

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

С.В. МУХАЧЕВА,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

К.И. БЕРДЮГИН,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

Ю.А. ДАВЫДОВА,

кандидат биологических наук, научный сотрудник,

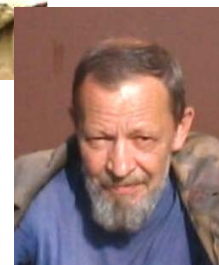
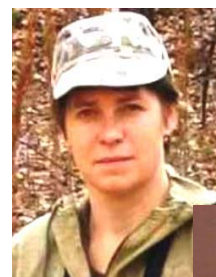
Институт экологии растений и животных УрО РАН,

г. Екатеринбург

Ключевые слова: экологический мониторинг, мелкие млекопитающие, сообщества и популяции, демографическая структура, морфобиология, тяжелые металлы.

Мелкие наземные млекопитающие – одна из наиболее изученных групп живых организмов. Благодаря высокой численности и интенсивному размножению, оседлости и небольшому участку обитания, высокой чувствительности к внешним агентам, а также простоте в проведении наблюдений (отловов) мелкие млекопитающие, такие как мышевидные грызуны и насекомоядные, являются незаменимым инструментом экологического монито-

ринга [3, 10]. Как обитатели поверхности и приповерхностных слоев почвы они первыми вступают в контакт с вредными веществами, накапливаемыми субстратом, реагируют на воздействие того или иного вещества и могут служить для биоиндикационных целей. Для получения полной характеристики животного населения необходимо обследовать максимально возможное количество местообитаний, представленных на изучаемой терри-



тории. Используя популяционно-экологические характеристики видов, составляющих сообщество, можно не только получить представление о биологическом своеобразии популяций, их жизнеспособности и приспособленности к существующим условиям обитания, но и уловить изменения среды обитания [12, 6, 8].

Цель и методы исследований

Цель работы - исследование состояния природных экосистем в районе месторождения медно-колчеданных руд с использованием в качестве объекта мелких млекопитающих. Обследуемый район расположен на северо-востоке Челябинской области в подзоне северной лесостепи. В районе исследований представлены разнообразные местообитания: леса разного возраста (березовые, осиново-березовые, сосновые, сосново-березовые), луга (суходольные - преимущественно по залежам - и заболоченные с участками осоковых болот). Наиболее глубокие понижения мезорельефа заняты закустаренными болотными растительными сообществами с участками открытой воды. Площади, занятые лесами, лугами и болотами, примерно одинаковы. Незначительная территория приходится на посадки сосны и кустарниковые сообщества по границе болот. Для исследований выбрано 19 пробных площадей (ПП) в естественных и антропогенных местообитаниях (табл. 1).

На всех участках на поверхности почвы измеряли уровень гамма-фона (с помощью рентгенометра-радиометра), который не превышал естественного уровня (8-25 мкР/час). Для анали-

Таблица 1

Перечень пробных площадей и объем работ

ПП	Описание	Способ отлова*	Кол-во ловушек-суток	Добыто особей
<i>Естественные местообитания</i>				
1	Березняк злаково-разнотравный	д	100	2
2	Суходольный луг по залежи злаково-разнотравный	д	100	10
3	Заболоченный луг осоково-злаково-разнотравный	д	100	1
4	Березняк злаково-разнотравный	д	100	6
5	Суходольный луг злаково-разнотравный	д	100	0
6	Заболоченный луг осоково-злаково-разнотравный	д	100	0
7	Березняк злаково-разнотравный	д	100	5
8	Суходольный луг по залежи злаково-разнотравный	д	100	8
9	Заболоченный луг осоково-злаково-разнотравный	д	100	6
10	Сосняк травяно-мертвопокровный	д	100	3
11	Кустарниковый экотон (болото/сосняк)	ж	52	4
12	Кустарниковый экотон (болото/березняк)	д	100	10
13	Кустарниковый экотон (болото/суходольный луг)	д, к	36	6
14	Сосново-березовый лес злаково-разнотравный	д	100	1
15	Суходольный луг злаково-разнотравный вдоль кромки березняка травяного	ж	16	1
16	Березняк осоково-злаково-разнотравный переувлажненный вдоль кромки болота	ж	20	0
<i>Антропогенные местообитания</i>				
17	Вахтовый поселок	д	6	4
18	Старые развалины сельхозпостроек	ж	20	0
19	Место сбора пищевых/бытовых отходов поселка	ж	20	0
	Всего		1370	67

* Д – давилки-плашки; к – капканы; ж – живоловки.

Ecological monitoring, small mammals, communities and populations, demographic structure, morphobiology, heavy metals.

Таблица 2
Биотопическое распределение и относительная численность (особей на 100 ловушко-суток) мелких млекопитающих в основных типах местообитаний

Вид	Тип местообитания				
	березовый лес	сосновый лес	суходольный луг	заболоченный луг	экотон болото/лес
Лесная мышь	3	0,5	1	1	4
Полевка-экономка	0	0	1	1,67	1
Узкочерепная полевка	0	0	0,33	2,67	1
Пашенная полевка	0	0,5	0	0	0
Красная полевка	0,33	1	0	0	0
Водяная полевка	0	0	0	0	1
Лесная мышовка	0,33	0	0	0	0
Обыкновенная бурозубка	0,33	0	0,67	1,33	3
Малая бурозубка	0,33	0	0	0	0
Суммарное обилие	4,32	2	3	6,67	10
Всего видов	5	3	4	4	5

за видовой структуры сообществ мелких млекопитающих ПП условно объединяли в группы: березовый лес, сосновый лес, суходольный луг, заболоченный луг и экотон болото/березовый лес (табл. 2). Сбор материала проводили летом 2007 года в период массового размножения животных. Для отлова использовали разные орудия лова в линейном варианте [4]. Добытых зверьков подвергали стандартному зоологическому обследованию: определяли вид, пол, возраст, репродуктивный статус, фиксировали основные экстерьерные и интерьерные показатели [7]. По комплексу признаков животные были подразделены на группы: перезимовавшие особи, неполовозрелые (созревающие) сеголетки и половозрелые прибылые особи, размножающиеся в год рождения. Анализ основных популяционных характеристик и уровней накопления химических элементов (меди, цинка, кобальта, никеля, кадмия и свинца) в организме животных выполнен на примере доминирующего вида - малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis*, Pall., 1811). Для химического анализа использовали фрагменты печени, которые высушивали до абсолютно-сухого веса и далее подвергали мокрому озолению. Концентрацию элементов в образцах (n=21) определяли методом атомной абсорбции на спектрометре ААС-6 с использованием пламенного и электротермического вариантов атомизации.

Результаты исследований

Структура населения мелких млекопитающих. Биотопическое распределение видов - важный показатель, характеризующий состояние населения мелких млекопитающих, ландшафтно-экологические условия изучаемой территории, а также вероятность контактов человека (не всегда безобидных) с грызунами и насекомоядными. Несмотря на то, что выявленная нами

видовая структура населения мелких млекопитающих (табл. 2) представляет собой неполный список, она актуальна и соответствует зональным и ландшафтным условиям территории [11, 7]. В отсутствие изменений в состоянии окружающей среды (например, техногенного загрязнения) в районе месторождения структурное ядро будет сохраняться и в дальнейшем.

Соотношение групп грызуны/насекомоядные составляет 0,85/0,15, что является обычным при использованном нами методе сбора данных. Среди грызунов доминирующее положение занимает малая лесная мышь, в группе насекомоядных - обыкновенная бурозубка (эвритопные и эврибионтные виды в сообществе).

Лесная мышь является самым распространенным видом. Она зарегистрирована в наибольшем количестве местообитаний (7 ПП из 19) и заселяет как лесные, так и луговые местообитания, проявляя в своем биотопическом распределении характерные виды экологические черты. Поскольку биотопический потенциал лесной мыши не исчерпывается изученными местообитаниями, можно ожидать, что при высокой численности вид будет занимать более широкий спектр местообитаний. Красная полевка обнаружена в лесных местообитаниях и экотоне, а в открытых луговых биотопах не зарегистрирована, что соответствует ее экологическому статусу обитателя лесных (таежных) биотопов. Полевка-экономка и узкочерепная полевка - более стенопотные виды (4 ПП из 19). Экологическая специфика этих видов находит выражение в их распределении: влаголюбивая полевка-экономка отмечена в экотонах, связанных с болотами; узкочерепная полевка в большем количестве отлавливалась на суходольных лугах. Однако виды обладают и значительной биотопической пластич-

ностью, о чем свидетельствует факт их совместного обитания на заболоченном лугу и на границе болото/лес. Присутствие видов в нехарактерных местообитаниях указывает на потенциальные направления их расселения при изменении численности, погодноклиматических либо иных условий. Водяная полевка еще больше, чем полевка-экономка, связана с переувлажненными биотопами и зарегистрирована лишь в зонах, разграничивающих болотные и иные сообщества. Пашенная полевка, несмотря на малочисленность, обладает высоким потенциалом роста численности и расселения по разным биотопам и при изменении условий может выйти на одно из ведущих мест в сообществах грызунов в районе исследования.

Среди насекомоядных доминировала обыкновенная бурозубка, обнаруженная в разнообразных местообитаниях (5 ПП из 19), включающих лесные, луговые и пограничные участки. Широкий спектр биотопов ее распространения является еще одним доказательством благополучного состояния природных комплексов (по крайней мере, в отношении интоксикации биогеоценозов тяжелыми металлами и радиоактивными изотопами) района исследований, поскольку основной кормовой объект насекомоядных - почвенные беспозвоночные - достаточно чутко реагируют на ценолитические токсиканты.

Численность населения мелких млекопитающих. Численность - один из важнейших показателей состояния населения мелких млекопитающих. Суммарное обилие видов, составляющих сообщество, отражает сумму видовых реакций на комплекс внешних воздействий и характер межвидовых взаимодействий внутри сообществ. Общий уровень численности мелких млекопитающих в период массового размножения животных был весьма низок (4,7 особи на 100 ловушко-суток), причем это касается всех отмеченных видов (табл. 2). Среди грызунов доминировала по численности лесная мышь. В качестве субдоминантов выступали полевка-экономка, узкочерепная и красная полевки. Их численность была в 1,5-2 раза ниже, чем лесной мыши. Группу малочисленных видов составили водяная, пашенная полевки и лесная мышовка. Насекомоядные занимали промежуточное положение между доминирующим видом и субдоминантами, составляя около 20% общей численности всего населения. В целом население мелких млекопитающих можно охарактеризовать как полидоминантное, что свойственно сообществам этой группы животных в ландшафтах северной лесостепи и указывает на ненарушенное состояние биоты описываемого района. В связи с полидоминантностью можно ожидать, что в другие годы и при других

Таблица 3
Демографическая структура населения малой лесной мыши

Пол	Доля репродуктивно-возрастной группы в населении			
	перезимовавшие особи	неполовозрелые сеголетки	половозрелые сеголетки	всего
Самки	0,15 (3)*	0,15 (3)	0,15 (3)	9
Самцы	0,15 (3)	0,05 (1)	0,35 (7)	11
Всего	0,3 (6)	0,2 (4)	0,5 (10)	20

Таблица 4
Морфофизиологические показатели малой лесной мыши

Показатели	Перезимовавшие особи	Половозрелые сеголетки	Неполовозрелые сеголетки	Межгрупповые различия для абсолютных значений
Масса тела (M±m), г	25,4±3,3	16,3±3,8	9,7±3,1	F=23,83 p<0,000
Длина тела (M±m), мм	100,0±4,5	85,0±18,5	70,0±10,0	F=9,83 p<0,001
Масса тимуса (M±m), мг	2,0±4,0	15,1±7,0	14,6±4,0	F=5,72 p<0,011
Масса, мг / индекс, %о, семенника	270,0/10,6	190,6/11,7	105,0/10,8	F=7,01 p<0,017
Масса семенных пузырьков, мг	364,7	170,2	10,0	F=6,47 p<0,025
Масса, мг / индекс, %о, сердца	187,7/7,4	126,7/7,9	80,0/8,3	F=9,76 p<0,001
Масса, мг / индекс, %о, селезенки	172,7/6,9	100,2/5,8	88,0/8,3	F=3,17 p=0,068
Масса, мг / индекс, %о, почки	218,0/8,8	152,6/9,2	94,5/9,3	F=9,40 p<0,001
Масса, мг / индекс, %о, надпочечника	8,3/0,3	5,4/0,3	2,5/0,3	F=10,95 p<0,000
Масса, мг / индекс, %о, печени	1803,0/71,0	1138,0/67,7	644,0/62,3	F=19,21 p<0,000

Таблица 5
Концентрация химических элементов в печени малой лесной мыши (мкг/г сухого веса)

Химический элемент	Окрестности месторождения медно-колчеданных руд		Литературные данные	
	M±SD	min-max	для фоновых территорий min-max	для загрязненных территорий min-max
Медь	14,33±3,25	7,40-29,47	9,5-14,7	15,7
Цинк	96,58±10,61	19,34-193,14	64,8-109,0	93,0-111,6
Кадмий	0,06±0,01	0-0,18	0,01-0,10	0,2-8,6
Никель	0,76±0,19	0-2,33	0,32-0,92*	0,44-0,82*
Кобальт	0,93±0,17	0-2,32	0,11-0,2*	0,29-0,65*
Свинец	2,25±0,58	0-7,98	0,5-1,1	2,2-17,4

* Концентрация элемента в печени рыжей полевки.

условиях возможны структурные изменения населения вплоть до смены вида-доминанта. Состояние населения мелких млекопитающих полностью соответствует нормальным экологическим особенностям видов, составляющих сообщества этой группы животных в районе проведения исследований, и ландшафтно-биотопическим характеристикам описываемой территории.

Популяционные характеристики доминирующего вида - малой лесной мыши. Исследования популяций мелких млекопитающих, находящихся в условиях естественного экстремума или под действием антропогенного пресса различного происхождения, свидетельствуют о том, что в ряду традиционно анализируемых биологических показателей популяционно-экологические и демографические характеристики наиболее чутко улавлива-

ют изменения среды обитания.

Соотношение полов в структуре населения лесной мыши в основных типах местообитаний близко 1:1, что свидетельствует об обитании в ненарушенных условиях. Возрастной спектр типичен для начала массового размножения мышевидных грызунов (табл. 3). Весь молодняк находился в стадии созревания, что, вероятно, обусловлено низкой численностью вида в период проведения отловов. Репродуктивные и морфофизиологические характеристики особей рассмотрены с учетом репродуктивного статуса животных (табл. 4).

В условиях низкой численности животные интенсивно участвовали в размножении. На момент исследований все перезимовавшие самки имели по два выводка, прибылые - по одному. Эмбриональные потери не регистрировали. Потенциальная плодови-

тость была равна фактической и у перезимовавших самок выше (8 эмбрионов на самку), чем у сеголеток (6,5 эмбриона). У прибылых самок, рожденных в первую декаду июня, несмотря на небольшие размеры и массу тела отмечали признаки активного созревания или готовность к размножению. Репродуктивные и морфофизиологические параметры лесной мыши лежат в пределах нормальных величин, свойственных популяции, обитающей в ненарушенной среде [5].

Содержание химических элементов в печени малой лесной мыши. Печень традиционно используется в качестве анализируемого субстрата, так как она является органом-депо для многих химических элементов. Предварительный анализ показал, что концентрации элементов в печени малой лесной мыши не зависят от биотопической приуроченности особей, поэтому данные рассматривали как единую выборку (табл. 5). Полученные результаты сравнивали с известными литературными и/или собственными данными [1, 2, 9, 15, 16, 13, 14].

Медь и цинк - физиологически необходимые элементы. Их концентрация в организме поддерживается на определенном уровне и мало зависит от внешних факторов, так как регулируется гомеостатическими барьерами. Литературных сведений о концентрациях Ni и Co в печени малой лесной мыши не обнаружено, поэтому для сравнения привлекали собственные данные по рыжей полевке из разных районов Среднего Урала [2, 9]. Концентрации элементов в органах и тканях лесных мышей ниже, чем у рыжих полевок, добытых на тех же территориях, поэтому можно предположить, что содержание Co и Ni в печени малой лесной мыши будет еще меньшим. Концентрации Cd в печени лесных мышей на территории месторождения сопоставимы с фоновыми значениями. Концентрации Pb несколько повышены и регистрировались, как правило, у перезимовавших зверьков (свинец имеет тенденцию накапливаться в организме с возрастом). Единичные особи с повышенными уровнями свинца были отмечены на всех участках. Таким образом, уровни накопления изученных тяжелых металлов (за исключением свинца) соответствуют фоновым значениям.

Выводы

Структура сообществ мелких млекопитающих и популяции доминирующего вида свидетельствуют о ненарушенном (естественном) состоянии биоты изучаемого района. Установленные значения структурных параметров сообществ мелких млекопитающих и популяции доминирующего вида при проведении мониторинга состояния среды (биоты) в дальнейшем должны стать основой для сравнительной оценки степени воздействия производ-

Ветеринария

ственной деятельности при разработке месторождения на окружающую среду, в том числе на биотические комплексы района.

Литература

1. Безель В. С., Мухачева С. В., Васильев А. Г. Накопление тяжелых металлов в скелете, почках и печени мелких млекопитающих // Отдаленные эколого-генетические последствия радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв. Екатеринбург : Изд-во «Екатеринбург», 2000. С. 139-142.
2. Безель В. С., Куценогий К. П., Мухачева С. В., Савченко Т. И., Чанкина О. В. Элементный состав рационов питания и тканей мелких млекопитающих различных трофических уровней как биоиндикатор химического загрязнения окружающей среды // Химия в интересах устойчивого развития. 2007. Т. 15. С. 33-42.
3. Бердюгин К. И., Большаков В. Н. Млекопитающие в экологическом мониторинге // Методы экологического мониторинга: большой специальный практикум : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2005. С. 192-201.
4. Карасева Е. В., Телицына А. Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях: учеты численности и мечение. М. : Наука, 1996. 227 с.
5. Колчева Н. Е. Эколого-морфологическая характеристика малой лесной мыши на Урале // Биоразнообразии и биоресурсы Урала и сопредельных территорий : матер. межд. конф., Оренбург, 29-31 мая 2008 г. Тр. Ин-та биоресурсов и прикладной экологии. Оренбург, 2008. С. 247- 250.
6. Лукьянова Л. Е., Лукьянов О. А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. 2. Популяции // Успехи соврем. биологии. 1998. Т. 118. Вып. 6. С. 693-706.
7. Млекопитающие Свердловской области : справочник-определитель / В. Н. Большаков [и др.]. Екатеринбург : Изд-во «Екатеринбург», 2000. 240 с.
8. Мухачева С. В. Воспроизводство населения рыжей полевки *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Cricetidae) в градиенте техногенного загрязнения среды обитания // Зоол. журн. 2001. Т. 80. № 12. С. 1509-1517.
9. Мухачева С. В. Особенности депонирования тяжелых металлов в организме мелких млекопитающих из симпатрических популяций в условиях химического загрязнения среды // Экологическая безопасность горнопромышленных районов. Екатеринбург, 2007. С. 115-120.
10. Система мониторинговых наблюдений за состоянием биоты на территории Свердловской области / Правительство Свердл. обл., Мин-во природ. ресурсов, Ин-т экологии растений и животных УрО РАН ; [отв. ред. И. А. Кузнецова]. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2005. 205 с.
11. Шварц С. С., Павлинин В. Н., Данилов Н. Н. Животный мир Урала. Свердловск : Свердл. кн. изд-во, 1953. 175 с.
12. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Метод морфологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск : Уф АН СССР, 1968. 389 с.
13. Damek-Poprava M., Sawicka-Kapusta K. Damage to the liver, kidney, testis with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland // Toxicology. 2003. P. 1-10.
14. Damek-Poprava M., Sawicka-Kapusta K. Histopathological changes in the liver, kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steelworks and Zink smelter in Poland // Environ. Res. 2004. Vol. 96. P. 72-78.
15. Sawicka-Kapusta K., Gorecki A., Lange R. Heavy Metals in rodents from polluted forests in Southern Poland // Ecol. Pol. 1987. Vol. 35. № 2. P. 345-354.
16. Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Kowalska A., Lends B., Skrobacz M. Heavy metal concentrations in small mammals from Borecka Forest // Arch. Ochr. Srod. 1995. 3-4. P. 229-234.