

ЗООЛОГИЯ

УДК 599.32:591.52

doi: 10.17223/19988591/22/9

С.А. Абрамов¹, В.В. Виноградов², А.С. Золотых³

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН (г. Новосибирск)

²Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева
(г. Красноярск)

³Государственный природный биосферный заповедник «Саяно-Шушенский»
(п. Шушенское)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ВИДОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ (RODENTIA) ЛЕСНОГО ПОЯСА АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

На основе многолетних исследований авторов и литературных данных рассматриваются закономерности размещения видов мышевидных грызунов в экологическом пространстве горных лесов Алтае-Саянской горной страны и формирования их многовидовых сообществ. Установлено, что в пределах лесного пояса региона обитает 15 видов мышевидных грызунов, которые образуют самые многочисленные сообщества среди позвоночных животных. На основе многомерного статистического анализа определены значимые факторы трехмерного экологического пространства. Показано, что различия в чувствительности видов к тем или иным факторам способствуют расхождению оптимумов их экологических ниш, что обеспечивает независимость видов в рамках одного сообщества.

Ключевые слова: мышевидные грызуны; лесной пояс; факторы среды; экологическая ниша.

Введение

Изучение закономерностей экологических адаптаций животных к условиям среды и механизмов формирования многовидовых сообществ является актуальным направлением в современной экологии [1–6]. Структура сообщества определяется не только набором видов, но и их взаимным размещением в пространстве вдоль градиентов среды в пределах своей экологической ниши. Оценка экологической ниши вида в естественных местообитаниях представляет определенные сложности. Например, встает вопрос о выявлении наиболее значимых факторов, поскольку восприятие этих факторов видами *a priori* отличается от нашего представления об этом. Кроме того, необходимо учитывать сложные (заведомо нелинейные) взаимодействия между ними, прерывистость действия этих факторов.

Недостаточно изучены эти механизмы у позвоночных животных, обитающих в горах Южной Сибири, на переходном пространстве между таежной и степной подобластями Евразии. Значительная часть региона приходится на лесной пояс, который представлен Урало-Сибирским бореальным фитоценотическим комплексом, в состав которого входят горные светло- и темнохвойные леса южносибирского типа из лиственницы, пихты, кедра, сосны и ели с участием мелколиственных пород [7]. Характер растительного покрова на конкретной территории зависит, прежде всего, от параметров гидротермического режима, которые имеют существенные различия в разных частях лесного пояса рассматриваемых горных систем [8]. Нашими исследованиями охвачены избыточно влажные таежно-черневые леса (пергумидный сектор увлажнения), влажные горно-таежные леса (гумидный сектор) и умеренно влажные таежно-лесостепные леса (семигумидный сектор). Такие гетерогенные условия способствуют совместному обитанию многих близкородственных видов животных, что вызывает определенный интерес для сравнительного изучения адаптаций этих видов и выяснения экологических механизмов, способствующих формированию многовидовых сообществ. Удобной модельной группой для подобных исследований служат мышевидные грызуны – самая многочисленная группа наземных позвоночных в пределах лесного пояса.

Цель настоящего исследования – вычисление и отображение экологических ниш видов мышевидных грызунов, обитающих в горных лесах Алтае-Саянской горной страны, и выявление закономерностей их размещения по территории в зависимости от биотопических предпочтений.

Материалы и методики исследования

В работе использованы многолетние материалы, собранные авторами в период с 2002 по 2012 г., а также сведения из литературных источников [9–11]. Все материалы объединяет использование единых методик их сбора и обработки. Отлов животных производился стандартным методом ловчих канавок 50 м длиной с 5 конусами с интервалом 10 м [12], в единые сроки – с 15 июля по 30 августа, в период максимальной численности популяций. В работе используется показатель относительной численности – число особей на 100 конусо-суток (ос. на 100 к.-с.). Всего отработано более 6 000 к.-с., общий объем исследованного материала составил около 3 500 экз.

В анализ включены 63 варианта населения грызунов с 20 ключевых участков в пределах лесного пояса горных систем Западного и Восточного Саяна, Алтая, Кузнецкого Алатау и Горной Шории (рис. 1).

Общая протяженность рассматриваемой территории с запада на восток составляет более 600 км, с юга на север – 500 км, перепад абсолютных высот от 300 до 1 400 м над ур. м.

Основным показателем, характеризующим отношение вида к условиям, сложившимся на данной территории, служит показатель его обилия. Имен-

но разнообразие населения маркирует местообитания и факторы среды. Сходство обилия видов – это сходство их реакций на эндо- и экзогенные факторы. Сравнение показателей численности видов на разных ключевых участках, таким образом, позволяет выявить основные «комплексные» факторы среды, определяющие размещение видов.

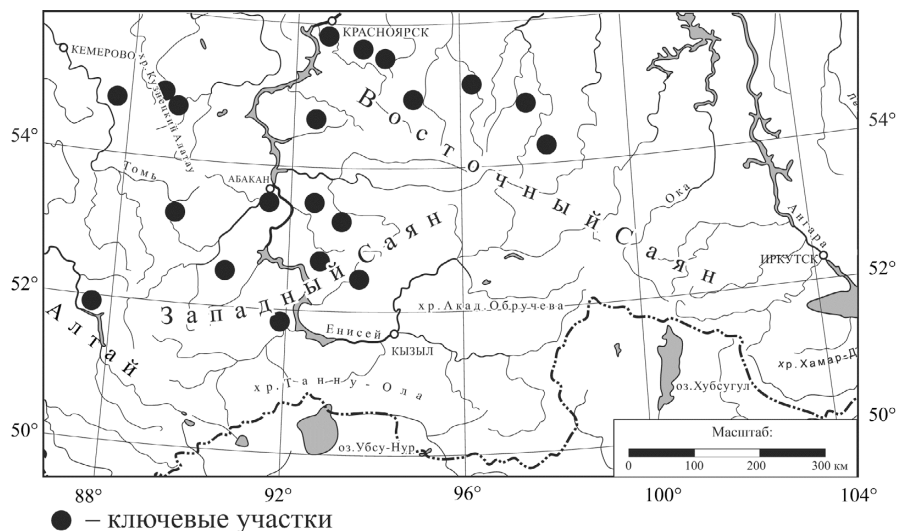


Рис. 1. Район исследований и расположение ключевых участков

В основу статистического анализа в данной работе положен расчет значений координат экологического пространства методом многомерного шкалирования (МШ) на основе матрицы корреляции (гамма-корреляции) между 63 вариантами населения мышевидных грызунов. Этот метод позволяет получить визуальное представление расстояний между переменными без какого-либо знания или предположения об их взаимной ассоциации. Данные о численности видов предварительно были ранжированы в пределах каждой точки отлова, видам с нулевой численностью присваивался один и тот же ранг. Качество подгонки модели, или насколько хорошо исходные данные описываются моделью МШ, оценивалось по индексу стресса Крускала. Для трехмерной модели полученное значение индекса стресса (0,15) говорит о хорошем соответствии между моделью МШ и исходными данными.

Интерпретация выявленных абстрактных экологических факторов (осей многомерного шкалирования) выполнена на основе коэффициентов корреляции Пирсона с непосредственно измеренными параметрами среды (табл. 1).

Коэффициенты корреляции между ранжированными в пределах участка показателями численности и осями шкалирования (ОШ) рассматривались как координаты видов в экологическом пространстве, которые отражают их чувствительность к выявленным абстрактным факторам.

Т а б л и ц а 1

**Характеристики среды в точках отлова мелких млекопитающих
лесного пояса Алтае-Саянской горной страны**

Параметр среды	Характеристика
Высота над уровнем моря	Метры
Почвы	1 – каменистые, 2 – суглинистые маломощные, 3 – с развитым гумусовым горизонтом
Сомкнутость древесного яруса* (доля покрытия)	0 – отсутствует, 1 – 1–25%, 2 – 26–50%, 3 – 51–75 %, 4 – 76–100%
Подлесок	То же
Крупнотравно-папоротниковый ярус	То же
Травяно-кустарниковый ярус	То же
Моховой покров	То же
Степень захламленности (валежник)	0 – отсутствует, 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная

* Параметры растительного покрова определялись по общепринятым геоботаническим методикам [13].

Для описания распределения отдельных видов в пространстве абстрактных факторов использовался множественный линейный пошаговый регрессионный анализ. В качестве независимых переменных (факторов) рассматривались значения координат участков в пространстве осей шкалирования, а в качестве зависимой переменной – показатель численности вида. Качество подгонки регрессионной модели определяли с помощью коэффициента детерминации (R^2), который показывает, какая доля дисперсии результативного признака объясняется влиянием использованных переменных.

Использование такого подхода в точности соответствует концепции многомерной экологической ниши Хатчинсона [14]. В рамках этой методологии удастся определить размерность экологического пространства, параметры видовых экологических ниш и физический смысл выявленных абстрактных факторов [15–16].

Все расчеты и построение графиков выполнены в программе StatSoft STATISTICA 6.0 [17].

Результаты исследования и обсуждение

В пределах лесного пояса отмечено 15 видов мышевидных грызунов (за исключением синантропных видов). Многочисленны в составе лесных сообществ полевки красная (*Myodes rutilus* Pall.), красно-серая (*Myodes rufocanus* Pall.) и экономка (*Microtus oeconomus* Pall.). Обычны восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae* Thomas), лесная мышовка (*Sicista betulina* Pall.), алтайская мышовка (*Sicista napaea* Hollister), темная полевка (*Microtus agrestis* L.) и лесной лемминг (*Myopus schisticolor* Lilljeborg). В пределах черневых лесов встречаются рыжая (*Myodes glareolus* Pall.) и обыкновенная (*Microtus arvalis* Pall.) полевки. В зоне контакта лесных массивов с агро-

ценозами и остепненными участками отмечаются водяная полевка (*Arvicola terrestris* L.), мышь-малютка (*Micromys minutus* Pall.), полевая мышь (*Apodemus agrarius* Pall.), узкочерепная полевка (*Microtus gregalis* Pall.) и длиннохвостый хомячок (*Cricetulus longicaudatus* Milne-Edwards). В анализ включены 9 наиболее многочисленных видов, показатели обилия которых позволяют получить статистически значимые результаты.

Полученные значения осей шкалирования отражают изменения в пространстве трех независимых факторов, представленных через их восприятие самими видами. Физический смысл выделенных факторов среды (осей шкалирования) можно определить, связав их с помощью корреляции с переменными, характеризующими среду обитания (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Коэффициенты корреляции параметров среды лесного пояса
с осями многомерного шкалирования (ОШ)**

Параметр	1 ОШ	2 ОШ	3 ОШ
Высота над уровнем моря	-0,41	0,02	-0,13
Характеристика почвы	0,44	-0,38	0,13
Сомкнутость древесного яруса	-0,26	0,17	-0,06
Подлесок (доля покрытия)	0,19	-0,11	-0,11
Крупнотравно-папоротниковый ярус	0,28	-0,31	0,24
Травяно-кустарничковый ярус	0,38	-0,16	-0,09
Моховой покров	-0,59	0,14	0,05
Захламленность (валежник)	-0,25	-0,06	0,16

Примечание. Полужирным выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$).

Значимые коэффициенты корреляции отмечены только для первых двух абстрактных факторов. Первый фактор отражает эколого-ценотический состав подчиненных ярусов леса, среди которых проходит весь жизненный цикл рассматриваемой группы животных. Положительная область этого фактора связана с хорошим развитием почвенного покрова, на котором произрастает развитый травяно-кустарничковый ярус со значительным участием крупнотравия. Увеличение высоты над уровнем моря (отрицательная область первого фактора) сопровождается большей сомкнутостью древесного яруса, господством мохового покрова и захламленностью валежником.

Второй фактор не связан с высотой местности, а только с развитием почвенного покрова и отражает степень развития нижних ярусов леса: крупнотравно-папоротникового, травяно-кустарничкового и подлеска. Эти признаки имеют наибольшие отрицательные коэффициенты корреляции со второй осью шкалирования.

Хотя характеристики среды имеют невысокие коэффициенты корреляции с третьим абстрактным фактором, можно полагать, что в определенной степени он отражает сочетание крупнотравно-папоротникового яруса, захламленности и подлеска.

Расположение видов в пространстве осей многомерного шкалирования отражает их чувствительность к выявленным абстрактным факторам среды (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Чувствительность видов мышевидных грызунов к факторам
экологического пространства горных лесов**

Вид	Коэффициент корреляции			Знак коэффициента корреляции		
	1 ОШ	2 ОШ	3 ОШ	1 ОШ	2 ОШ	3 ОШ
Красная полевка	-0,88	-0,09	0,35	—		+
Полевка-экономка	0,30	-0,81	-0,37	+	—	—
Лесная мышовка	0,63	0,09	0,65	+		+
Восточноазиатская мышь	0,08	0,65	-0,33		+	—
Красно-серая полевка	-0,11	0,39	-0,49		+	—
Лесной лемминг	-0,43	0,13	-0,13	—		
Темная полевка	0,38	-0,05	0,14	+		
Рыжая полевка	0,08	0,06	0,23			+
Обыкновенная полевка	-0,28	-0,20	-0,20	—		

Примечание. Полужирным выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$).

Наибольшую положительную связь с осями шкалирования демонстрируют лесная мышовка (1 и 3 ОШ) и восточноазиатская мышь (2 ОШ). Красная, экономка и красно-серая полевки имеют наибольшие отрицательные коэффициенты корреляции соответственно с первой, второй и третьей осями шкалирования, маркируя тем самым противоположное направление абстрактных факторов. Таким образом, трехмерное экологическое пространство определяется главным образом этими 5 видами, которые являются наиболее контрастными по своим требованиям к условиям обитания в рамках рассматриваемой модели.

Большинство видов зависит в той или иной степени от двух или всех трех факторов, но в разном их сочетании (см. табл. 3). Совместное устойчивое обитание видов требует, чтобы их численность управлялась разными факторами или чувствительность к одним и тем же факторам была различной [18–20].

В нашем исследовании практически все виды занимают разные подобласти экологического пространства (см. табл. 3). Так, например, красная полевка и лесная мышовка зависят от 1 и 3-го факторов. Однако если связь с 3-м фактором у обоих видов положительная, то зависимость от первого фактора – разнонаправленная, т.е. по первому фактору они взаимозаменяют друг друга. Только два вида – красно-серая полевка и восточноазиатская мышь – занимают одну подобласть экологического пространства, но при этом имеют разную чувствительность к одним и тем же факторам. Красно-серая полевка преимущественно зависит от третьего фактора, а восточноазиатская мышь – от второго.

Таким образом, рассматриваемые виды экологически дифференцированы и их размещение зависит от существенно различных комбинаций независимых параметров среды.

Представление об отношении конкретного вида к факторам среды можно получить, оценив распределение его обилия в пространстве абстрактных факторов (табл. 4).

Таблица 4

Параметры регрессионных моделей экологических ниш мышевидных грызунов

Вид	R^2	F	p	Коэффициенты		
				1 ОШ	2 ОШ	3 ОШ
Красная полевка	0,35	10,69	0,00	-11,07	-2,48	5,71
Полевка-экономка	0,30	8,62	0,00	8,03	-14,24	-8,68
Лесная мышовка	0,51	20,27	0,00	5,27	3,35	8,06
Восточноазиатская мышь	0,15	3,56	0,02	1,60	2,80	-1,86
Красно-серая полевка	0,05	3,31	0,07		3,96	
Лесной лемминг	0,08	5,49	0,02	-0,66		
Темная полевка	0,18	13,18	0,00	2,09		
Рыжая полевка	0,13	4,54	0,01	0,93		1,86
Обыкновенная полевка	0,09	2,98	0,06		-0,32	-0,68

Примечание. Полу жирным выделены значимые коэффициенты регрессии ($p < 0,05$).

Хотя зависимость обилия вида от факторов среды, как правило, носит нелинейный характер, модель линейной регрессии дает вполне удовлетворительную оценку характера распределения для большинства видов (см. табл. 4). Наилучшие оценки получены для красной полевки, полевки-экономки и лесной мышовки – видов, достигающих наибольшей численности в составе сообществ лесного пояса.

Визуализировать полученные значения можно с помощью 3D-графиков, построенных по обилию вида и показателям двух наиболее значимых факторов, что, на наш взгляд, и является проекцией видовой экологической ниши (рис. 2).

Для красной полевки значимы первый и третий факторы (рис. 2, *а*). Согласно рисунку, численность красной полевки равномерно меняется в зависимости от обоих факторов, достигая наибольших значений при минимальных значениях 1-го и максимальных – 3-го факторов. Это свидетельствует о том, что для этого вида наиболее благоприятны влажные захламленные леса с развитым моховым покровом на возвышенных частях горных хребтов. Некоторое увеличение численности красной полевки наблюдается в избыточно влажных черневых лесах со смешанным травянисто-моховым покровом с крупнотравием и папоротниками. Подобная экологическая оценка вида хорошо согласуется с результатами многочисленных исследований в горах Южной Сибири [2, 21–23].

Распределение полевки-экономки по территории лесного пояса зависит от всех трех факторов, но наибольшая зависимость наблюдается от второго и третьего (рис. 2, *б*). Максимальные значения регрессионная функция име-

ет в отрицательной области 2-го и 3-го факторов и положительной – 1-го. Таким образом, наибольшей численности полевка-экономка достигает в низкорослых влажных разреженных хвойно-лиственных лесах с развитым травяно-кустарничковым и крупнотравно-папоротниковым ярусами и слабо выраженным моховым покровом, что соответствует экологическому облику этого зеленоядного гигрофильного вида [24].

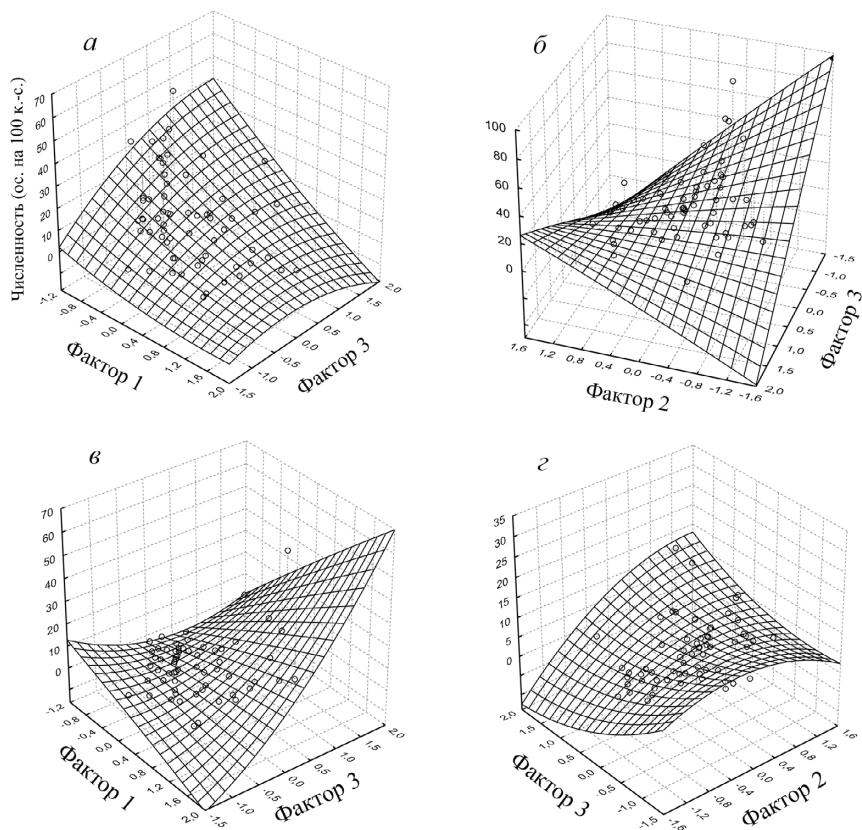


Рис. 2. Проекция видовых экологических ниш доминирующих видов мышевидных грызунов лесного пояса Алтае-Саянской горной страны (а – красная полевка, б – полевка-экономка, в – лесная мышовка, г – восточноазиатская мышь) в пространстве двух наиболее значимых абстрактных экологических факторов

Численность лесной мышовки зависит от всех трех факторов одновременно. Их взаимное положительное сочетание ведет к увеличению численности этого вида. Наиболее показательна проекция экологической ниши лесной мышовки в пространстве первого и третьего факторов (рис. 2, в). Максимальная численность вида связана с местообитаниями с развитыми травяно-кустарничковым и крупнотравно-папоротниковым ярусами в соче-

тании с разреженным древостоем смешанного хвойно-лиственного состава. Такое распределение вида по территории согласуется с данными, полученными на всем протяжении видового ареала [25–26].

Влияние исследованных факторов на распределение и численность восточноазиатской мыши невелико, о чем свидетельствует невысокий коэффициент детерминации регрессионной функции. Значима только положительная зависимость от второго фактора (см. рис. 2, г). Отсутствие связи с первым фактором (высота местности, плотность древостоя) отражает широкое распространение вида в лесах различного типа. В пределах региона наиболее благоприятны для восточноазиатской мыши умеренно-влажные смешанные хвойно-лиственные леса с развитым травяно-кустарничковым ярусом.

Для красно-серой полевки отсутствует явно выраженная зависимость от выявленных факторов. Основываясь на слабой положительной зависимости от второго фактора, можно полагать, что несколько большей численности этот вид достигает в умеренно-влажных темнохвойных лесах с умеренным травяно-кустарничковым ярусом и развитым моховым покровом. Такие условия соответствуют трофическим предпочтениям вида, основу рациона которого составляют вегетативные и плодовые части ягодных кустарничков (брусники, черники, голубики), а также травянистые растения [21, 27].

Лесной лемминг имеет повсеместно низкую численность и отмечен всего в 20% обследованных местообитаний. Только в трех случаях его численность оказалась выше 5 особей на 100 к.-с. Обилие данного вида связано, главным образом, с влиянием первого фактора. Благоприятные условия для лесного лемминга складываются на возвышенных частях горных массивов в захламленных темнохвойных лесах с развитым моховым покровом и достаточным увлажнением.

Распределение темной полевки положительно связано только с первым фактором. Наиболее благоприятны для вида умеренно влажные низкогорные смешанные леса с развитым травянисто-кустарничковым и крупнотравно-папоротниковыми ярусами.

Рыжая полевка, доминирующая в лесах европейской части, в горных лесах Алтае-Саян не достигает, как правило, высокой численности. В отличие от близкородственной красной полевки, ее распределение связано только с третьим фактором. Наиболее благоприятны для рыжей полевки влажные смешанные хвойно-лиственные леса с развитым крупнотравно-папоротничковым ярусом и умеренным захламлением, что в наибольшей степени соответствует экологическому облику этого европейского вида, находящегося на восточной окраине своего ареала [28].

Обыкновенная полевка – обитатель открытых участков (полян, лугов, агроценозов), прилегающих к лесным массивам. Вид присутствует в отловах только в экотонной зоне, поэтому выявленные факторы, характеризующие лесную растительность, не оказывают значимого влияния на распределение и уровень численности этого вида. Однако значимая зависимость от третье-

го фактора явно указывает на предпочтение этой полевой влажных лесов с развитым крупнотравно-папоротниковым ярусом.

Таким образом, совокупность экологических ниш рассматриваемых видов охватывает все экологическое пространство, их оптимумы разнесены и полностью не перекрываются. Распределение видов в пространстве определяется видоспецифическими требованиями к условиям среды.

Заключение

В пределах лесного пояса горных систем Алтае-Саянской горной страны обитает 15 видов мышевидных грызунов, которые образуют самые многочисленные сообщества среди позвоночных животных.

Проведенный комплексный анализ данных о размещении и численности видов в пределах лесного пояса позволил определить характер связи видов с условиями среды и их физический смысл, оценить размещение видов в пространстве экологических факторов и особенности структурной организации сообществ.

Выделение ведущих факторов, произведенное с помощью многомерного шкалирования, позволило охарактеризовать параметры экологических ниш наиболее многочисленных видов мышевидных грызунов и характер их связи с условиями среды обитания. Статистическая оценка достоверности влияния факторов среды показала их значимость для рассматриваемой группы. Большинство грызунов зависит в той или иной степени от одного, двух или всех трех факторов. Все виды занимают разные подобласти экологического пространства, отличаясь характером отношений (положительным или отрицательным) и степенью чувствительности к факторам среды. Расчеты показали, что экологические ниши видов полностью не перекрываются, а их оптимумы разведены в экологическом пространстве. В результате этого происходит пространственное разобщение близкородственных видов, что является одним из наиболее важных механизмов, обеспечивающих их существование в рамках одного сообщества.

В пределах лесного пояса наиболее значимыми факторами для грызунов выступают состав и сомкнутость древостоя, высота над уровнем моря и эколого-ценотический состав подчиненных ярусов леса, где проходит весь жизненный цикл рассматриваемой группы животных.

Авторы выражают благодарность д.б.н., в.н.с. В.М. Ефимову (Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск) за ценные советы по обработке материалов.

Литература

1. Пузаченко Ю.Г., Кузнецов Г.В. Устойчивость грызунов к рубкам в сезонно-влажных лесах юга Вьетнама // Зоологический журнал. 2003. Т. 82, № 5. С. 623–638.

2. Андреева Т.А., Окулова Н.М. Экологические предпочтения лесных полевок // Экология. 2009. № 2. С. 149–154.
3. Meyer B.J., Eccard J., Brandl R. Vegetation structure and the abundance of the Black Tailed Tree Rat *Thallomys nigricauda* at the Thornveld savannah (South Africa) // The impact of habitat structures on some small rodents in the Kalahari Thornveld (South Africa). Marburg : Philipps-University Press, 2004. P. 65–77.
4. Cook R.P., Boland K.M., Dolbeare T. Inventory of small mammals at Cape Cod National Seashore with recommendations for long-term monitoring. Boston : National Park Service U.S. Department of the Interior, 2006. 117 p.
5. Michel N., Burel F., Legendre P., Butet A. Role of habitat and landscape in structuring small mammal assemblages in hedgerow networks of contrasted farming landscapes in Brittany, France // Landscape Ecol. 2007. Vol. 22. P. 1241–1253.
6. Виноградов В.В. Пространственно-временная организация сообществ мелких млекопитающих Приенисейской части Алтае-Саянской горной страны. Красноярск, 2012. 284 с.
7. Огуреева Г.Н. Структура высотной поясности растительности гор Южной Сибири // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 1983. Т. 88, вып. 1. С. 66–74.
8. Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск : Наука, 1986. 225 с.
9. Юдин Б.С., Николаев В.В. Сообщества мелких млекопитающих (Micromammalia) вертикальных поясов центральной части Восточного Саяна (Тофалария) // Фауна и систематика позвоночных Сибири. Новосибирск : Наука, 1977. С. 81–92.
10. Юдин Б.С., Потанина А.Ф. Территориальные группировки мелких млекопитающих (Micromammalia) в Кузнецком Алатау и Западном Саяне // Фауна и систематика позвоночных Сибири. Новосибирск : Наука, 1977. С. 32–59.
11. Александров В.Н., Сергеев В.Е. Мелкие млекопитающие (Micromammalia) Горной Шории // Фауна, таксономия, экология млекопитающих и птиц. Новосибирск : Наука, 1987. С. 22–27.
12. Наумов Н.П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. Т. 9. 1955. С. 179–202.
13. Полевая геоботаника / под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина М. ; Л. : Наука, 1964. Т. 3. 530 с.
14. Hutchinson G.E. The niche: an abstractly inhabited hyper-volume // The Ecological Theatre and the Evolutionary Play. New Haven : Yale Univ. Press, 1965. P. 26–78.
15. Пузаченко Ю.Г., Кузнецов Г.В. Экологическая дифференциация грызунов сезонно-влажных тропических лесов Северного Вьетнама // Зоологический журнал. 1998. Т. 77, № 1. С. 117–132.
16. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М. : Академия, 2004. 416 с.
17. StatSoft Inc. 2001. STATISTICA (data analysis software system), version 6.0. <http://www.statsoft.com>.
18. Абросов Н.С., Ковров Б.Г., Черепанов О.А. Экологические механизмы сосуществования и видовой регуляции. Новосибирск : Наука, 1982. 297 с.
19. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М. : Мир, 1988. 184 с.
20. Пузаченко Ю.Г., Придня М.В., Мартин В., Санковский А.Г. Отображение видовых экологических ниш для сообществ смешанных лесов бассейна р. Хаббард-Брук (Белые горы, Новая Англия, Северная Америка) // Экология. 1996. № 6. С. 403–410.
21. Соколов Г.А. Млекопитающие кедровых лесов Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 256 с.
22. Юдин Б.С., Галкина Л.И., Потанина А.Ф. Млекопитающие Алтае-Саянской горной страны. Новосибирск : Наука, 1979. 296 с.
23. Виноградов В.В. Мелкие млекопитающие Кузнецкого Алатау. Красноярск : Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2007. 212 с.
24. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб. : ЗИН РАН, 1995. 522 с.

25. Реймерс Н.Ф. Птицы и млекопитающие южной тайги Средней Сибири. М. : Наука, 1966. 420 с.
26. Ивантер Э.В., Кухарева А.В. К экологии лесной мышовки (*Sicista betulina*) на северном пределе ареала // Зоологический журнал. 2008. Т. 87, № 4. С. 476–493.
27. Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. Мелкие млекопитающие северо-востока Сибири. Новосибирск : Наука, 2002. 246 с.
28. Шварц Е.А., Шефтель Б.И., Жуков М.А. Закономерности распространения рыжей полевки на востоке ареала // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 1987. Т. 92. Вып. 2. С. 17–26.

Поступила в редакцию 15.01.2013 г.

Tomsk State University Journal of Biology. 2013. № 2 (22). P. 115–126

doi: 10.17223/19988591/22/9

Sergey A. Abramov¹, Vladislav V. Vinogradov², Alexander S. Zolotyuh³

¹*Institute of Systematics and Ecology of Animals of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

²*V.P. Astafiev Krasnoyarsk Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia*

³*Sayano-Shushensky State Biosphere Nature Reserve, Shushensky, Russia*

ECOLOGICAL DIFFERENTIATION OF MOUSE-LIKE RODENT (RODENTIA) SPECIES IN ALTAI-SAYAN MOUNTAIN FOREST BELT

Characterising of habitat associations of species is fundamental for understanding of basic mechanism of animal communities organization. Differences in species diversity between different localities can be attributed to ecological, biogeographic and evolutionary processes. The main indicator which shows the relation of the species to the environmental conditions is its abundance. Population diversity of rodent species with different ecological specialisation is a marker of different habitats.

Mouse-like rodents form the most abundant communities among vertebrate animals inhabiting the forest belt of the mountain region. Based on the long-term research and literature data the authors discuss the distribution regularities of rodent species in the mountain forest ecological space of the Altai-Sayan Mountains. The forest belt of the Altai-Sayan Mountains is inhabited by 15 mouse-like rodents species. A comprehensive analysis of distribution of rodent species within the forest zone allowed us to determine the attitude of species to the range of environmental factors and to estimate the collocation of rodent species in the multidimensional ecological space.

Three main axes of environmental space were allocated with a multidimensional scaling method. To identify the ecological niches of the studied rodent species, each axis was regressed to the abundance of rodent species. Regression analysis was also used to assess the association between the environmental parameters and the axes of the environmental space. The analysis showed that the differences in the sensitivity of species to environmental factors cause a divergence of their ecological niches, which provides the independence of these species within their community. The most significant ecological factors which provide the distribution of rodents in the forest belt are density of canopy, altitude elevation of the territory, humidity and the understory layer (shrubs and herbs) structure.

Key words: mouse-like rodents; forest belt; environmental factors; ecological niche.

Received January 15, 2013