



Лаборатория изучения
экологических функций почв

Институт проблем экологии и
эволюции им. А.Н. Северцова РАН



Интенсивность землепользования на лугах определяет функциональное, но не таксономическое разнообразие сообществ орибатид

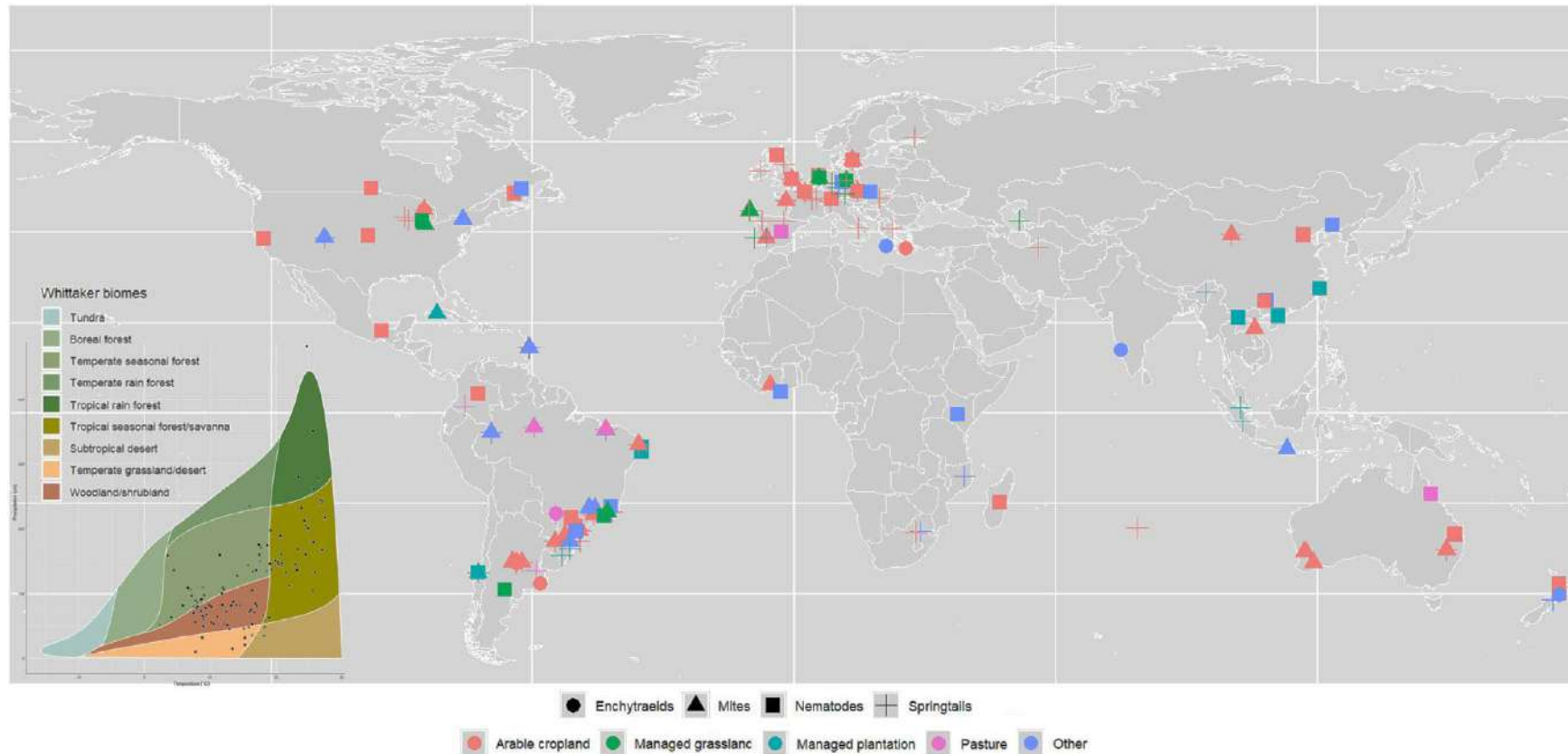
Зайцев Андрей Станиславович, PhD, в.н.с.

Концептуальные проблемы	Что такое «критические блоки»?	Связь трейты → процессы → функции	Масштабирование уровней организации	
Методологические проблемы	Стандартизация трейтов почвенной фауны	Измерение функций почвы	Связывание данных разных типов	
Данные и наблюдения	Недостаток данных по почвенной фауне	Cryptic (black) diversity	Контроль условий	Лабораторные эксперименты
Пространственно-временная динамика	Пространственная неоднородность	Временная изменчивость	Глобальные изменения	
Моделирование	Трофические взаимодействия	Нетрофические взаимодействия	Выбор типа моделей	Нелинейность и критические точки
Синтез	Универсальность vs контекст	Предсказательная сила	Управление экосистемами	

Место работы в предметной матрице лаборатории



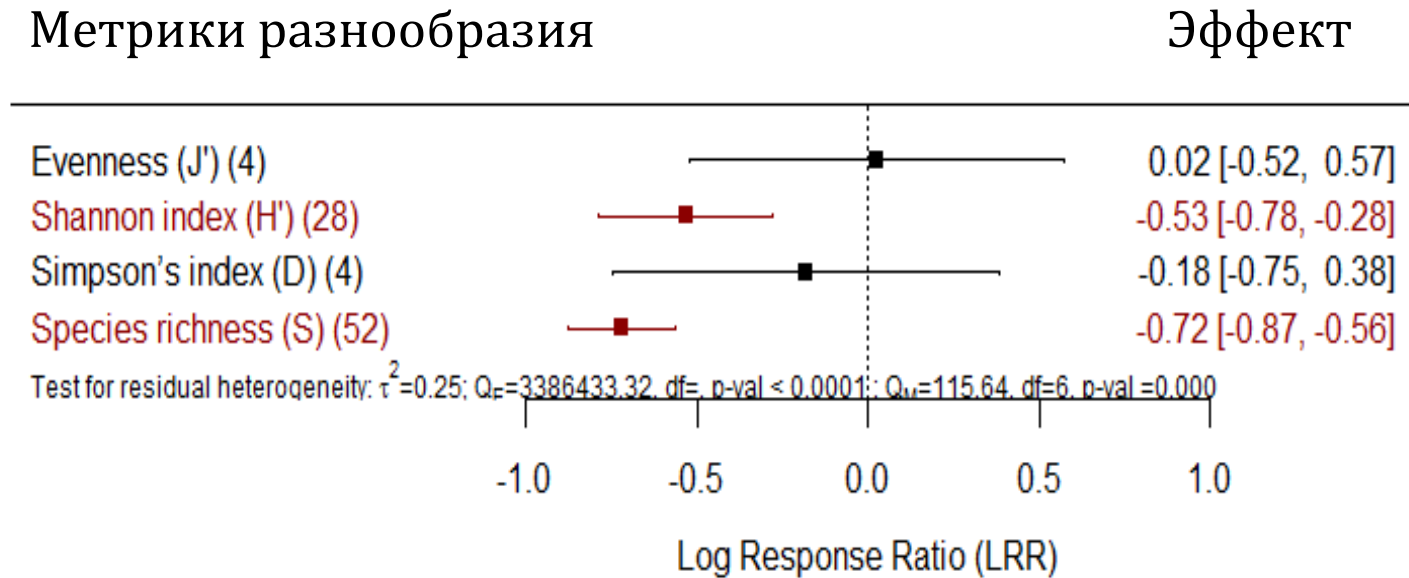
Проблематика: Глобальный уровень



- В агроэкосистемах на население панцирных клещей воздействует широкий спектр сил, связанных с землепользованием.
- Глобального анализ => недостаток данных.

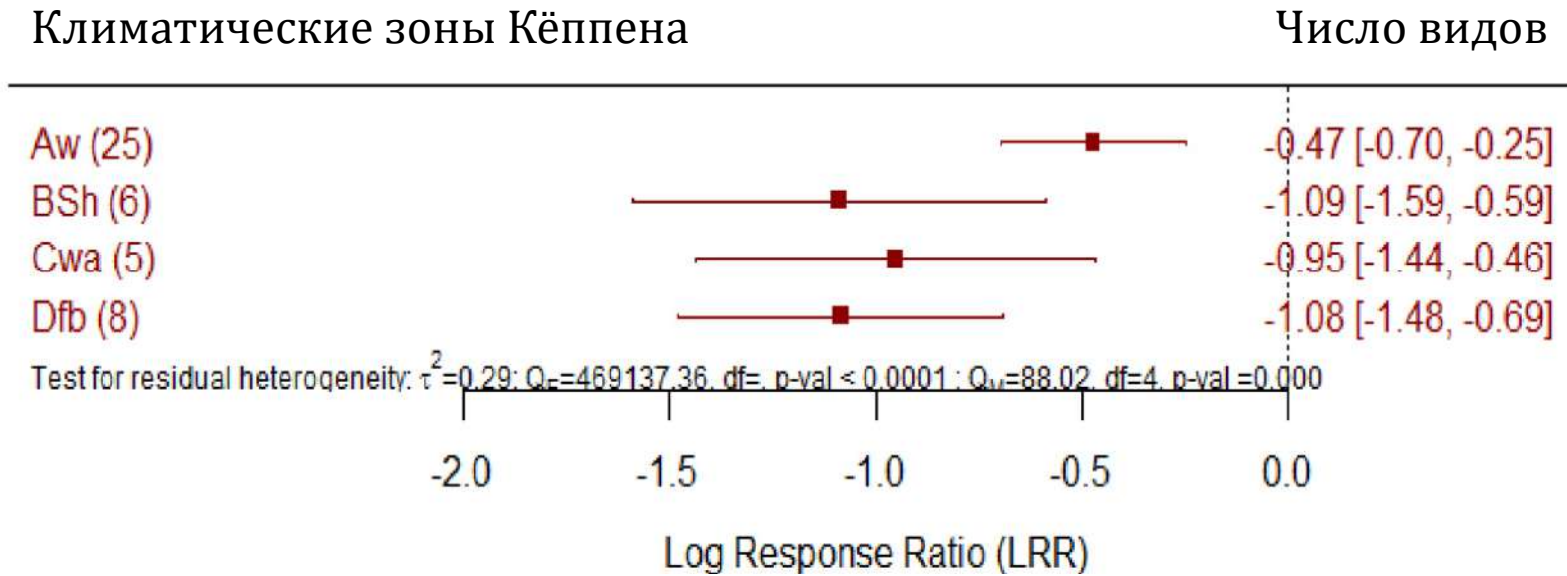
*Betancur-Corredor, B., Zaitsev, A., Russell, D.J. 2025.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117561>*

Чувствительность метрик на глобальном уровне



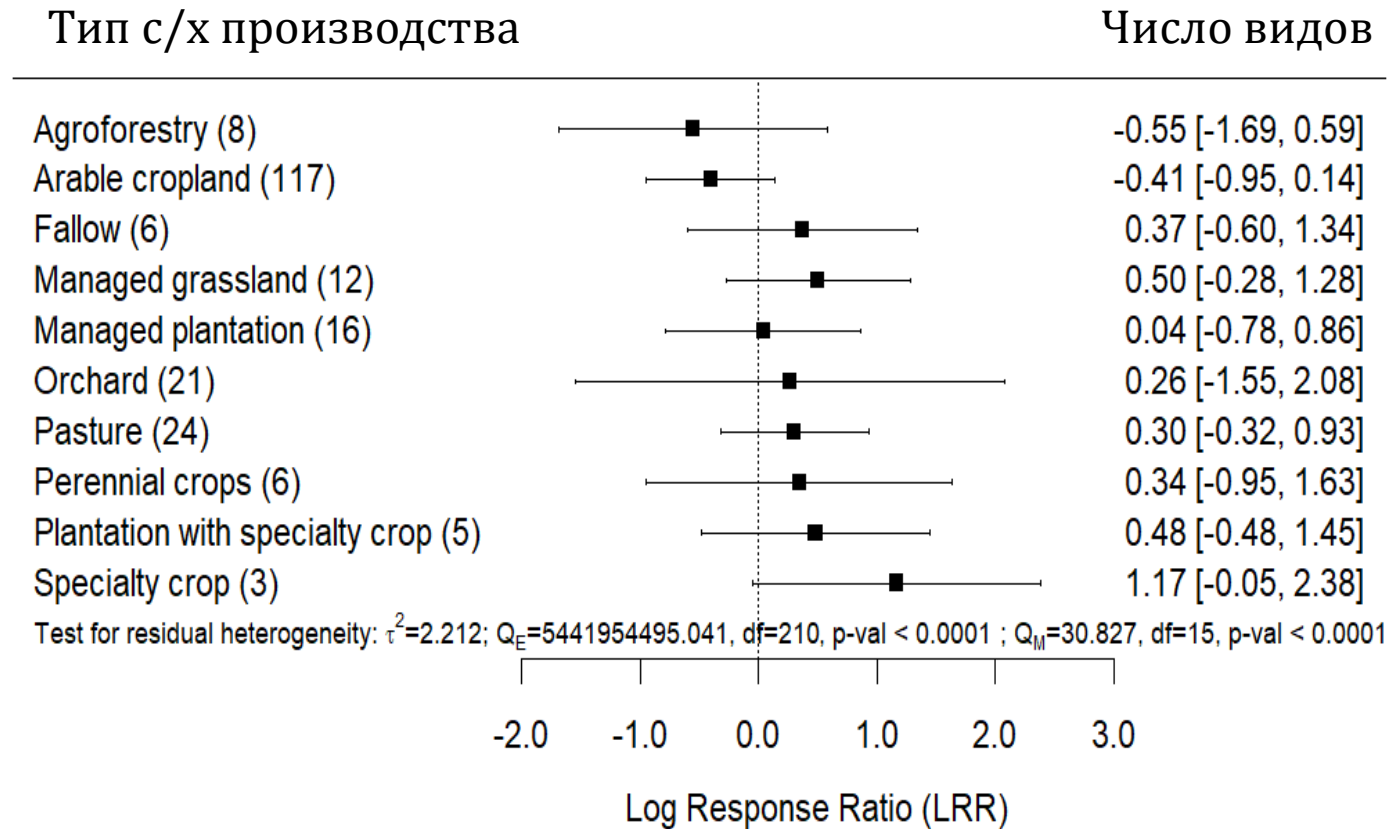
- Метрики видового разнообразия более чувствительны чем численность на глобальном уровне.

Эффект климата на глобальном уровне



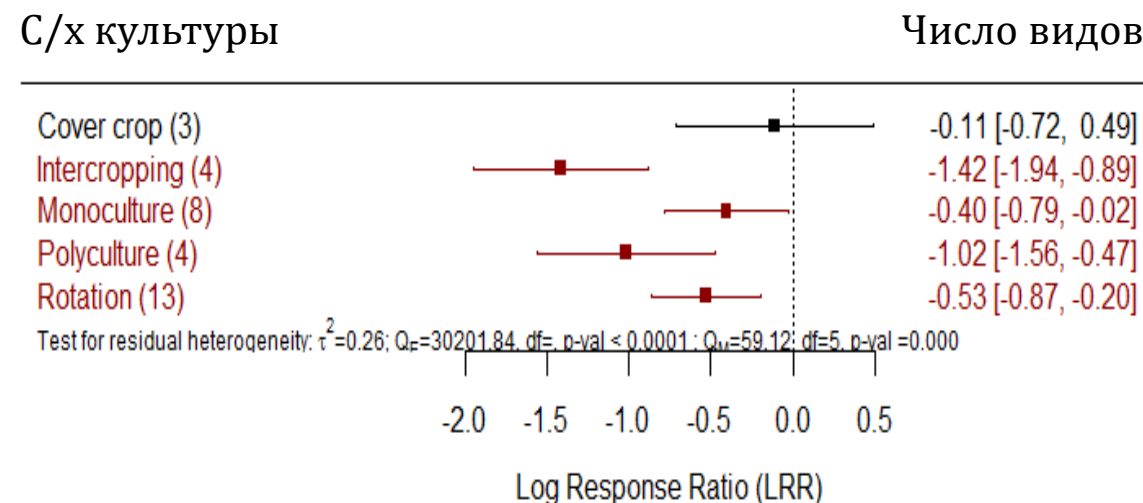
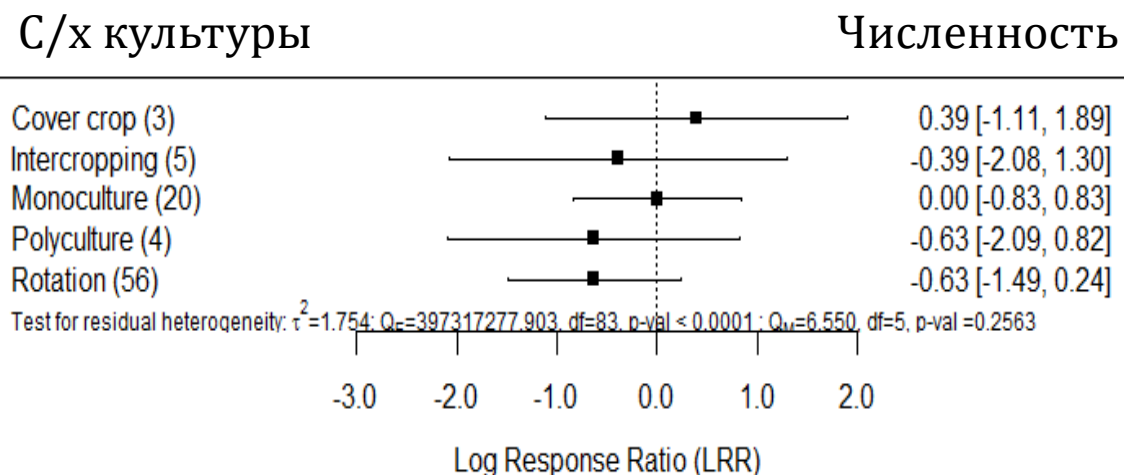
- Снижение разнообразия, но не численности в интенсивно эксплуатируемых агроэкосистемах во всех исследованных климатических зонах.

Эффект типа землепользования на глобальном уровне



- А его и нет!

Чувствительность метрик на глобальном уровне

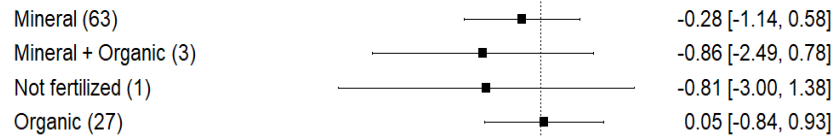


- Тип землепользования не меняет численность, но чаще сокращает видовое богатство.

Эффект элементов землепользования на глобальном уровне

Удобрения

численность



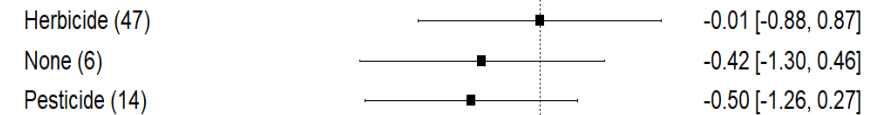
Test for residual heterogeneity: $\tau^2=3.373$; $Q_F=71441845.153$, $df=90$, $p\text{-val} < 0.0001$; $Q_H=1.849$, $df=4$, $p\text{-val}=0.7635$

-4.0 -3.0 -2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0

Log Response Ratio (LRR)

Пестициды

численность



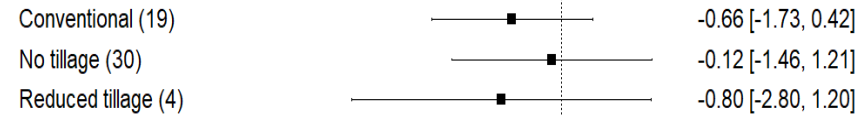
Test for residual heterogeneity: $\tau^2=1.008$; $Q_F=34064758.834$, $df=65$, $p\text{-val} < 0.0001$; $Q_H=11.618$, $df=5$, $p\text{-val} < 0.0001$

-1.5 -1.0 -0.5 0.0 0.5 1.0

Log Response Ratio (LRR)

Тип вспашки

численность



Test for residual heterogeneity: $\tau^2=3.677$; $Q_F=1394307.601$, $df=50$, $p\text{-val} < 0.0001$; $Q_H=3.591$, $df=3$, $p\text{-val}=0.3092$

-3.0 -2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0

Log Response Ratio (LRR)

- Ни удобрения, ни применение пестицидов, ни тип вспашки не меняет численность.
- При этом для видового богатства требуется сперва получение данных на **региональном уровне**.

Промежуточные выводы:

- Эффект землепользования на сообщества орибатид на глобальном уровне проявляется не всегда и не везде, и вообще не поражает размером.
- Данные по климатическим зонам и типам землепользования в сельскохозяйственном производстве распределены очень неравномерно и в большинстве случаев крайне ограничены.
- Численность остается достаточно стабильной вне зависимости от интенсивности и типа землепользования.
- Имеющийся материал не позволяет однозначно интерпретировать изменения структуры и функциональный статус сообществ почвенных животных
- **Вызов** – проведение более детальных системных исследований структуры сообществ почвенных клещей на локальном и региональном уровнях.

Пример изучения эффекта землепользования на локальном и региональном уровнях

- 150 лугов и пастбищ в трех регионах Германии
- Измерялись: интенсивность выпаса, уровень внесения удобрений и рассчитывался интегральный индекс интенсивности использования (LUI – по: Blüthgen et al., 2012).
- Орибатидаы => до вида,
- Для каждого вида определялась принадлежность к экологическим группам (трейтам): **Предпочитаемый горизонт почвы; Пищевая специализация; Размерная группа; тип размножения**



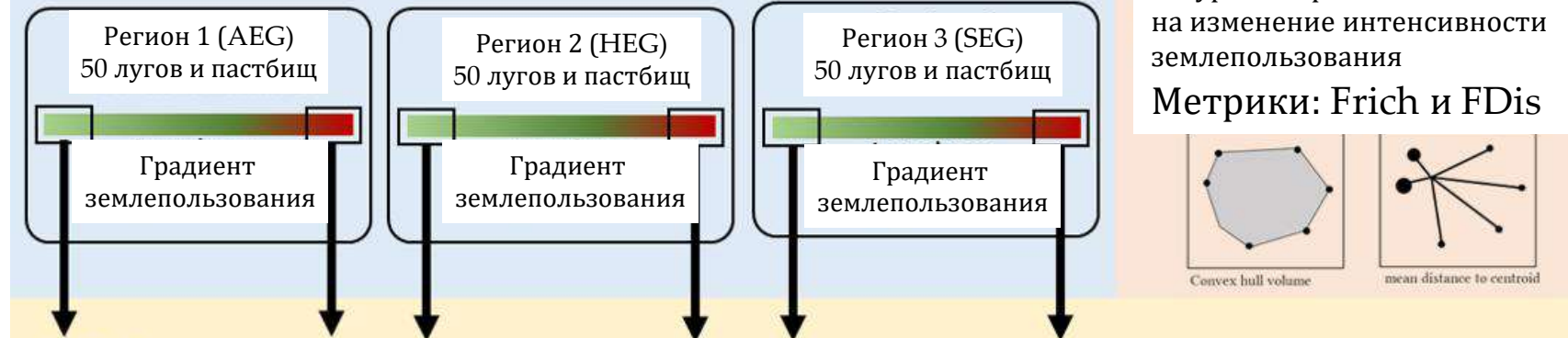
Baulechner, D. John K., Zaitsev A., Saifutdinov R., Wolters V. 2026. Geoderma. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2026.117715>

Гипотезы

- Увеличение интенсивности выпаса скота и внесения удобрений снижает функциональное разнообразие почвенной мезофауны.
- Высокоинтенсивный выпас скота изменяет процессы формирования сообщества, усиливая роль нишевых процессов в качестве экологического фильтра.
- Процессы формирования населения и реакция орибатид на функциональном уровне основаны на региональных специфических взаимосвязях «вид-трейт-среда»).

Организация работы

ПУЛ ВИДОВ



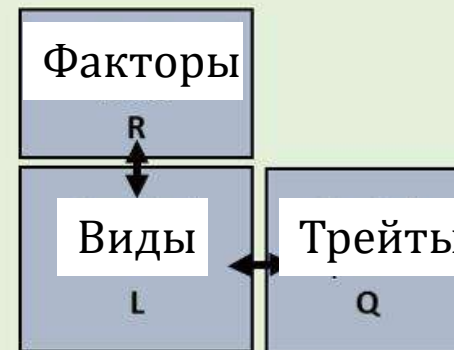
Этап 2

Относительный вклад факторов в объяснение спектров трейтов на лугах с разным уровнем

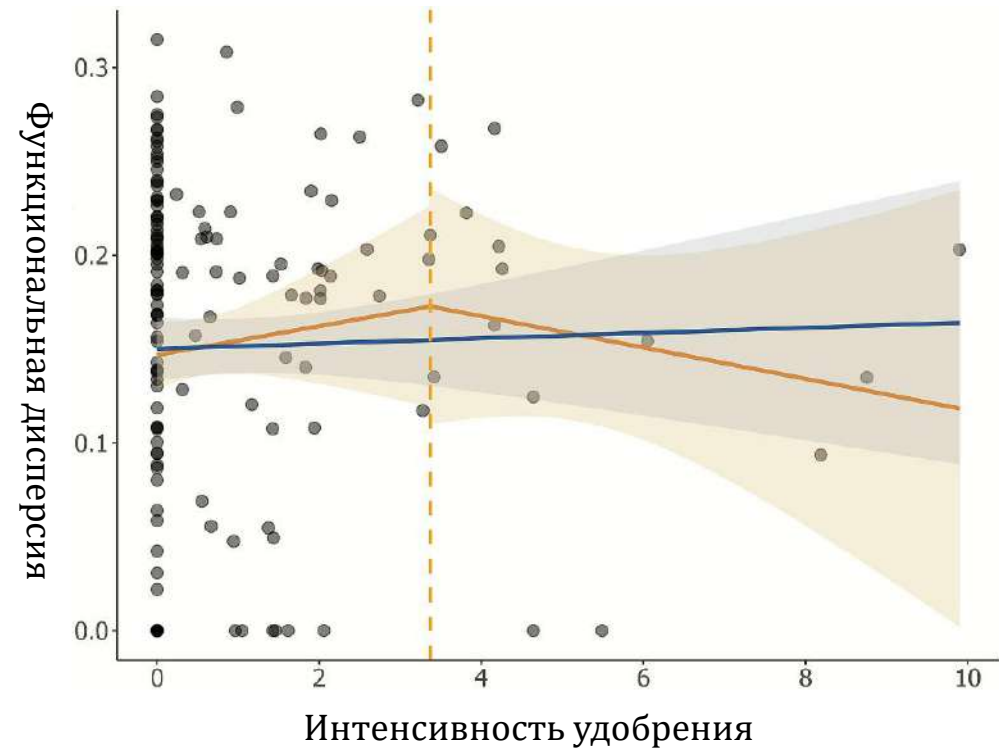
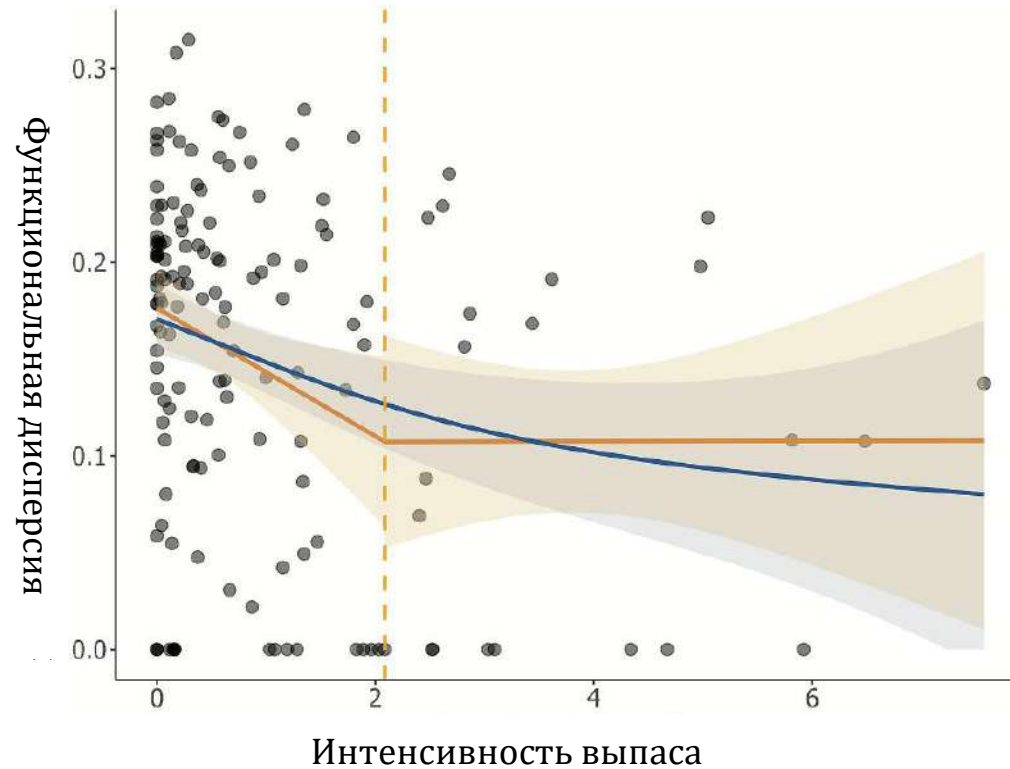
Без удобрений vs много удобрений
Низкий уровень выпаса vs интенсивный выпас

Этап 3

Многомерный анализ взаимоотношений трейтов видов (взвешенных на видовую численность) и компонент интенсивности землепользования (RLQ)

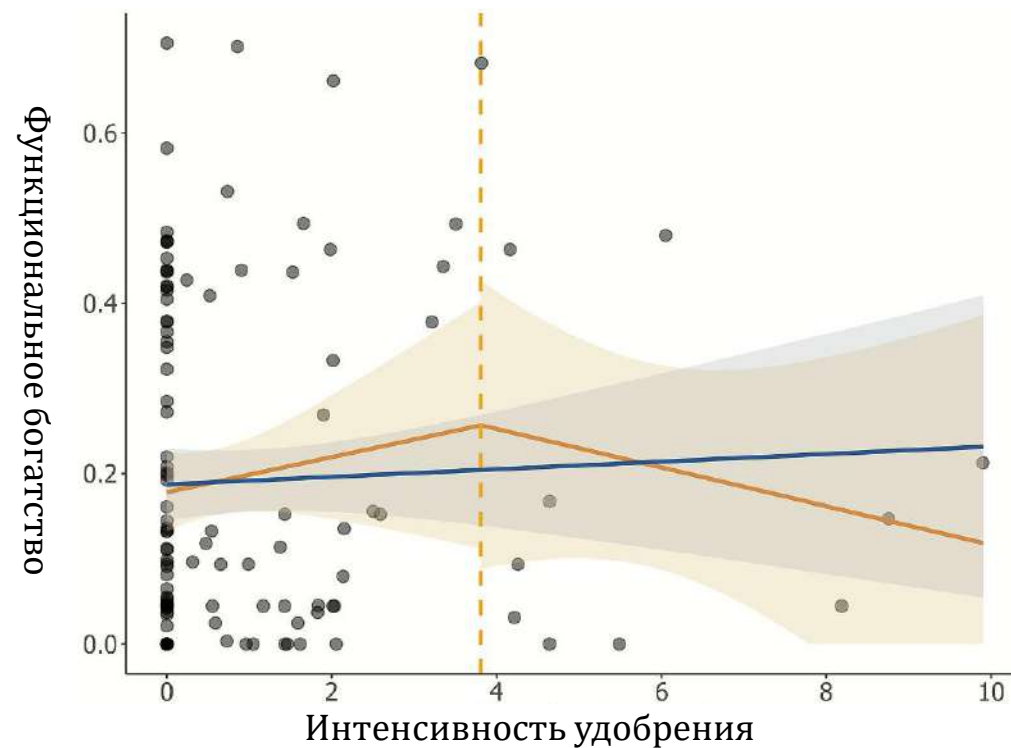
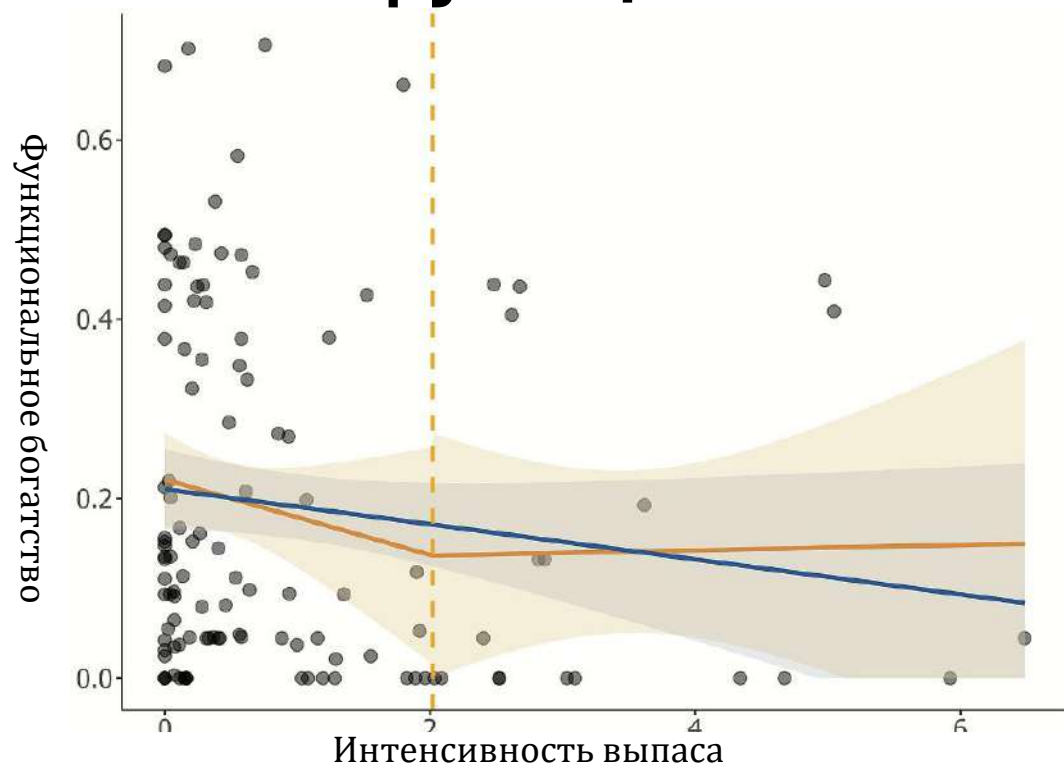


Влияние компонентов интенсивности землепользования на функциональные метрики



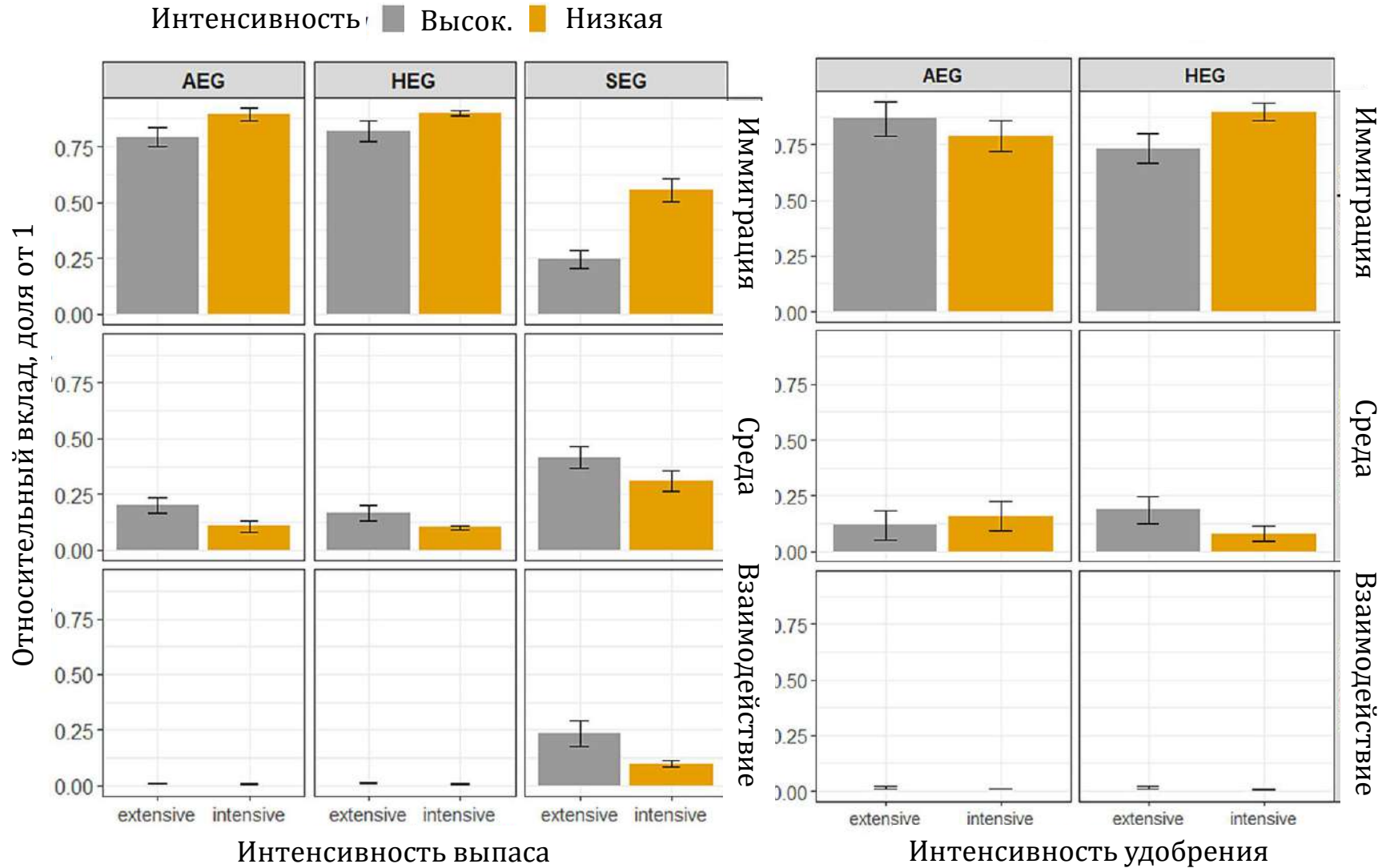
- Практически нет ответа функциональной дисперсии на изменение интенсивности компонент землепользования.

Влияние интенсивности землепользования на функциональное богатство (Frich)



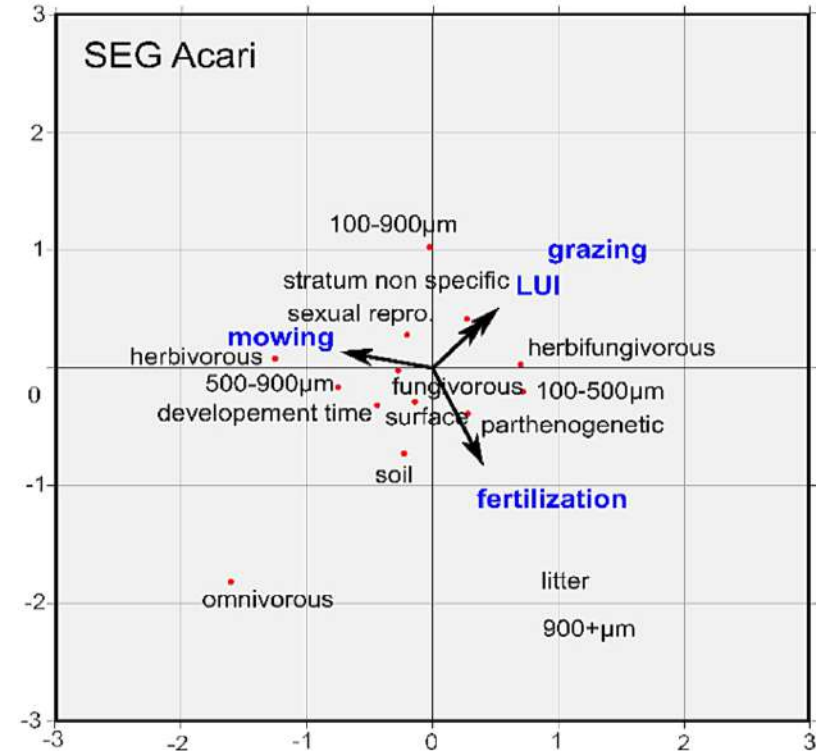
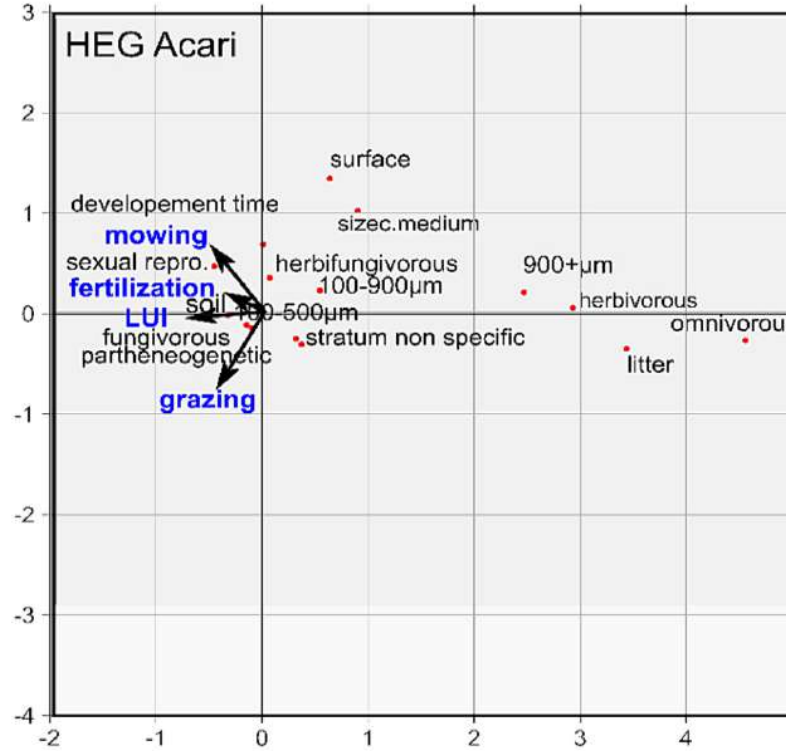
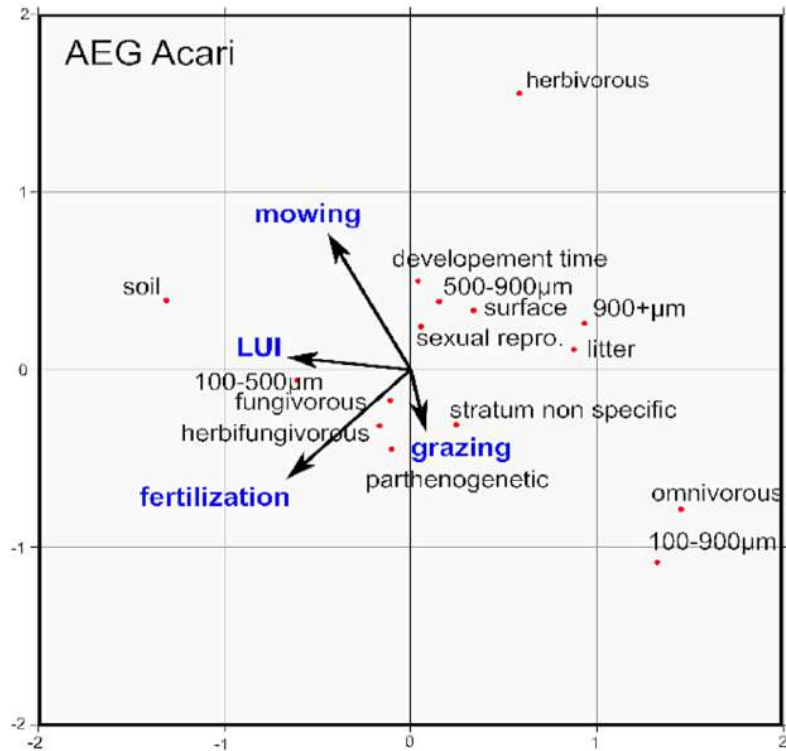
- Умеренный (но значимый) ответ функционального богатства на изменение интенсивности компонент землепользования.

Вклад разных факторов в формирование населения



- При интенсификации землепользования растет роль миграционных процессов, но снижается влияние «фильтрующих» сообществ факторов среды.

Результаты RLQ - анализа



- Выпас скота средней интенсивности => сокращение численности некоторых функциональных групп, особенно крупных и поверхностных орибатид, но сообщества остаются более устойчивыми, чем на участках с высокой интенсивностью выпаса (фильтрация исключает такие функциональные группы полностью).

Выводы

- Землепользование средней интенсивности позволяет населению орибатид сохранять свою функциональную структуру и восстанавливаться за счет экологической пластичности видов
- Наиболее чувствительны к повышению интенсивности землепользования на лугах крупные и поверхностнообитающие формы
- При интенсификации землепользования возрастает значение видового и функционального состава регионального пула видов
- Значительные региональные различия в драйверах изменения соотношения трейтов

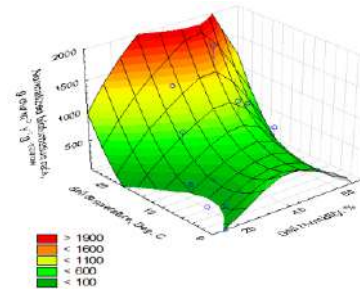
Перспективы масштабирования

- Мобилизация и рециклинг данных для возвращения на региональный и глобальный уровни
- Встраивание данных о почвенных животных между глобальными «слоями» данных о параметрах окружающей среды
- Использование специализированных БД

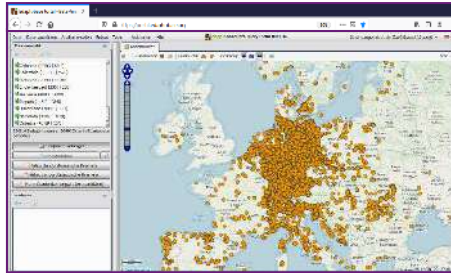
Пример использования инфраструктуры EDAPHOBASE



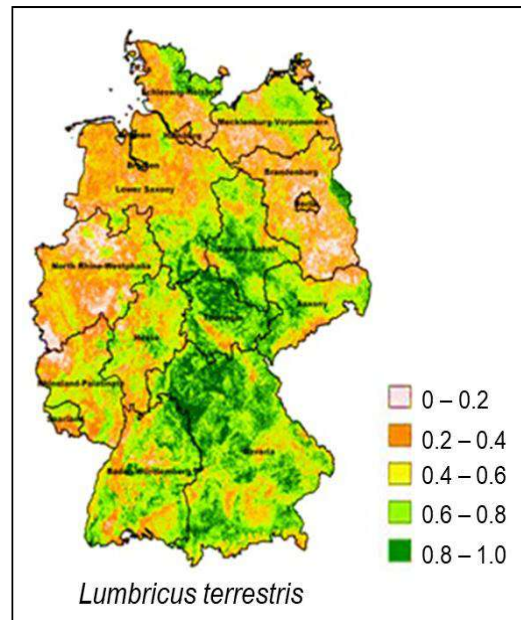
Внешние данные о параметрах ОС



Функциональное моделирование

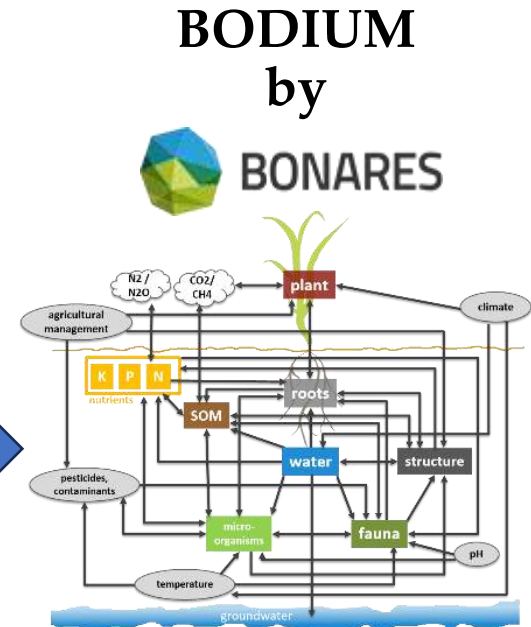


Данные о встречаемости и численности



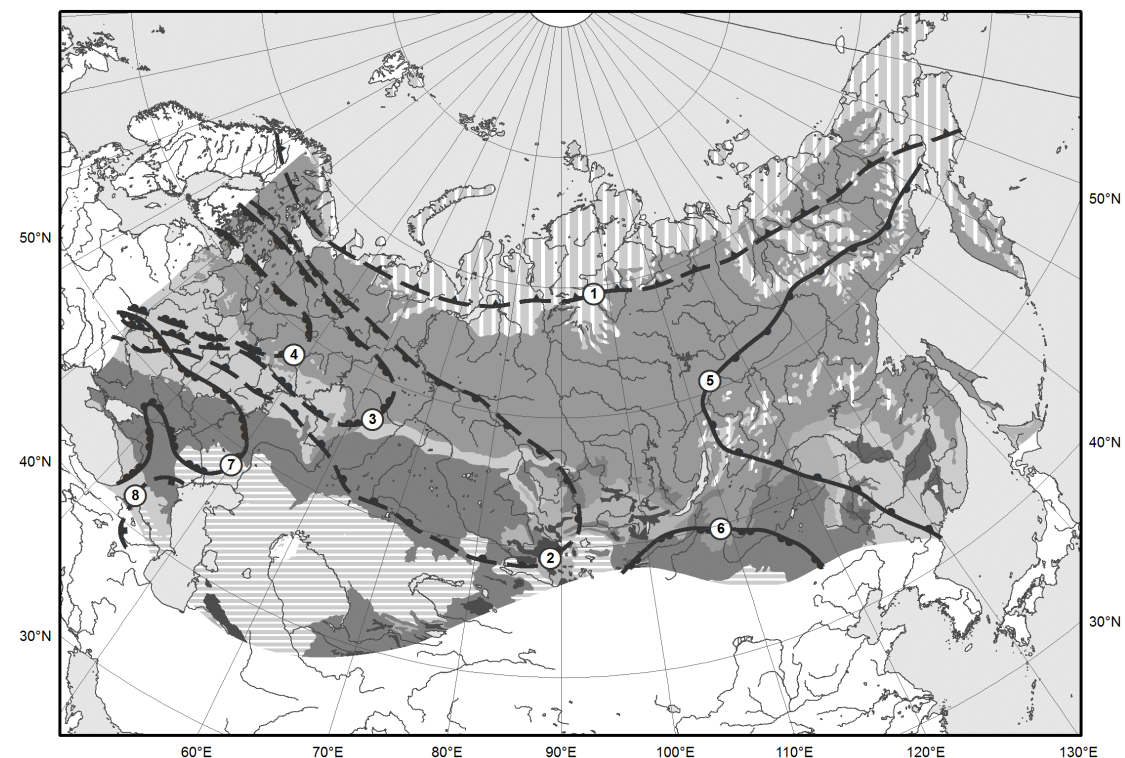
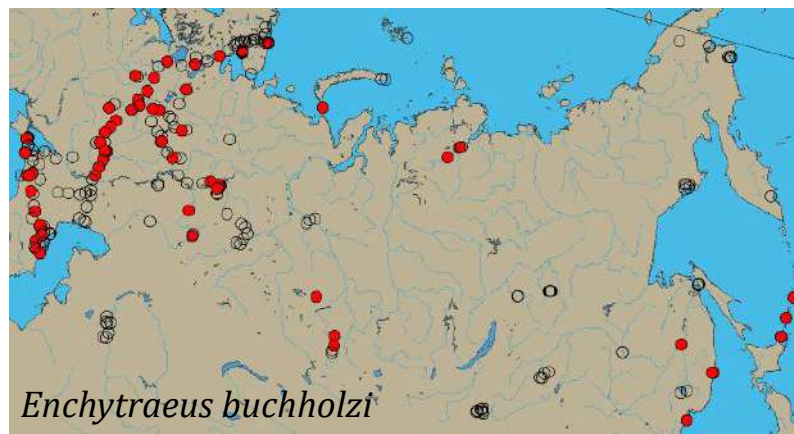
SDM

Экосистемные процессы и функции



Salako G., Zaitsev A., et al. 2024. Ecol Ind..
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112832>

Спин-офф потенциал: моделирование ареалов



Zaitsev et al., 2026, Applied Soil Ecology.
DOI: 10.1016/j.apsoil.2025.106637

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Volkmar Wolters



David Russell



Gabriel Salako



Bibiana
Betancur-Corredor



Dennis Baulechner



Katharina John

