

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ СООБЩЕСТВ ГЕРПЕТОБИОНТОВ

Г. КАЗАНИ

Гордиенко Т.А.¹, Горбунов Р.П. ¹, Суходольская Р.А. ¹, Сладков С.А.²

¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань

²Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования "ЦДТ "Танкодром», Казань

Введение

Герпетобионты играют ключевую роль в функционировании почвенных экосистем, выступая важнейшими участниками процессов разложения органического вещества, гумификации, круговорота питательных элементов и регуляции численности беспозвоночных. Благодаря высокой чувствительности они служат надёжными биоиндикаторами экологического состояния урбанизированных ландшафтов.

Цель работы — оценить влияние различных факторов среды (типа травостоя, древесного яруса, сезона, экспозиции берега р. Казанки и локалитета) на количественные и качественные параметры сообществ герпетобионтов.

Материал и методы

Сбор материала проведён в мае и сентябре 2025 г. на 14 локалитетах г. Казани в градиенте антропогенного пресса (лесопарки–парки–кладбище). Отбор проб осуществлялся методом почвенных ловушек Барбера (10 ловушек на точку). Таксономическая идентификация выполнена до уровня отрядов и семейств. Статистическая обработка включала однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с апостериорным тестом Тьюки для оценки общей численности, а также дискриминантный функциональный анализ (DFA) с пошаговым включением переменных для выявления таксономических индикаторов и расчёта расстояний Махаланобиса. Использованы программы R v.4.3.1 и STATISTICA 12.

Результаты исследования

ANOVA выявил высокодостоверное влияние всех факторов на общую динамическую плотность ($p < 0.001$). Высокая численность отмечена в липняках Тэцевская_1 и Тэцевская_2 (70,9-93,5 и 21,4-35,8 особей/10л.-с. соответственно весной и осенью), а также в ценозах с доминированием сныти (*Aegopodium podagraria*) (средняя плотность 56,1 особей/10л.-с.), где показатели превышали злаковые и разнотравные ассоциации (19,3-23,6 особей/10л.-с., $F_{3,252} = 51.16$, $p < 0.001$).

На правом берегу численность была достоверно выше, чем на левом (соответственно 27,9 и 20,6 особей/10л.-с., $p = 0.025$). В сентябре зафиксировано значимое снижение динамической плотности по сравнению с маем ($F_{1,254} = 18.48$, $p = 2.45 \times 10^{-5}$).

Липовые насаждения превосходили кладбищенские и тополёвые биотопы ($p < 0.001$). DFA подтвердил качественную дифференциацию сообществ (Wilks’ $\lambda < 0.4$, $p < 0.0001$). Ключевыми индикаторами различий выступили Carabidae (F-remove > 12.1), Staphilinidae (> 9.6), Lumbricidae (25.4) и Heteroptera (10.2).

Максимальное таксономическое расстояние Махаланобиса выявлено между локалитетами Тэцевская_1 и Ферма 2 ($D^2 = 18.75$, $p < 0.001$), тогда как Дубравная и Попов овраг оказались статистически неразличимы ($D^2 = 1.42$, $p = 0.948$).

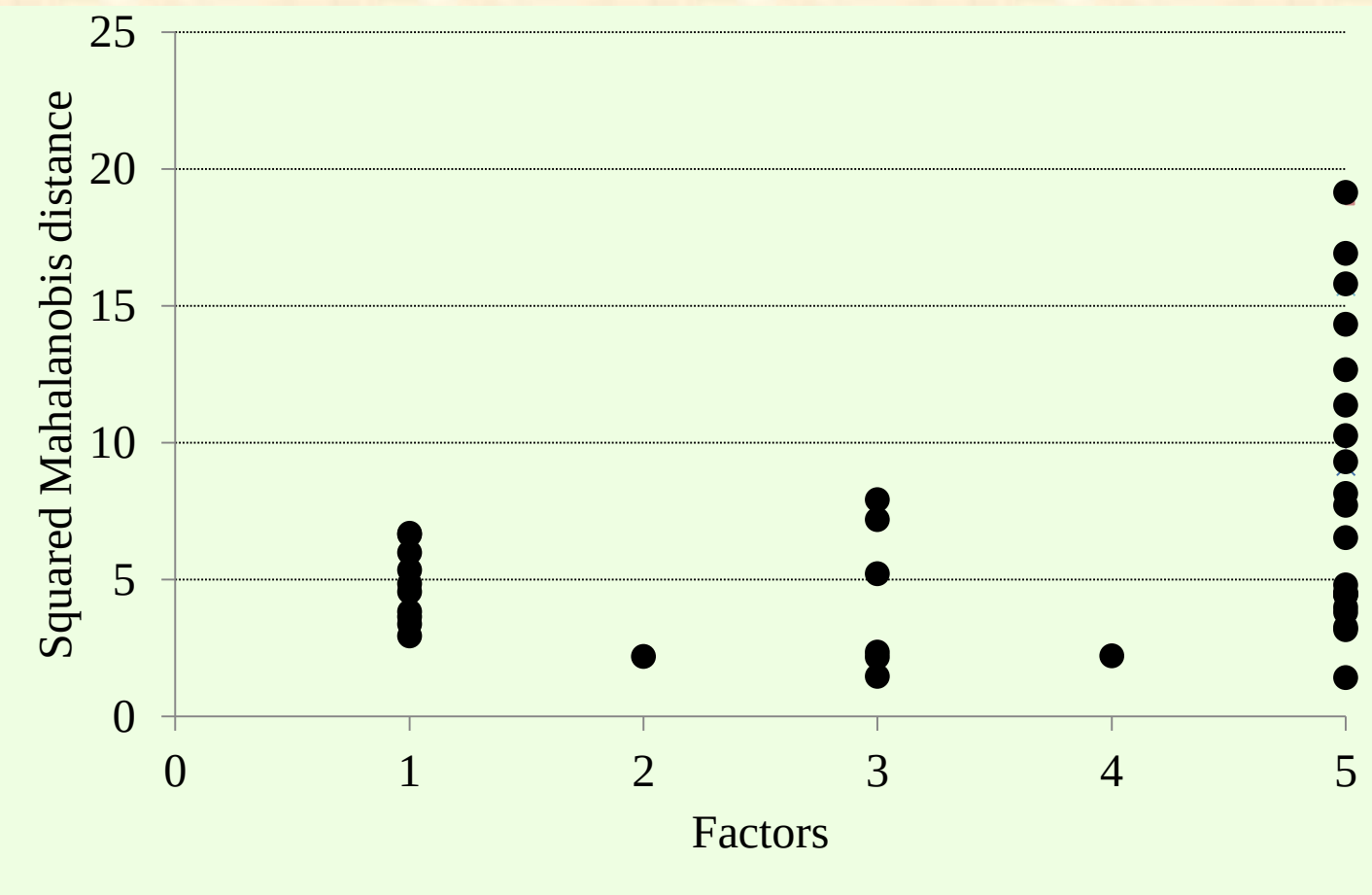


Рис. 3. Изменчивость квадрата расстояния Махаланобиса для различных факторов: 1 – тип биотопа, 2 – берег р. Казанки, 2 – тип травостоя, 3 – сезон, 4 – локалитет

Высокая численность и уникальная структура сообществ в снытевых ассоциациях обусловлены оптимальным микроклиматом, мощностью подстилки и трофической обеспеченностью, что создаёт благоприятные условия для хищных (Carabidae, Staphilinidae) и сапрофагных (Silphidae, Lumbricidae) групп.

Сезонная перестройка таксономического состава отражает переход ряда видов в диапаузу и вертикальную миграцию в глубокие горизонты почвы.

Достоверные различия между берегами и типами древесного яруса подчёркивают влияние градиентов увлажнения, инсоляции и химизма опада на формирование комплексов почвенной фауны.

Выявленные паттерны впервые количественно оценивают вклад таксономических индикаторов в дискриминацию сообществ методом DFA в условиях среднего города.

Сочетание ANOVA и DFA доказало эффективность комплексного статистического подхода для мониторинга почвенной фауны.

Таблица 1. Результаты дискриминантного анализа структуры сообщества герпетобионтов и факторов окружающей среды

Фактор	Wilks' Lambda	p-level	Квадрат расстояния Махаланобиса	Таксоны, внесшие наибольший вклад в дискриминацию
Локалитет	0,03	p<0,0000	1,42-19,13	Most taxa (74%)
Биотоп	0,38	p<0,0000	2,93-6,68	Lumbricidae, Mollusca, Cantharidae, Diptera, Aranei, Carabidae, Melolonthidae
Травяная растительность	0,47	p<0,0000	1,46-7,91	Staphilinidae, Diptera, Chrysomelidae, Lampyridae
Сезон	0,64	p<0,0000	2,21	Insecta (all), Lumbricidae, Opiliones, Isopoda, Heteroptera, Dermestidae, Curculionidae, Diptera
Берег	0,65	p<0,0000	2,19	Staphilinidae, Lumbricidae, Heteroptera, Lampyridae, Melolonthidae, Aranei

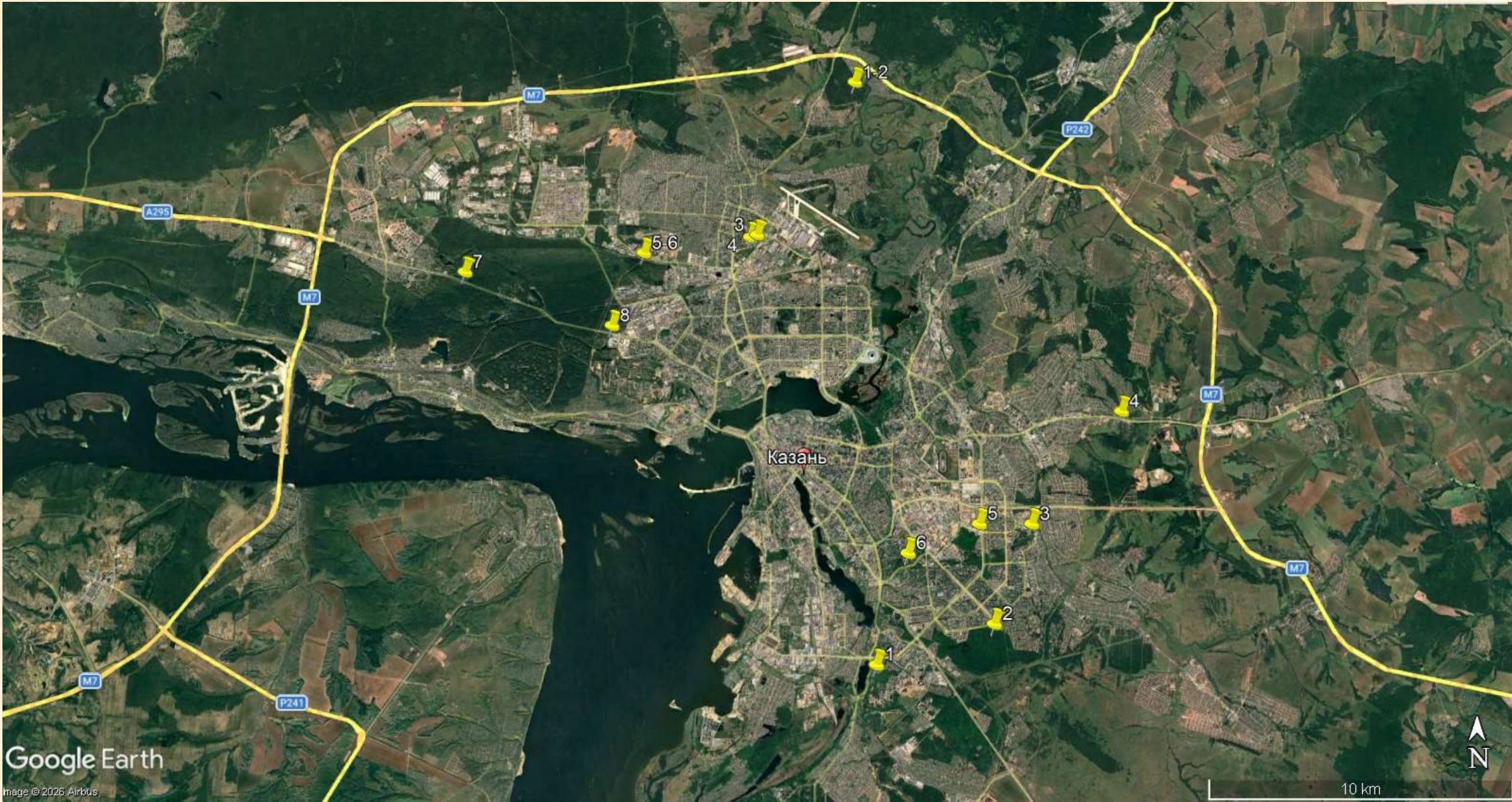


Рис. 1. Карта точек исследования в г. Казани

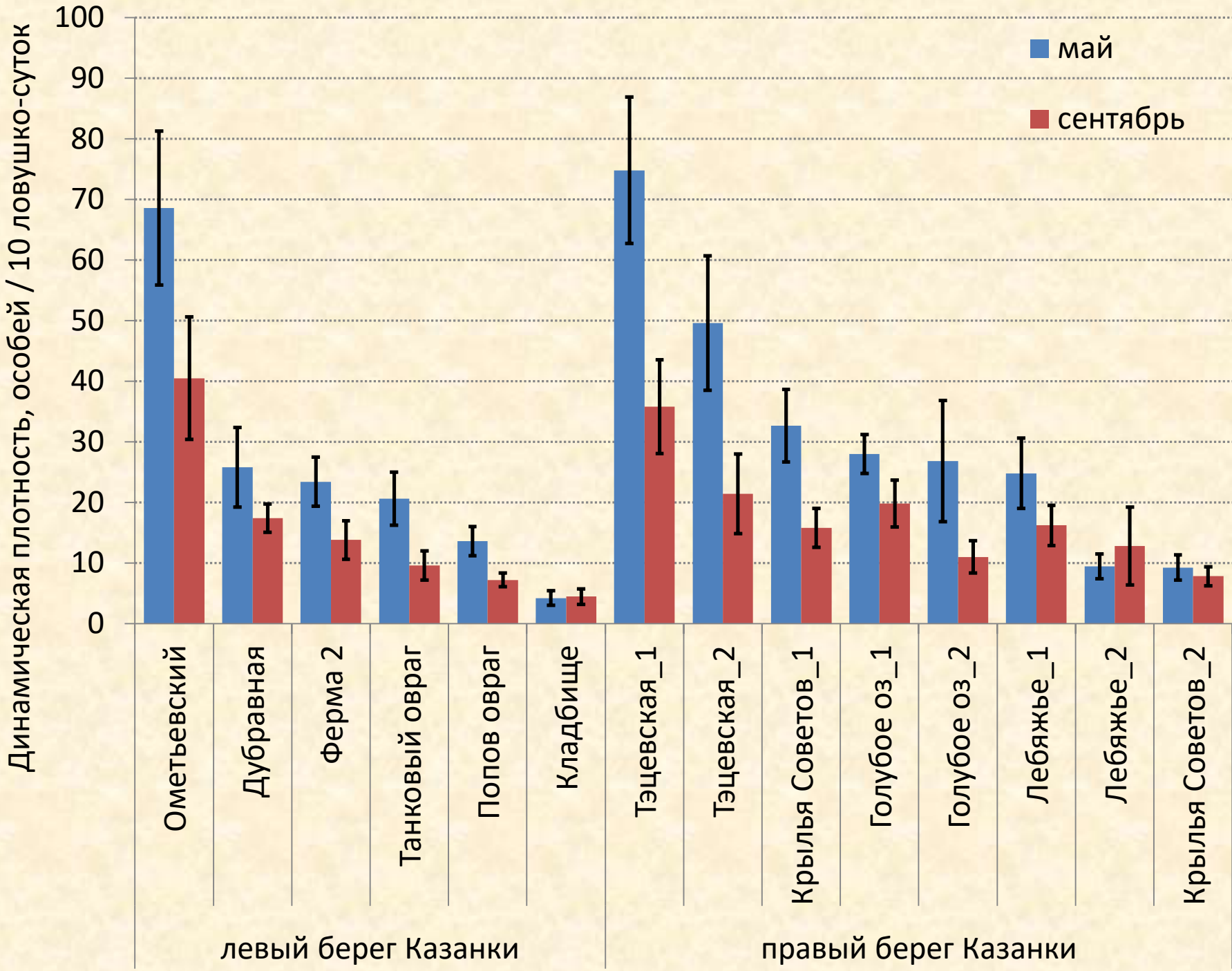


Рис. 2. Результаты учета динамической активности герпетобионтов в г. Казани

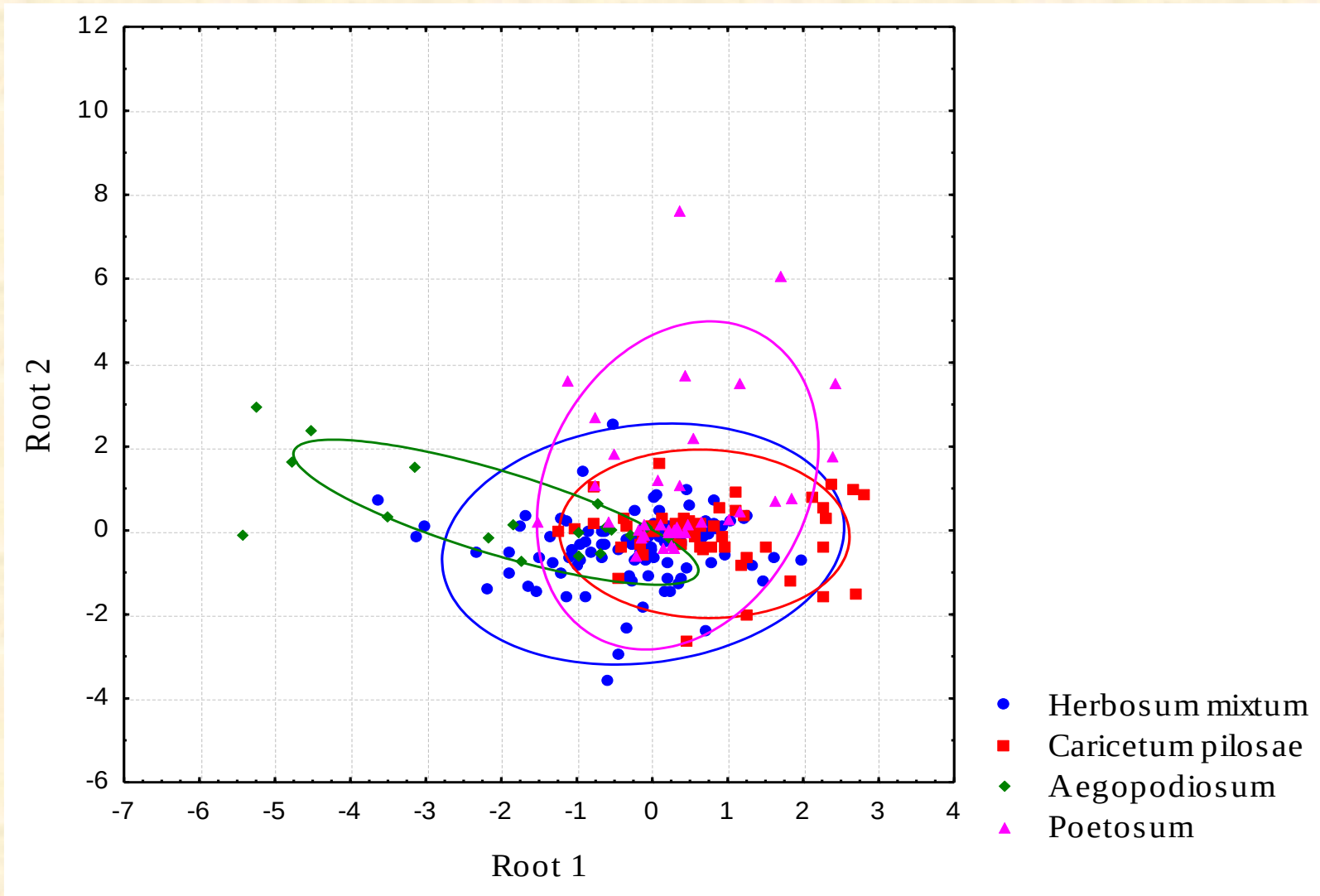


Рис. 2. Ординация структуры сообщества герпетобионтов в различных типах травянистой растительности в плоскости двух дискриминантных осей

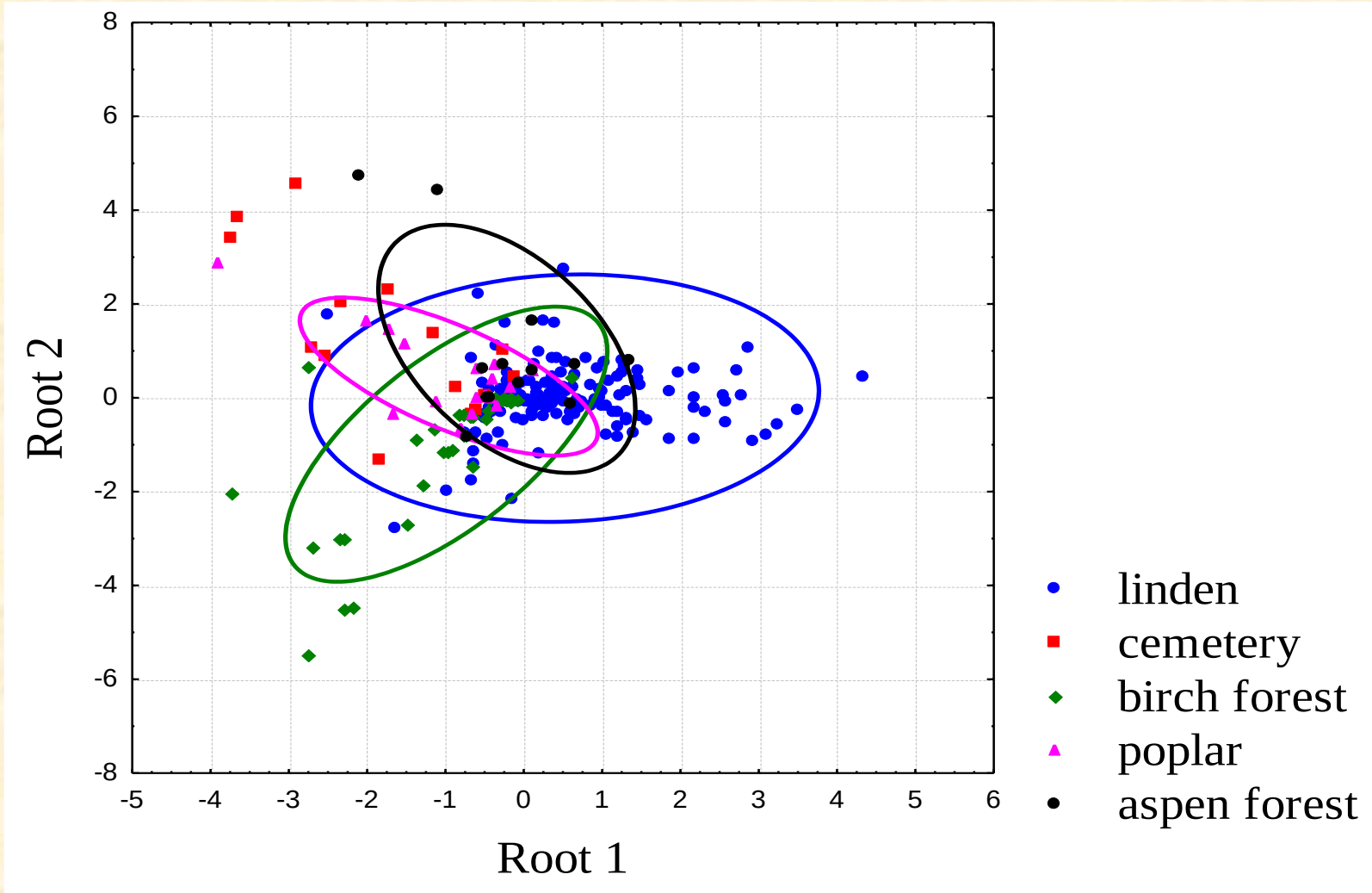


Рис. 3. Ординация структуры сообщества герпетобионтов в различных типах биотопа в плоскости двух дискриминантных осей