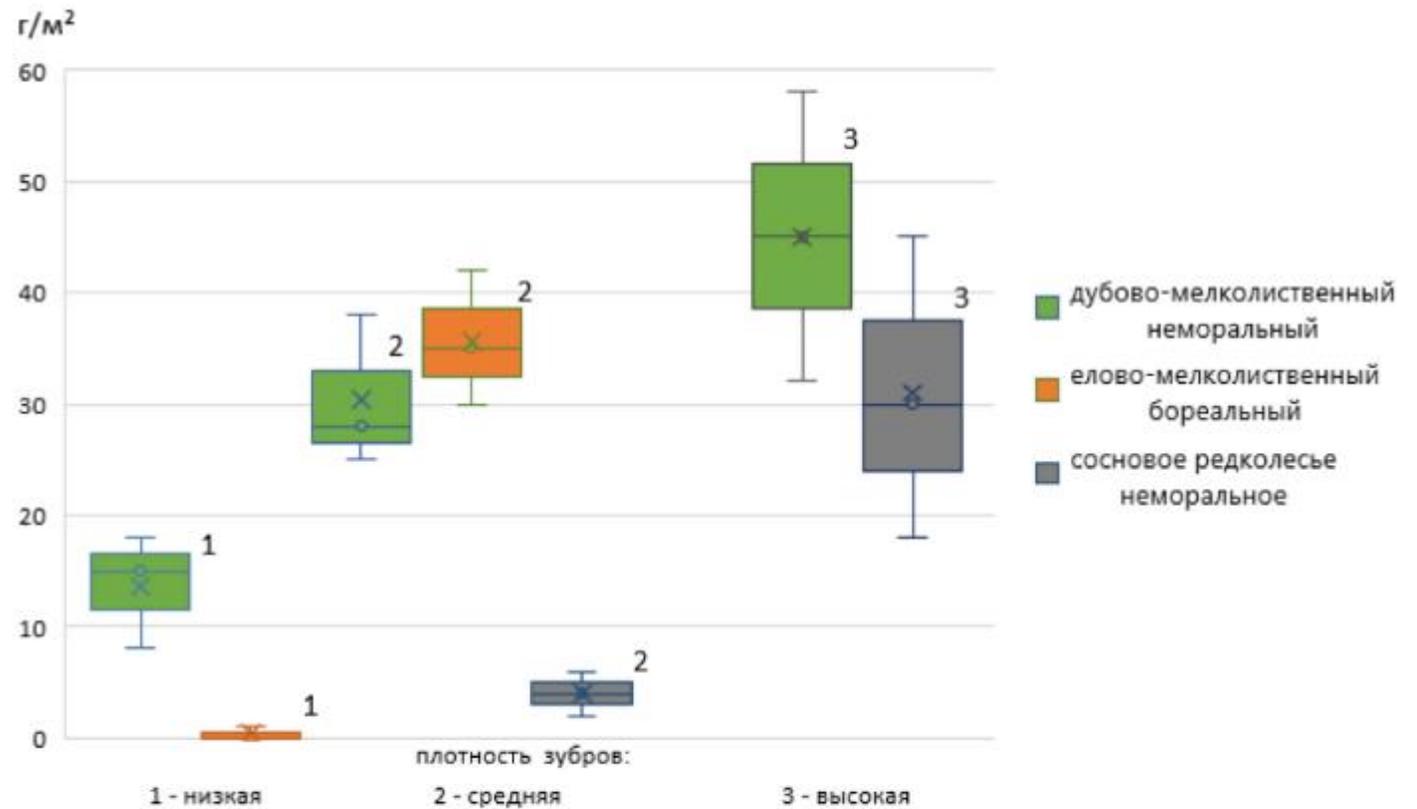


Рис. 8. Биомасса дождевых червей в лесных сообществах национального парка «Орловское Полесье» с разной плотностью зубров

Риски реинтродукции и их предотвращение

Риски	Решение
Подрыв сообществ, которые служат «донором» почвенной биоты	Минимизировать площади и объемы, изымаемых почвенных блоков, или количество беспозвоночных. «Сплошное» изъятие материала заменить на «шахматное», для более быстрого восстановления «донорных» сообществ. Искусственное разведение почвенной фауны.
Неэффективность реинтродукции (гибель реинтродуцированной биоты)	Детальные знания биологии видов и условий мест реинтродукции
Каскадные трофические эффекты при реинтродукции хищников (например, пауков) нарушение баланса между трофическими группами	Контроль и регуляция плотности реинтродуцированных групп, реинтродукция недостающих звеньев сообщества (не только беспозвоночных, но и позвоночных, растений с разным качеством опада)
Гибридизация между популяциями близких видов, что ставит под угрозу целостность эндемичных эволюционных линий и их сохранение	Необходимо проводить генетическую оценку внутривидового разнообразия до реинтродукции и если это невозможно, выбирать повторную интродукцию популяций из ближайшей остаточной популяции

«Rewilding» почвенной биоты

- Ревайлдинг должен происходить только тогда, когда естественная реколонизация кажется невозможной или чрезвычайно медленной.
- Ступенчатое восстановление сообществ путем добавления отдельных видов становится все более нереалистичным и неэффективным способом в настоящее время, когда происходит стремительная утрата видов, групп, сообществ.
- Эффективен перенос микрофрагментов сообществ из наиболее сохранившихся в деградированные экосистемы и их части.

Заключение

Имеющиеся представления о пространственной неоднородности распределения почвенной фауны могут служить основой при разработке мероприятий, направленных на повышение устойчивости и продуктивности лесных экосистем. Как для сохранения таксономического и функционального разнообразия почвенной биоты, так и ее успешной реколонизации эффективны посадки смешанных культур (лиственных и хвойных видов), создание мозаики микросайтов (сохранение валежа, формирование окон) и другие лесохозяйственные мероприятия. Реинтродукция крупных фитофагов (например, зубров) в лесах способствует успешной реколонизации почвенной биоты.

Финансирование:

Проект РНФ - 16-17-10284
руководитель Лукина Н.В.

Проект РФФИ - 19-04-00609
руководитель Смирнова О.В.



Благодарности





Спасибо за внимание!