

УДК 574.91:599.32/.38

ПОЙМА КАК КОРИДОР ДЛЯ ДИСПЕРСИИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ЛАНДШАФТЕ

© 2023 г. О. В. Толкачёв^a, *, С. В. Мухачева^a

^aИнститут экологии растений и животных УрО РАН, Россия 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

*e-mail: olt@mail.ru

Поступила в редакцию 22.03.2023 г.

После доработки 14.04.2023 г.

Принята к публикации 25.04.2023 г.

Ключевые слова: дисперсия, ландшафтный коридор, мелкие млекопитающие, групповое мечение, родамин В

DOI: 10.31857/S0367059723050128, **EDN:** VQEBYA

Фрагментация ландшафтов признана одной из существенных угроз для сохранения биологического разнообразия [1, 2]. Основным предлагаемым методом решения данной проблемы является создание и поддержание “коридоров” между частично изолированными участками местообитаний. Такие структуры должны способствовать передвижениям особей между локальными популяциями, обеспечивая их функциональную связность. Основная проблема при организации коридоров связана с недостаточностью данных о дальних передвижениях многих видов животных в связи со свойствами ландшафтов, что мешает выработке стандартов. Наличие структурной ландшафтной связности между местообитаниями не гарантирует функциональную связность локальных популяций животных и требует специальной проверки [3].

Цель настоящего исследования – оценить связующую роль прирусловой растительности малой реки для популяций нескольких видов мышевидных грызунов и землероек. Предполагалось, что лесные виды мелких млекопитающих (ММ) будут передвигаться между участками леса преимущественно вблизи русла, а не по открытым участкам. Дополнительно решалась методическая задача – проверка целесообразности применения ответвлений заборчиков (“закрылок”) при отлове ММ цилиндрами. Ранее эта модификация методики показала свою эффективность по отношению к амфибиям и рептилиям, но не проверялась на ММ [4].

Исследование выполнено в Первоуральском городском округе Свердловской области, Россия (56°51′10.75″ с.ш., 59°48′41.06″ в.д.). В качестве полигона для проведения работ выбрана территория, включавшая массивы елово-пихтовых лесов с примесью сосны и березы, отделенные друг от

друга полосой сельхозугодий шириной не менее 500 м, засеянных кормовыми травами (далее условно “поле”) (рис. 1). На всем протяжении полигон пересекает р. Листвянка, которая относится к малым рекам. В период исследований ширина ее русла составляла от 1 до 3 м. Прирусловая зона шириной 100–120 м, которую мы рассматривали в качестве возможного ландшафтного коридора, включала как луговые, так и лесные участки (далее условно “пойма”).

Для проверки гипотезы в обоих лесных массивах проведено групповое мечение животных с помощью приманки с родамином В (производство КНР). Приманку изготавливали на основе овсяных хлопьев по методике, опубликованной ранее [5]. Концентрация маркера составляла 800 мг/кг сухих хлопьев. Приманку перед использованием опрыскивали нерафинированным подсолнечным маслом и распределяли на двух участках площадью по 3 га из расчета 4 кг приманки на 1 га (за один тур). Расстояние между площадками мечения и ближайшими линиями отлова составляло 380 м. Для обеспечения постоянного потока меченых животных процедуру повторяли раз в две недели, что соответствует минимальному сроку сохранения приманки [6].

В период с 12 июля по 10 сентября 2021 г. животных отлавливали с помощью линий цилиндров с заборчиками [7]. На полигоне было установлено шесть стометровых линий – по 3 линии с каждой стороны реки перпендикулярно руслу (см. рис. 1). Расстояние между линиями на каждом из берегов составляло около 150 м. Заборчики были изготовлены из армированного полиэтилена толщиной 200 мкм и высотой 30 см. Полиэтилен крепили к колышкам, вбитым в землю через каждые 1.5–2 м. В отличие от оригинальной методики [7] из-за крайне сухой и твердой почвы края



Рис. 1. Пространственный план эксперимента: I – здания; II – площадки мечения и линии заборчиков; III – асфальтированные дороги; IV – гравийные дороги; V – грунтовые дороги; VI – реки; VII – лес; VIII – обрабатываемые поля; IX – прирусловая растительность; крупные цифры – номера учетных линий, мелкие – номера цилиндров.

заборчиков не вкапывали, а фиксировали в земле с помощью гвоздей с пластиковыми шайбами. Цилиндры из пластика (по 6 на линию) диаметром 30 см и глубиной 50 см устанавливали через 15 м друг от друга. Одна половина каждой линии находилась в поле (цилиндры 1–3), а вторая – в пойме (цилиндры 4–6). Каждый цилиндр в линиях 1, 2 и 6 был дополнен четырьмя короткими (1 м) заборчиками, отходящими от оси основного заборчика на 45° [4].

Авторы руководства [8] рекомендуют использовать в качестве фиксирующей жидкости в цилиндрах спирты со слоем масла, предотвращающего испарение. Мы не могли использовать такой способ, так как масло препятствует обнаружению родаминовой метки. Поэтому цилиндры на 15–20 см заполняли фиксатором “Альдофикс” на основе глиоксаля (производитель ООО “Новохим”, Россия) и прикрывали крышками от дождя для предотвращения разбавления раствора. “Альдофикс” испаряется медленно и защиты маслом не требует. Кроме того, он не имеет резкого запаха, который мог бы отпугнуть животных, при этом обеспечивает хорошую сохранность зверьков. Проверку цилиндров прово-

дили раз в пять дней (всего 11 туров). Пойманных зверьков помещали в индивидуальные пластиковые пакеты. В лабораторных условиях зверьков сушили и проводили поиск родаминовой метки [5]. Затем особей вскрывали для уточнения их пола и возраста. Видовая диагностика проведена с использованием краниального материала.

Сравнение долей меченых особей в двух местообитаниях выполнили с помощью критерия χ^2 . Его же использовали для тестирования значимости различий по числу особей, отловленных в разных цилиндрах, а также на линиях с “закрылками” и без них. Определение факторов, влияющих на общее обилие ММ в конкретной точке (уникальный № цилиндра, 36 шт.), провели методом ЛМЕ (Модель линейных смешанных эффектов). Набор факторов включал местообитание (поле/пойма), уникальный № цилиндра и вид животного. В качестве группирующей переменной учитывали номер тура проверки (1–11). Тесты отношения правдоподобия использованы для определения общей значимости модели, значимости эффекта группирующей переменной и оценки необходимости включения в модель взаимодействий факторов. Для сравнения моделей

Таблица 1. Число отловленных и меченых животных разных видов в двух местообитаниях

Местообитание	Вид	Всего отловлено, ос.	Количество меченых, ос.
Поле	<i>Agricola agrestis</i> (Linnaeus, 1761)	3	1
	<i>Microtus arvalis</i> (Pallas, 1778)	30	3
	<i>Myodes glareolus</i> (Schreber, 1780)	3	0
	<i>Myodes rutilus</i> (Pallas, 1779)	1	0
	<i>Sicista betulina</i> (Pallas, 1779)	7	2
	<i>Sorex araneus</i> (Linnaeus, 1758)	8	1
	<i>Sorex caecutiens</i> (Laxmann, 1788)	1	0
	<i>Sorex minutus</i> (Linnaeus, 1766)	1	0
	Всего	54	7
Пойма	<i>Apodemus agrarius</i> (Pallas, 1771)	3	1
	<i>Micromys minutus</i> (Pallas, 1771)	4	0
	<i>Agricola agrestis</i>	5	2
	<i>Microtus arvalis</i>	99	7
	<i>Alexandromys oeconomicus</i> (Pallas, 1776)	20	0
	<i>Myodes glareolus</i>	51	8
	<i>Craseomys rufocanus</i> (Sundevall, 1846)	2	0
	<i>Myodes rutilus</i>	7	2
	<i>Sicista betulina</i>	37	7
	<i>Sorex araneus</i>	14	1
	<i>Sorex caecutiens</i>	11	2
	<i>Sorex isodon</i> (Turov, 1924)	1	1
	<i>Sorex minutus</i>	19	2
	<i>Sylvaemus uralensis</i> (Pallas, 1811)	11	2
		Всего	284

применяли скорректированный информационный критерий Акаике (AICc). Все статистические анализы проводили с использованием R 4.2.2 [10]. Набор всех возможных моделей получен с помощью пакета MuMIn [11].

Всего отловлено 338 животных 14 видов, из которых 42 имели метку (табл. 1). Доля меченых в поле и пойме не отличалась ($df = 1$; $\chi^2 = 0.02$; $P = 0.89$), однако общее количество зверьков и число меченых, отловленных в двух местообитаниях, различалось в 5 раз: в пойме отловили 284 зверьков (35 меченых), а в поле — 54 (7 меченых). В цилиндрах, установленных в поле, уловистость увеличивается по мере приближения к пойме (рис. 2).

Полная модель, объясняющая количество пойманных в разных точках животных, помимо основных факторов, включала их взаимодействия: местообитание \times вид, закрылки \times вид, вид \times № цилиндра. Полный спектр состоял из 35 моделей. Лучшая модель включает только факторы “местообита-

ние”, “вид” и их взаимодействие (табл. 2). Эта модель значимо отличалась от редуцированной ($P < 0.001$) и от модели без группирующей переменной ($P < 0.001$). Относительный вес остальных моделей был значительно меньше ($\Delta AICc > 2$) [9]. Хотя фактор “закрылки” не вошел в лучшую модель, общее количество отловленных зверьков было выше в цилиндрах с “закрылками” (197 ос. против 142) и различие было значимым ($df = 1$; $\chi^2 = 4.83$; $P = 0.03$).

Известно, что в цилиндры ловятся преимущественно нерезидентные животные [12, 13]. Поэтому большинство и меченых, и немеченых особей, отловленных нами, вероятно, не были резидентами. Поскольку меченые животные на расстоянии 380 м и более от площадки мечения были отловлены в основном в пойме, это местообитание, по видимому, является более благоприятным для дальних передвижений охваченного спектра видов ММ благодаря особым микроклиматическим

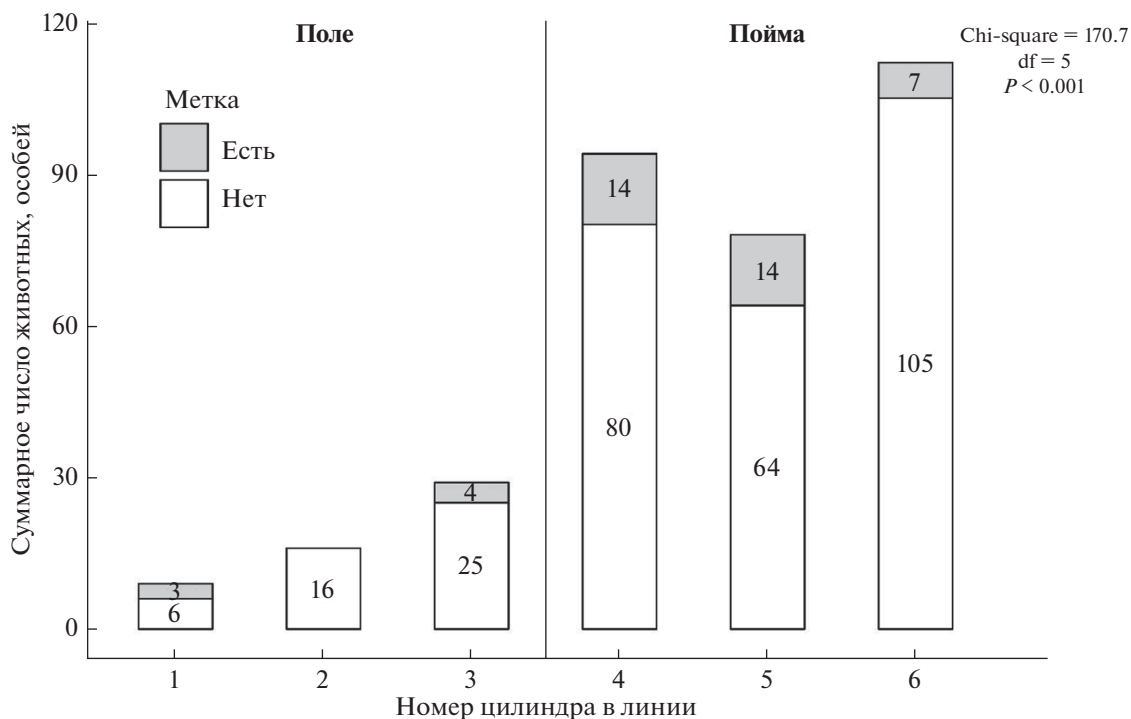


Рис. 2. Суммарное число отловленных и помеченных животных в зависимости от положения цилиндра в линии.

условиям и разнообразию растительности. В период исследования погода была жаркой и засушливой, что могло дополнительно повысить привлекательность поймы для ММ. Лесные виды (*Myodes* spp., *S. uralensis*, *Sorex* spp.) встречались в поле на разном удалении от поймы с заметным уменьшением в последнем цилиндре (цил. 3 – 5 ос., 2 – 6 ос., 1 – 3 ос.). Среди них был только один меченый зверек (*S. araneus* в цил. 3).

Наша гипотеза о том, что лесные виды мышевидных грызунов и землероек будут перемещаться преимущественно в пределах границ пойменной растительности, подтвердилась – пойма малой реки функционировала как ландшафтный коридор для ММ, совершающих дальние передвижения в процессе дисперсии в сельскохозяйственном ландшафте, обеспечивая тем самым функциональную связность локальных популя-

ций. В ходе эксперимента впервые получены данные о дальних передвижениях равнозубой бурозубки – меченая половозрелая самка-сеголеток была отловлена на линии 1 (дальность передвижения минимум 380 м) спустя 15 дней после начала мечения. Показано, что установка “закрылок” повышает эффективность отлова ММ цилиндрами с заборчиками.

Работа выполнена в рамках госзадания ИЭРиЖ УрО РАН (№ 122021000082-0, 122021000076-9).

Авторы выражают признательность Ю.Л. Суморокову и Е.И. Куваевой за помощь в полевых работах, анонимным рецензентам – за конструктивные замечания к тексту рукописи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и подтверждают, что в работе с животными соблюдались общепринятые этические нормы.

Таблица 2. Лучшие модели, объясняющие число отловленных животных

Модель	β_0	Место-обитание	Вид	Место-обитание × вид	Закрылки	№ цилиндра	Закрылки × вид	Вид × № цилиндра	AICc	Δ AICc	W_i
1	0.00	+	+	+	–	–	–	–	2353	0	0.8
2	–0.01	+	+	+	+	–	–	–	2356	3	0.2

Примечание. β_0 – свободный член регрессионного уравнения, AICc – информационный критерий Акаике, скорректированный для малых выборок; Δ AICc – величина отличия от лучшей модели; W_i – относительный вес модели; прочерк – фактор использован в анализе, но не вошел в данную модель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bennett A.F.* Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN – the World Conservation Union. 2003. 254 p.
2. *Cote J., Bestion E., Jacob S.* et al. Evolution of dispersal strategies and dispersal syndromes in fragmented landscapes // *Ecography*. 2017. V. 40. P. 56–73.
3. *Gustafsson L., Hansson L.* Corridors as a conservation tool // *Ecol. Bull.* 1997. V. 46. P. 182–190.
4. *McKnigh D.T., Tyler L.D., Day B.L.* An effective method for increasing the catch-rate of pitfall traps // *The Southwest. Nat.* 2013. V. 58. № 4. P. 446–449.
5. *Толкачев О.В., Беспмятных Е.Н.* Новый метод детекции родаминовой метки и возможности его применения в зоологических исследованиях // *Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология*. 2019. Т. 12. № 4. С. 352–365.
6. *Tolkachev O.* A new baiting scheme and simple method of rhodamine B detection could improve biomarking of small mammals // *Eur. J. Wildl. Res.* 2019. V. 65. № 10. P. 1–10.
7. *Охотина М.В., Костенко В.А.* Полиэтиленовая пленка – перспективный материал для изготовления ловчих заборчиков // *Труды Биолого-почвенного института. Новая серия*. 1974. Т. 17(120). С. 190–196.
8. *Sikes R.S., Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists.* Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education // *J. of Mammology*. 2016. V. 97. P. 663–688.
9. *Burnham K.P., Anderson D.R.* Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2-nd ed. New York: Springer-Verlag, Inc, USA, 2002. 488 p.
10. R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022. URL <https://www.R-project.org/>.
11. *Barton K.* 2020. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.17. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
12. *Наумов Н.П.* Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // *Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и мед. зоол.* 1955. Вып. 9. С. 179–202.
13. *Щипанов Н.А., Купцов А.В., Калинин А.А.* и др. Коноса и живоловки ловят разных землероек-бурозубок (*Insectivora, Soricidae*) // *Зоол. журн.* 2003. Т. 82. Вып. 10. С. 1258–1265.