

Алёна Юрьевна ЛЕВЫХ¹
Наталья Вячеславовна ИЛЬИНА²

УДК 599: 574.9 (571.12)

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МЕЛКИХ
МЛЕКОПИТАЮЩИХ Г. ИШИМА
КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

¹ кандидат биологических наук,
доцент кафедры биологии,
географии и методики их преподавания,
Ишимский педагогический институт
имени П. П. Ершова,
филиал Тюменского государственного университета
aljurlev@mail.ru

² магистрант,
Тюменский государственный университет
natali.ilina@mail.ru

Аннотация

По материалам учетов мелких млекопитающих в летне-осенний период 2016 г. методами синэкологии проанализированы видовой состав, численность, видовое и структурное разнообразие, оценены интегральные показатели состояния сообществ мелких млекопитающих в разных структурно-функциональных зонах г. Ишима. Рассчитанные индексы разнообразия и кривые доминирования-разнообразия индицируют в целом невысокое разнообразие экологических ниш и всей экосистемы в целом, которое сокращается в направлении увеличения антропогенной нагрузки. Информационная структура всех изучаемых сообществ, за исключением зоны многоэтажной застройки, качественно соответствует сообществам слабо нарушен-

Цитирование: Левых А. Ю. Биологическое разнообразие мелких млекопитающих г. Ишима как индикатор состояния окружающей природной среды / А. Ю. Левых, Н. В. Ильина // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2017. Том 3. № 4. С. 89-112.
DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-89-112

ных местообитаний лесостепной зоны Западной Сибири, что свидетельствует о достаточном природно-ресурсном потенциале исследуемой территории. На фоне разнонаправленных изменений показателей резистентной и общей устойчивости сообществ мелких млекопитающих в направлении от периферии к центру города, обусловленных структурными особенностями конкретных местообитаний, отмечено постепенное снижение индекса упругой устойчивости в градиенте антропогенной нагрузки. Материалы работы дополняют сведения о биологическом разнообразии мелких млекопитающих и характеризуют состояние наземных экосистем г. Ишима после половодья 2016 г. Впервые методом многомерных пиктограмм, основанных на индексах разнообразия, дана качественная характеристика сообществ мелких млекопитающих и населяемых ими ландшафтов.

Ключевые слова

Мелкие млекопитающие, насекомоядные, грызуны, информационная структура сообществ, видовое и структурное разнообразие, устойчивость, ресурсная емкость местообитания.

DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-89-112

Введение

Развитие технологий мониторинга состояния окружающей среды привело к широкому применению в качестве одной из значимых характеристик состояния экосистем биологического разнообразия мелких млекопитающих, которые благодаря интенсивному метаболизму отличаются высокой требовательностью к среде обитания и чувствительностью к ее изменениям. Насыщенность местообитаний разными видами мелких наземных грызунов и землероек-бурозубок и выравнивание их численности свидетельствуют о разнообразии и высоком ресурсном потенциале экосистемы [13].

В современных условиях кризисного состояния биосферы приоритетным направлением развития науки и техники является рациональное природопользование, направленное в первую очередь на сохранение средообразующих функций окружающей природной среды [11]. В связи с этим важными объектами эколого-биологического мониторинга являются урбоэкосистемы, испытывающие непрерывное воздействие целого комплекса антропогенных факторов, обостряющих воздействие чрезвычайных природных факторов. Стратегическое развитие планировочной структуры и социально-экономической сферы городов должно наряду с задачей повышения качества жизни населения способствовать решению задачи сохранения имеющегося природно-ресурсного потенциала.

Объектом данной работы являются сообщества мелких млекопитающих г. Ишима Тюменской области, который в 2016 г. пережил сильнейшее наводнение [12], обусловленное в числе прочих причин нарушением правил хозяйственного использования водоохранной зоны малых рек Карасули и Мергени.

Цель данной работы заключалась в изучении видового и структурного разнообразия мелких млекопитающих г. Ишима как индикаторов состояния окружающей природной среды.

Материалы и методы исследования

Материалом для работы послужили выборки мелких млекопитающих, отловленные с 17.06.2016 г. по 8.07.2016 г. и с 2.10.2016 г. по 6.10. 2016 г. на территории г. Ишима. Для накопления сопоставимых многолетних данных в соответствии с методическими подходами, примененными ранее в работах [4, 14,15], отлов животных осуществляли в следующих структурно-функциональных зонах: 1 — зона многоэтажной застройки (корпус ИПИ им. П. П. Ершова по ул. Ленина), 2 — зона частной застройки (ул. 5-ая Северная), 3 — зона городских неудобий (полоса зеленых насаждений вдоль железной дороги в районе ул. 5-ой Северной; лесопарк «Березовая роща» по ул. Казанская (площадь 14,5 га)), 4 — лесопарковая зона (лесопарк «Народный парк» (площадь 72 га), старая залежь возле старицы Ишимчик (возраст около 25 лет)). Ранее по характеру доминирования в сообществе мелких млекопитающих лесопарк «Березовая роща» был отнесен к зоне городских неудобий [14, с. 54].

Отлов мелких млекопитающих производили методом неизбирательного безвозвратного изъятия ловушками Геро [5]. Ловушки расставляли в пределах одного биотопа в ловчие линии по 25-50 шт. через 5-7 м друг от друга. В качестве приманки служили кусочки хлеба, смоченные в подсолнечном масле. Всего отработали 596 лов.-сут и отловили 126 зверьков, в том числе: в лесопарковой зоне — 250 лов.-сут и 68 ос.; в зоне городских неудобий — 225 лов.-сут и 34 ос.; в зоне частной застройки — 104 лов.-сут и 20 ос.; в многоэтажной застройке — 17 лов.-сут и 4 ос.

В помещениях ловушки расставляли по одной на 10 м² [5, с. 126]. Во всех случаях относительную численность пересчитывали на 100 лов.-сут. Индекс доминирования рассчитывали как долю особей данного вида среди всех отловленных в конкретном местообитании особей (в %).

В лабораторных условиях у отловленных животных определяли вид, пол, относительный возраст; у самок — количество эмбрионов, количество темных плацентарных пятен и желтых пятен беременности.

Экологические группы выделяли по классификации С. Н. Гашева [2] и Б. Клаусницера [6]. Состояние сообществ мелких млекопитающих оценивали по демографическим и интегральным показателям согласно методическим подходам С. Н. Гашева [3]. Структуру сообществ анализировали методом кривых доминирования-разнообразия, методом информационных индексов разнообразия и методом многомерных пиктограмм, построенных по индексам видового разнообразия Шеннона (H) и Симпсона (D) и выравненности Шеннона (J) и Симпсона (EC) [13, с. 778-789, 9, 10, 16]. Исследованные сообщества мелких млекопитающих ординировали по видовому составу и относительному обилию разных видов методом кластерного анализа по программе Statistica (Version 6) [1].

Антропогенную нагрузку на исследуемые местообитания оценивали по 8 критериям: шумовое загрязнение, транспортная нагрузка, деградация почвенного покрова, деградация растительного покрова, захламление мусором, свалка пищевых отходов, загазованность (пыль, сажа), фактор беспокойства (человек, собаки, стройка) — каждый из которых оценивали по 4-балльной шкале (0-3 балла) [7].

Разные структурно-функциональные зоны г. Ишима образуют следующий ряд в направлении увеличения антропогенной нагрузки: зона лесопарков (5 баллов) < зона городских неудобий (15 баллов) = зона частной застройки (15 баллов) < зона многоэтажной застройки (18 баллов) (таблица 1).

Таблица 1

Балльная оценка структурно-функциональных зон

Table 1

Structural and functional zones' scores

Критерии	Зоны (оценка в баллах)			
	зона многоэтажной застройки 1	зона частной застройки 2	зона городских неудобий 3	зона лесопарков 4
Шумовое загрязнение	2	2	3	1
Транспортная нагрузка	2	2	3	1
Деградация почвенного покрова	3	2	2	0
Деградация растительного покрова	3	2	2	0
Захламление мусором	1	1	1	1
Свалка пищевых отходов	1	1	0	0
Загазованность (пыль, сажа)	3	2	2	1
Фактор беспокойства (человек, собаки, стройка)	3	3	2	1
Итого	18	15	15	5

Результаты исследований и их обсуждение

Всего в период исследования на территории г. Ишима выявили 7 видов мелких млекопитающих из 5 родов, 3 семейств, 2 отрядов. Ниже приводим таксономический список выявленных видов.

Класс Mammalia
Отряд Insectivora
Семейство Soricidae — Землеройки
Род *Sorex* L., 1758 — Землеройки-бурозубки
Вид *Sorex araneus* L., 1758 — Бурозубка обыкновенная
Вид *Sorex minutus* L., 1766 — Бурозубка малая
Отряд Rodentia — Грызуны
Семейство Cricetidae — Хомяковые
Род *Microtus* Schrank, 1798 — Серые полевки
Вид *Microtus gregalis* Pall., 1779 — Узкочерепная полевка
Вид *Microtus oeconomus* Pall., 1776 — Полевка-экономка
Семейство Muridae — Мыши
Род *Apodemus* Kaup, 1829 — Лесные и полевые мыши
Вид *Apodemus agrarius* Pall., 1771 — Полевая мышь
Вид *Mus musculus* L., 1758 — Домовая мышь
Вид *Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769 — Серая крыса

Согласно подходу к классификации экологических групп по отношению к человеку, применяемому отечественными исследователями [2; 3, с. 15], в изучаемой выборке мелких млекопитающих присутствуют представители 3-х экологических групп: нейтралы, эвсинантропы, синантропы (таблица 2; рис. 1).

На рис. 1, отражающем удельный вес представителей разных экологических групп в выборках из разных местообитаний, прослеживается выпадение экологической группы нейтралов при переходе от лесопарковой зоны к зоне городских неудобий, далее сокращение доли эвсинантропов при переходе от зоны неудобий к зоне частной застройки и выпадение экологической группы эвсинантропов в зоне многоэтажной застройки. Таким образом, ни в одной из структурно-функциональных зон города не выявлены представители экологических групп антропофилов и антропофобов.

Некоторые антропофильные виды мелких наземных грызунов (в частности, малая лесная мышь) отмечались нами ранее на территории лесопарковой зоны г. Ишима [8]. Отсутствие их в выборке 2016 г. можно объяснить высоким уровнем обводненности территории лесопарка «Народный парк» и прилегающей к нему старой залежи вследствие разлива паводковых вод старицы Ишимчик во время весеннего половодья 2016 г. Это привело к увеличению скученности зверьков на свободных от воды участках и ужесточению межвидовых конкурентных отношений. Последнее подтверждается высоким индексом доминирования (68%) наиболее агрессивного вида — обыкновенной бурозубки в сообществе мелких млекопитающих залежи.

Согласно подходу к классификации экологических групп животных по отношению к человеку, развиваемому европейскими авторами [6], выявленные нами виды относятся к двум экологическим группам — гемерофилы и гемеродиафоры (таблица 2; рис. 2).

Таблица 2

Распределение мелких млекопитающих разных структурно-функциональных зон г. Ишима по экологическим группам

Вид	Экологическая группа		A_i	Зоны			
	по Гашеву, 2000, 2013	по Клаусницеру, 1990		1	2	3	4
<i>S. araneus</i>	синантроп	гемерофил	10,5	-	-	+	+
<i>S. minutus</i>	нейтрал	гемеродиафор	7,4	-	-	-	+
<i>M. gregalis</i>	нейтрал	гемеродиафор	11,1	-	-	-	+
<i>M. oeconomus</i>	нейтрал	гемеродиафор	10,0	-	-	-	+
<i>A. agrarius</i>	синантроп	гемерофил	20,0	-	+	+	+
<i>M. musculus</i>	эвсинантроп	гемерофил	22,2	+	+	-	-
<i>R. norvegicus</i>	эвсинантроп	гемерофил	15,4	-	+	-	-

Table 2

Distribution of small mammals from different structural and functional zones of Ishim by ecological groups

Примечание:

A_i — индивидуальный индекс антропогенной адаптированности [по 2; 3, с: 15]

Notes:

A_i — is an individual index of anthropogenic adaptedness [acc. to 2; 3, p. 15]

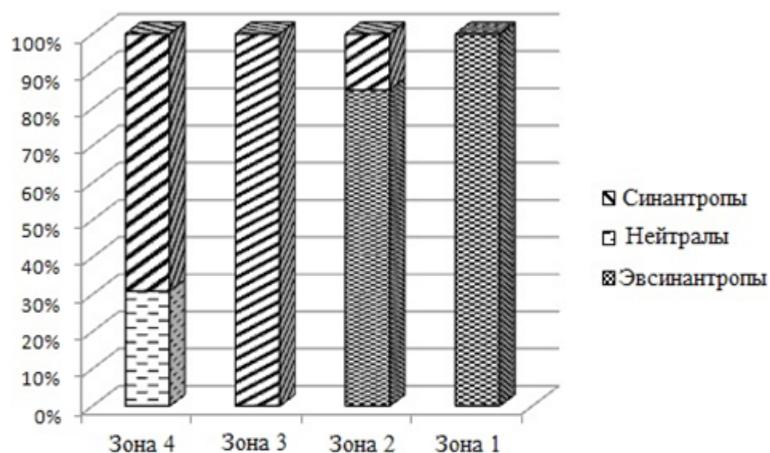


Рис. 1. Изменение экологической структуры сообществ мелких млекопитающих по градиенту урбанизации

Fig. 1. Changes in the ecological structure of small mammals' communities by urbanization gradient

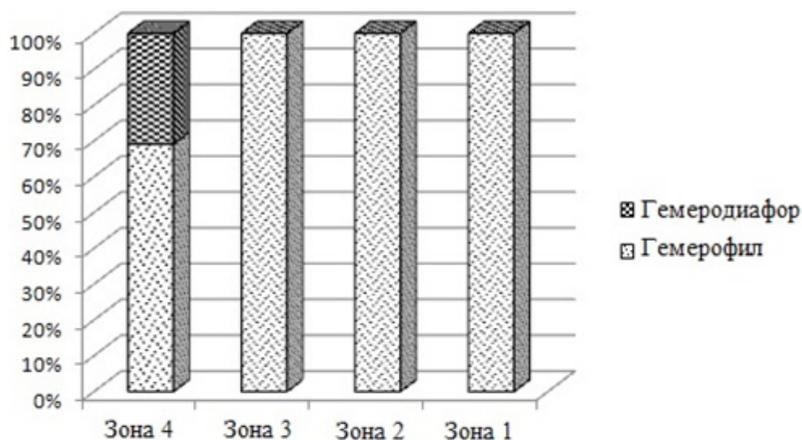


Рис. 2. Соотношение экологических групп гемерофилов и гемеродиафоров в населении мелких млекопитающих разных структурно-функциональных зон г. Ишима

Fig. 2. Hemerophils' and hemerodiaphores' ecological groups correlation in small mammals' population of different structural and functional zones in Ishim

Согласно второму подходу сообщества мелких млекопитающих г. Ишима характеризуются простой экологической структурой, почти однородной в разных структурно-функциональных зонах города. И лишь в лесопарковой зоне, занимающей значительную площадь, расположенной на окраине города и сохраняющей связь с естественными загородными местообитаниями присутствуют виды, существование которых не зависит от человека (гемерофилы).

Оба подхода позволили выявить сходную тенденцию — упрощения экологической структуры сообществ мелких млекопитающих в градиенте антропогенной нагрузки.

В градиенте антропогенной нагрузки в исследуемых выборках изменяется и соотношение представителей отрядов Rodentia и Insectivora как по количеству видов, так и по относительному обилию (рис. 3-4). Особенно резко сокращается относительное обилие консументов более высокого порядка — землероек-бурозубок. Сообщества мелких млекопитающих селитебных зон представлено только грызунами.

Очевидно, что в направлении сокращения площади местообитаний и при продвижении от периферии к центру города упрощается трофическая структура сообществ за счет выпадения представителей более высокого трофического уровня. Это объясняется как нарушением структуры сообществ и снижением разнообразия и биомассы пищевых объектов, так и токсическим действием загрязняющих веществ, накапливающихся в цепях питания.

В направлении от лесопарковой зоны к зоне многоэтажной застройки уменьшается количество видов мелких млекопитающих (рис. 5). Однако в зоне городских неудобий отмечено видов меньше, чем в зоне малоэтажной застройки, что можно объяснить невысокой защитной и кормовой емкостью конкретных местообитаний, отнесенных нами к зоне неудобий.

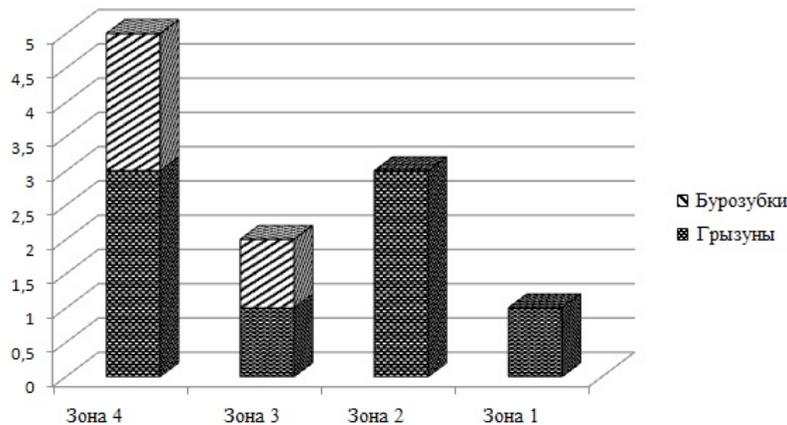


Рис. 3. Соотношение видов грызунов и насекомоядных в сообществах мелких млекопитающих разных структурно-функциональных зон

Fig. 3. Rodentia and insectivora species correlation in small mammals' communities of different structural and functional zones

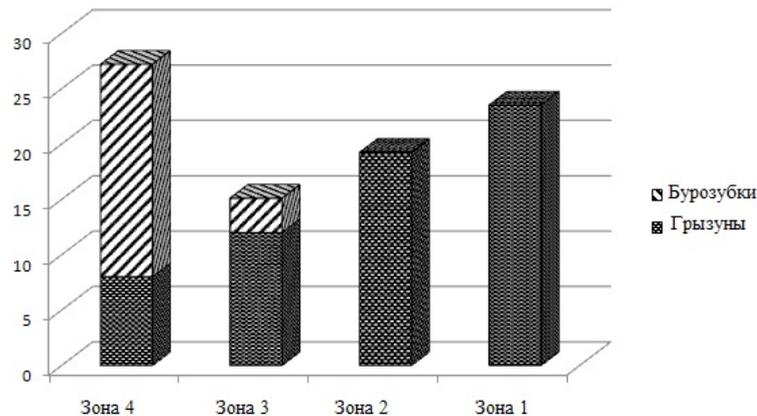


Рис. 4. Соотношение относительного обилия грызунов и насекомоядных в сообществах мелких млекопитающих разных структурно-функциональных зон

Fig. 4. Rodentia and insectivora relative abundance correlation in small mammals' communities of different structural and functional zones

Так, полоса растительности вдоль железной дороги характеризуется разреженным растительным покровом, не обеспечивающим достаточных защитных и кормовых свойств местообитания, в том числе из-за низкого видового разнообразия беспозвоночных животных. Не исключено и прямое токсическое, а также косвенное (через объекты питания) воздействие некоторых веществ, используемых на железной дороге [6]. На территории лесопарка «Березовая роща» наблюдаются признаки деградации почвенного (уплотнение, нарушение водно-воздушного режима) и растительного (в травянистом ярусе преобладает сорная растительность) покрова и выражен фактор беспокойства. Все эти факторы снижают ресурсную емкость местообитания.

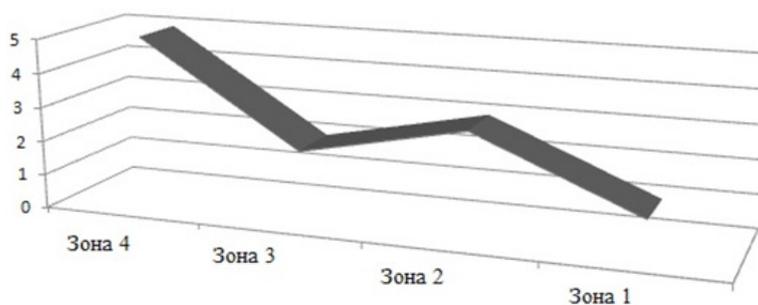


Рис. 5. Изменение количества видов мелких млекопитающих по градиенту урбанизации

Fig. 5. The change in number of small mammals' by the urbanization gradient

В направлении от периферии к центру города упрощается и таксономическая структура сообществ (рис. 6).

Более сложную таксономическую структуру сообщества мелких млекопитающих зоны малоэтажной застройки по сравнению с зоной городских неудобий можно объяснить структурными особенностями конкретных местообитаний, где производился отлов животных. В работе, выполненной нами на обобщенном материале нескольких лет [15, с. 5; 8, с. 22], отмечена тенденция постепенного снижения таксономического разнообразия мелких млекопитающих от лесопарковой зоны к зоне многоэтажной застройки.

В градиенте антропогенной нагрузки изменяется структура доминирования в сообществах мелких млекопитающих. Индекс доминирования полевой мыши, вида-индикатора трансформированных местообитаний в лесопарковой зоне, составляет 2%, в зоне городских неудобий — 79,4%, в зоне частной застройки — 15%. В зоне многоэтажной застройки встречается единственный вид — домовая мышь.

В отличие от видового состава сообществ относительное обилие мелких млекопитающих заметно сокращается от лесопарковой зоны к зоне городских неудобий, а затем постепенно увеличивается (рис. 7), достигая в зоне многоэтажной застройки уровня близкого к таковому лесопарковой зоны.

Выявленная тенденция согласуется с данными других авторов, которые отмечают незначительные различия обилия мелких млекопитающих в разных зонах города за счет размножения в сильно нарушенных местообитаниях видов с соответствующими экологическими особенностями [14, с. 55].

Кластерный анализ выборок из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому составу мелких млекопитающих, проведенный методом полной связи, показал, что сообщество мелких млекопитающих из зоны городских неудобий (зона 3) входит в единый кластер с сообществами обеих жилых зон. Такая связь объясняется, во-первых, присутствием в выборках из 2-й и 3-й зон полевой мыши, а во-вторых, бедным таксономическим составом соответствующих сообществ (рис. 8; таблица 3).

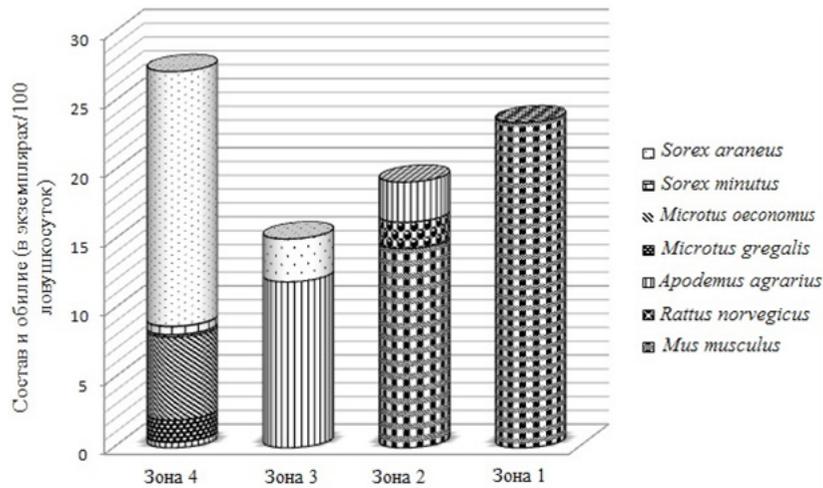


Рис. 6. Таксономический состав и обилие (в экз./100 лов.-сут) мелких млекопитающих в разных структурно-функциональных зонах г. Ишима

Fig. 6. Taxonomic composition and abundance (specimens/100 trap-days) of small mammals from different structural and functional zones

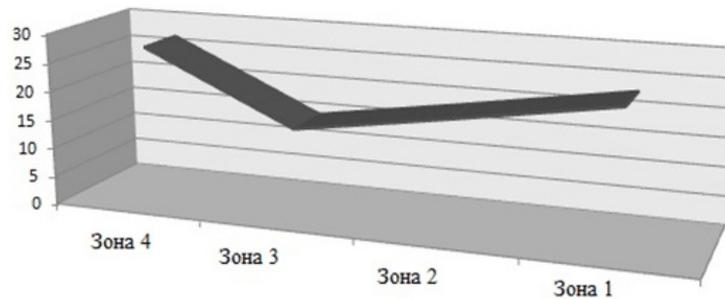


Рис. 7. Изменение относительного обилия мелких млекопитающих в разных структурно-функциональных зонах г. Ишима (в экз./100 лов.-сут)

Fig. 7. Change in relative abundance of small mammals inhabiting different structural and functional zones of Ishim (specimens/100 trap-days)

Кластерный анализ выборок из разных структурно-функциональных зон по видовому составу и относительной численности разных видов, проведенный методом полной связи показал, что исследуемые сообщества образуют два четко различимых кластера. Наибольшее сходство проявилось между выборками из селитебных зон, образующих первый кластер. Выборка из зоны городских неудобий вошла в один кластер с выборкой из лесопарка (таблица 4; рис. 9). Учитывая то, что общие показатели относительного обилия мелких млекопитающих в зонах частной и многоэтажной застроек приближаются к таковым в лесопарковой зоне, сходство микротериоценозов из 3-й и 4-й зон можно объяснить присутствием в обеих выборках обыкновенной бурозубки.

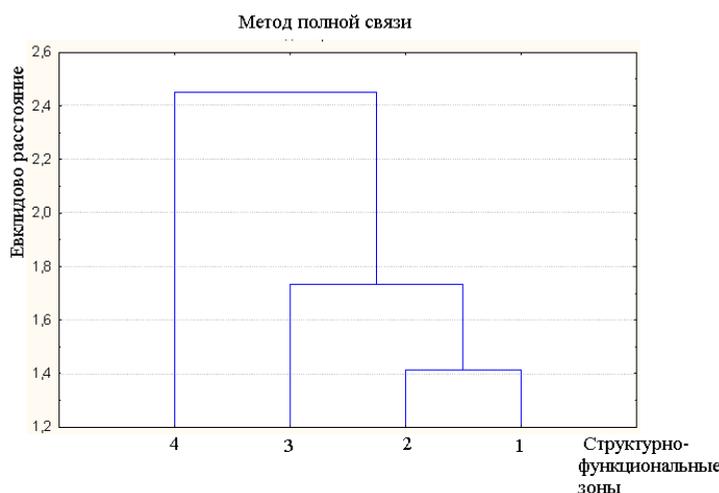


Рис. 8. Дендрограмма сходства сообществ мелких млекопитающих из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому составу

Fig. 8. Tree diagram: similarities of small mammals' communities from different structural and functional zones of Ishim by to their species composition

Таблица 3

Евклидово расстояние между выборками из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому (качественному) составу мелких млекопитающих

Table 3

Euclidian distance between samples from different structural and functional zones of Ishim according to small mammals' species (qualitative) composition

Зоны	1	2	3	4
1	0	1,41	1,73	2,45
2	1,41	0	1,73	2,45
3	1,73	1,73	0	1,73
4	2,45	2,45	1,73	0

В то же время кластерный анализ выборок, проведенный методом одиночной связи по качественному и количественному составу мелких млекопитающих, показал промежуточное положение сообщества мелких млекопитающих из зоны городских неудобий между кластерами селитебных зон и лесопарковой зоны (рис. 10; таблица 5). Таким образом, очевидно, что микротериоценоз зоны городских неудобий четко дифференцирован от других сообществ.

Кривые доминирования-разнообразия (по оси X расположены виды в порядке уменьшения численности, по оси Y отмечено количество особей соответствующего вида в выборке) отражают очень низкое видовое разнообразие в сообществах мелких млекопитающих г. Ишима (рис. 11).

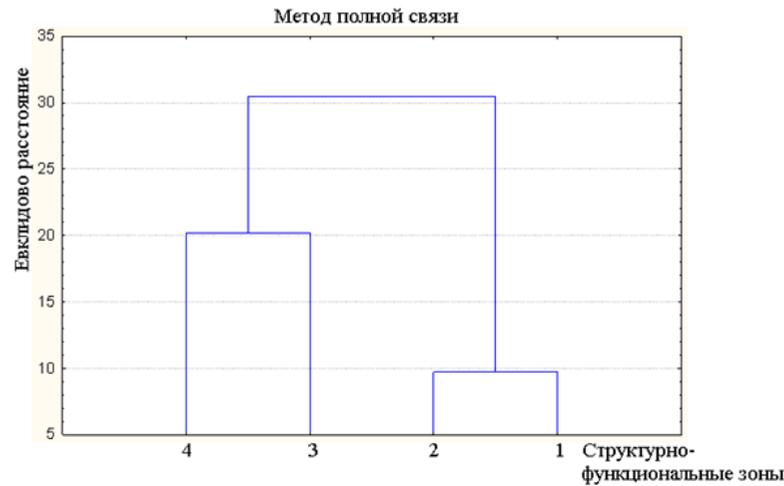


Рис. 9. Дендрограмма сходства сообществ мелких млекопитающих из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому составу и относительному обилию разных видов (метод полной связи)

Fig. 9. Tree diagram: similarities of small mammals' communities from different structural and functional zones of Ishim according to their species composition and relative abundance of different species (complete link method)

Таблица 4

Евклидово расстояние между выборками из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому составу и относительному обилию разных видов мелких млекопитающих (метод полной связи)

Table 4

Euclidian distance between samples from different structural and functional zones of Ishim according to small mammals' species composition and relative abundance of small mammals' species (complete link method)

Зоны	1	2	3	4
1	0	9,72	26,57	30,5
2	9,72	0	17,44	24,4
3	26,57	17,44	0	20,2
4	30,5	24,4	20,2	0

В определенной степени это объясняется особенностями природной зоны, но малая длина кривых и ее уменьшение в направлении от лесопарковой зоны к центру города указывает на значимое влияние антропогенного фактора. Для 2-4 зон отмечается резкое падение кривой уже ко второму рангу. Кривая, характеризующая разнообразие зоны многоэтажной застройки, представлена одной точкой, что указывает на нарушенность структуры соответствующего сообщества.

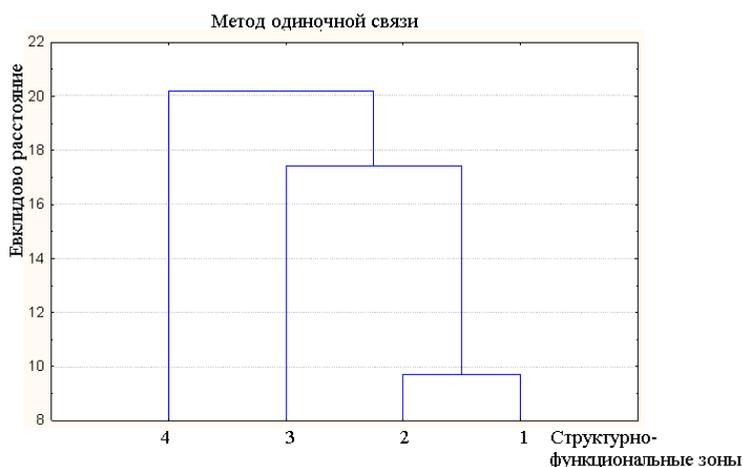


Рис. 10. Дендрограмма сходства сообществ мелких млекопитающих из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому составу и относительному обилию разных видов (метод одиночной связи)

Fig. 10. Tree diagram: similarities of small mammals' communities from different structural and functional zones of Ishim according to their species composition and relative abundance of different species (single link method)

Таблица 5

Евклидово расстояние между выборками из разных структурно-функциональных зон г. Ишима по видовому составу и относительному обилию разных видов мелких млекопитающих (метод одиночной связи)

Table 5

Euclidian distance between samples from different structural and functional zones of Ishim according to their species composition and relative abundance of different species (single link method)

Зоны	1	2	3	4
1	0	9,72	26,57	30,5
2	9,72	0	17,44	24,4
3	26,57	17,44	0	20,2
4	30,5	24,4	20,2	0

Анализ формы пиктограммиков информационных индексов разнообразия сообществ мелких млекопитающих 2-4 зон г. Ишима показал, что она сходна с таковой ненарушенных ландшафтов Западной Сибири, но менее выравнена по индексам одной оси. Это свидетельствует о незначительных сдвигах в информационной структуре сообществ (рис. 12) [9, с. 37-39].

В целом сообщество мелких млекопитающих лесопарковой зоны характеризуется максимальным видовым разнообразием, а сообщество зоны городских

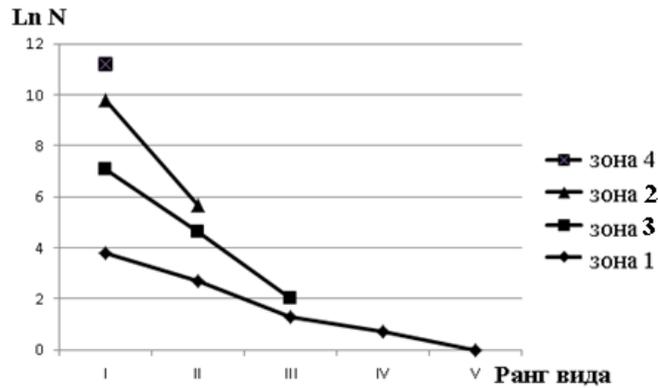


Рис. 11. Кривые разнообразия-доминирования мелких млекопитающих в сообществах разных структурно-функциональных зон г. Ишима

Fig. 11. Diversity-dominance curves of small mammals in communities of different structural and functional zones of Ishim

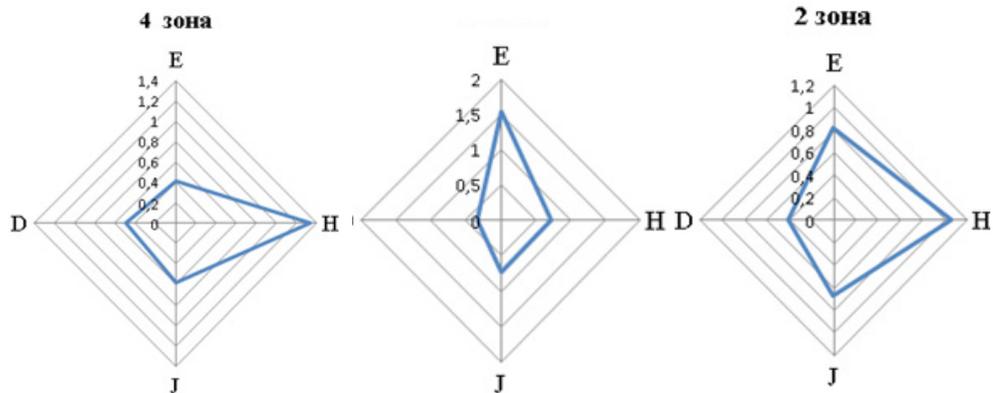


Рис. 12. Пиктографики информационных индексов разнообразия сообществ мелких млекопитающих разных структурно-функциональных зон г. Ишима

Fig. 12. Sunrays plots of diversity information indices of small mammals' communities from different structural and functional zones in Ishim

неудобий — большей выравненностью при максимальном доминировании (рис. 12; таблица 6).

Из таблицы 7 видно, что более высокое биоразнообразие сообщества из лесопарковой зоны достигается за счет населения мелких млекопитающих залежи, а разнообразие населения зоны городских неудобий — за счет полосы растительности вдоль железнодорожного полотна, что подтверждает невысокий ресурсный потенциал лесопарка «Березовая роща» и необходимость его отнесения к зоне неудобий. На это же указывает максимально возможный индекс доминирования в сообществе из «Березовой рощи» (таблица 7).

Таблица 6

Характеристики сообществ мелких млекопитающих в разных структурно-функциональных зонах г. Ишима

Table 6

Characteristics of small mammals' communities from different structural and functional zones in Ishim

Биотоп Показатели	Лесопарковая зона	Зона городских неудобий	Зона частной застройки	Зона многоэтажной застройки
1	2	3	4	5
Кол-во лов.-сут	250	225	104	17
Кол-во зверьков	68	34	20	4
Кол-во видов	5	2	3	1
Относительное обилие, экз./100 лов.-сут	27,2	15,1	19,23	23,53
Индексы разнообразия				
Видовое богатство	2,18	0,65	1,54	0
Видовое разнообразие Шеннона	0,4	0,22	0,32	0
Индексы разнообразия				
Видовое разнообразие Симпсона	0,49	0,33	0,41	0
Индекс доминирования Симпсона	0,51	0,67	0,6	1
Индекс выравненности Пиелу	0,58	0,73	0,67	—
Демографические показатели				
Кол-во самок	25	10	10	3
Кол-во беременных самок	4	1	0	0
Кол-во эмбрионов	32	10	0	0
Кол-во резорбирующихся эмбрионов	0	0	0	0
Кол-во зимовавших зверьков	12	9	1	1

Окончание таблицы 6

Table 6 (end)

1	2	3	4	5
Интегральные показатели				
Успешность размножения	1 600	1 000	0	0
Индекс консервативности	0,54	0,56	0,55	1
Упругая устойчивость	0,9	0,46	0,26	0,09
Резистентная устойчивость	1,65	3	1,79	—
Общая устойчивость	2,55	3,46	2,05	—
Антропогенная адаптированность	1,10	1,10	1,11	—
Обобщенный показатель благополучия	21,35	13,72	2,71	—

Анализ демографических показателей показал, что ни у одной беременной самки не отмечено резорбирующих эмбрионов (таблица 6-7). Явление резорбции наблюдается в сильно нарушенных условиях либо при сильном популяционном стрессе или же при наличии других лимитирующих факторов (засуха, загрязнение).

Высокий интегральный показатель успешности размножения отмечен в наиболее благоприятной лесопарковой зоне и чуть более низкий показатель — в зоне неудобий. Отсутствие в выборках из селитебных зон зверьков с признаками участия в размножении можно объяснить поздними сроками отлова.

По структуре доминирования-разнообразия самыми нарушенными можно считать сообщества мелких млекопитающих «Березовой рощи» и многоэтажной застройки. Они же отличаются максимальными индексами консервативности, отражающими долю самок и зимовавших зверьков. Такая демографическая структура обеспечивает достаточные темпы воспроизводства в нарушенной среде.

В градиенте возрастания антропогенной нагрузки наблюдается постепенное снижение показателя упругой устойчивости (таблица 6; рис. 13).

Максимальная резистентная устойчивость отмечена в зоне неудобий, это определяет наибольший показатель общей устойчивости данного сообщества. Зона городских неудобий отличается промежуточным значением обобщенного показателя благополучия. Все это указывает на сохранение ресурсной значимости этой структурно-функциональной зоны.

Таблица 7

Структура населения и разнообразия мелких млекопитающих в разных местообитаниях г. Ишима

Table 7

Population and diversity structure of small mammals in different habitats of Ishim

Биотоп	Нар. парк	Березовая роща	Залежь ст. Ишимчик	5-ая Сев. постройки	5 сев. ЖД	ИПИ им. Ершова
1	2	3	4	5	6	7
Дата отлова	17.06-22.06.	6.07-8.07.	6.07-8.07.	3.10-6.10.	2.10-5.10.	3.10-6.10.
Кол-во ловушко-суток						
	100	150	150	104	75	17
Кол-во зверьков						
	24	7	44	20	27	4
Кол-во видов						
	3	1	5	3	2	1
Относительное обилие, экз./100 лов.-сут						
	24	4,67	29,33	19,23	36	23,53
Индексы разнообразия: видовое богатство						
	0,73	0	2,43	1,54	0,7	0
Видовое разнообразие Шеннона						
	0,08	0	0,5	0,32	0,25	0
Видовое разнообразие Симпсона						
	0,08	0	0,62	0,41	0,38	0
Доминирование Симпсона						
	0,92	1	0,39	0,6	0,62	1
Выравненность Пielу						
	0,25	—	0,71	0,67	0,83	—
Демографические показатели: кол-во самок						
1	2	3	4	5	6	7

Окончание таблицы 7

Table 7 (end)

1	2	3	4	5	6	7
Кол-во беременных самок						
	0	1	4	0	0	0
Кол-во эмбрионов						
	0	10	32	0	0	0
Кол-во резорбирующихся эмбрионов						
	0	0	0	0	0	0
Кол-во зимовавших зверьков						
	3	6	10	1	3	1
Интегральные показатели: успешность размножения						
	0	4999,99	2666,67	0	0	0
Индекс консервативности						
	0,54	1,14	0,57	0,55	0,48	1
Интегральные показатели						
Упругая устойчивость						
	0,13	0,09	1,35	0,26	0,49	0,09
Резистентная устойчивость						
	0,67	—	1,92	1,79	3,31	—
Общая устойчивость						
	0,80	—	3,26	2,05	3,80	—
Антропогенная адаптированность						
	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	—
Обобщенный показатель благополучия						
	20,07	—	223,59	2,71	5,73	—

Антропогенная адаптированность сообществ мелких млекопитающих в разных структурно-функциональных зонах примерно одинакова из-за присутствия в выборках синантропных и нейтральных к человеку видов (таблица 6-7).

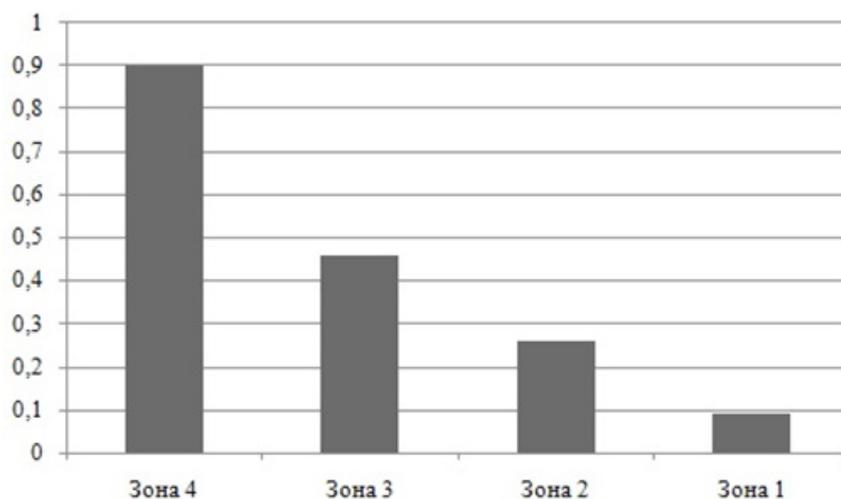


Рис. 13. Изменение индекса упругой устойчивости в объединённых выборках мелких млекопитающих из разных структурно-функциональных зон

Fig. 13. Elastic stability index change in joint samples of small mammals from different structural and functional zones

Выводы

В летне-осенний период 2016 г. на территории г. Ишима отловлено 7 видов мелких млекопитающих из отрядов грызунов и насекомоядных, что составляет 53,8% от общего числа видов, выявленных за период с 1997 по 2015 гг.

На фоне незначительного изменения показателей обилия мелких млекопитающих в разных структурно-функциональных зонах города в градиенте антропогенной нагрузки упрощается таксономическая и экологическая структура, изменяется структура доминирования в пользу видов гемерофилов (эвсинантропов, синантропов), снижается обобщенный показатель благополучия сообществ мелких млекопитающих, что индицирует значимое снижение ресурсной емкости местообитаний.

Индексы разнообразия и кривые доминирования-разнообразия индицируют невысокое разнообразие экологических ниш и всей экосистемы в целом, которое сокращается в направлении увеличения антропогенной нагрузки.

Информационная структура всех изучаемых сообществ, за исключением сообщества зоны многоэтажной застройки, в целом соответствует сообществам слабо нарушенных местообитаний лесостепной зоны Западной Сибири.

Микротериоценоз зоны городских неудобий, четко дифференцированный в пространственной структуре населения мелких млекопитающих г. Ишима за счет малого количества выявленных в нем видов и их относительно низкого обилия, характеризуется относительно высокими интегральными показателями:

индексами успешности размножения, консервативности, резистентной и общей устойчивости. Это свидетельствует о сохранении определенной ресурсной значимости данной структурно-функциональной зоны.

Сообщества мелких млекопитающих всех структурно-функциональных зон г. Ишима характеризуются низкими показателями упругой и общей устойчивости. Общая устойчивость изученных микротиериоценозов обусловлена в основном их резистентной устойчивостью, что свойственно сообществам нарушенных местообитаний. На фоне разнонаправленных изменений показателей резистентной и общей устойчивости отмечено постепенное снижение индекса упругой устойчивости в градиенте антропогенной нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере / В. Боровиков. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
2. Гашев С. Н. База данных «Рабочее место териолога» / С. Н. Гашев // Свидетельство о гос. регистрации № 2013620056 от 9.01.2013.
3. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области) / С. Н. Гашев. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2000. 220 с.
4. Гашев С. Н. Устойчивость сообществ мелких млекопитающих урбациенозов в различных природных зонах / С. Н. Гашев, Е. А. Быкова, А. Ю. Левых // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 6. С. 14-18.
5. Карасёва Е. В. Методы изучения грызунов в полевых условиях / Е. В. Карасёва, А. Ю. Телицына, О. А. Жигальский. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
6. Клауснитцер Б. Экология городской фауны / Б. Клауснитцер; пер. с нем. М.: Мир, 1990. 246 с.
7. Кожова О. М. Методология оценки состояния экосистем / О. М. Кожова, Л. Р. Изметьева, Б. К. Павлов и др. Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2000. 128 с.
8. Левых А. Ю. Биомониторинг окружающей среды г. Ишима как индикатор качества жизни / А. Ю. Левых // XXVI Ершовские чтения: сб. науч.ст. с междунар. участием / отв. ред. Л. В. Ведерникова. Ишим: Изд-во ИПИ им. П. П. Ершова (филиал ТюмГУ), 2016. С. 19-26.
9. Литвинов Ю. Н. Микропроцессы эволюции сообществ (на примере сообществ мелких млекопитающих) / Ю. Н. Литвинов // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. Вып. 30. С. 29-46.
10. Одум Ю. Экология. В 2 т. Т. 2. / Ю. Одум. М.: Мир, 1986. 376 с.
11. Павлов Д. С. Биоразнообразие и жизнеобеспечение человечества / Д. С. Павлов, Е. Н. Букварева // Вестник РАН. 2007. Т. 77. № 11. С. 974-986.
12. Птицина Л. Как Ишим пережил сильнейшее наводнение / Л. Птицина // Ura.ru: Российское информационное агентство. URL: <https://ura.news/articles/1036267597>
13. Щипанов Н. А. Экспресс-метод оценки локального биологического разнообразия сообщества мелких млекопитающих / Н. А. Щипанов, Ю. Н. Литвинов, Б. И. Шефтель // Сибирский экологический журнал. 2008. № 5. С. 783-791.

14. Bykova E. A. Natural and Historical Aspects of the Origin and Functioning of Urban Mammals in Western Siberia, Russia and Uzbekistan / E. A. Bykova, S. N. Gashev, A. Yu. Levykh // Acta Biologica University Daugavpils. 2015. Pp. 47-64.
15. Levykh A. Yu. Environmental condition of the city of Ishim as a quality of life indicator / A. Yu. Levykh // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9(44). DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i44/99723. December 2016.
16. Magurran A. E. Measuring biological diversity / A. E. Magurran. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 256 p.

Alyona Yu. LEVYKH¹
Natalia V. ILYINA²

**BIOLOGICAL DIVERSITY
OF SMALL MAMMALS INHABITING ISHIM
AS AN INDICATOR FOR THE NATURAL
ENVIRONMENT'S CONDITION**

¹ Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
Department of Biology,
Geography and Teaching Methods,
P. P. Ershov Ishim Pedagogical Institute
(University of Tyumen Branch)
aljurlev@mail.ru

² Master Student,
University of Tyumen
natali.ilina@mail.ru

Abstract

On the basis of small mammals' census performed in the summer and autumn of 2016, the authors analyze the species composition of small mammals' communities, their number, species and structure diversity, and evaluate integral indices of condition of small mammals' communities inhabiting different structural and functional zones of Ishim. The calculated diversity indices and diversity dominance curves indicate that overall, there is low diversity of ecological niches and low diversity of the whole ecosystem, which decreases as the anthropogenic load grows. The information structure of all the studied communities (except for the high buildings zone) correspond to the ones of slightly disturbed habitat of forest-steppe zone in Western Siberia. This testifies that there is enough natural resources potential of the studied territory.

The authors have registered a gradual decline in elastic stability index in anthropogenic load gradient against the background of multidirectional changes in resistant and overall

Citation: Levykh A. Yu., Ilyina N. V. 2017. "Biological Diversity of Small Mammals Inhabiting Ishim as an Indicator for the Natural Environment's Condition". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 3, no 4, pp. 89-112.
DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-89-112

stability of small mammals' communities in the direction from the periphery to the center of the town, these changes conditioned by the structural peculiarities of specific habitats. This article supplements information about biological diversity of small mammals, and describes the condition of land ecosystems of Town Ishim after the 2016 inundation. It is the first attempt to provide qualitative characteristics of small mammals' communities and the landscapes they inhabit, with the help of multidimensional sunrays plots representing a set of diversity indices.

Keywords

Small mammals, insectivores, rodents, community information structure, species and structure diversity, stability, habitat resource capacity.

DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-89-112

REFERENCES

1. Borovikov V. Statistica. 2003. *Iskusstvo analiza dannykh na kompyutere* [Statistica. The Art of Data Analysis with Computer's Help]. St. Petersburg.
2. Gashev S. N. 2013. Baza dannykh «Rabochee mesto teriologa» [A Mammalogist's Work Station Database]. Certificate of State Registration no 2013620056 on 9 January.
3. Gashev S. N. 2000. Mlekopitaiushchie v sisteme ekologicheskogo monitoringa (na primere Tyumenskoy oblasti) [Mammals in the System of Ecological Monitoring (Tyumen Region: A Case Study)], pp. 74-75. Tyumen.
4. Gashev S. N., Bykova E. A., Levykh A. Yu. 2015. "Ustoychivost' soobshchestv melkikh mlekopitayushchih urbanotsenozov v razlichnykh prirodnykh zonah" [Sustainability of Small Mammals Communities in Various Natural Zones of Urban Ecosystems]. Proceedings of the Samara Scientific Center of the RAS, vol. 17, no 6, pp. 14-18.
5. Karaseva E. V., Telitsyna A. Yu., Zhigalskiy O. A. 2008. *Metody izucheniya grysunov v polevykh usloviyah* [Methods of Rodents Study in the Field]. Moscow.
6. Klausnitzer B. 1990. *Ekologiya gorodskoy fauny* [Ökologie der Grossstadtfauna]. Translated from German. Moscow.
7. Kozhova O. M., Izmetyeva L. R., Pavlov B. K. et al. 2000. *Metodologiya otsenki sostoyaniya ekosistem* [Methodology of Assessment of Ecosystem Status]. Rostov-on-Don.
8. Levykh A. Yu. 2016. *Biomonitoring okruzhayushchei sredy goroda Ishima kak indikator kachestva zhizni* [Ishim Environment Monitoring as an Indicator of Life Quality]. In: Vedyornikova L. V. (ed.). XXVI Ershovskie chteniya: sb. nauch.st. s mezhdunar. uchastiem [26th Ershov Readings: collection of scholarly articles with international participants], pp.19-26. Ishim.
9. Litvinov Yu. N. 2008. *Mikroprotsessy evolyutsii soobshchestv (na primere soobshchestv melkih mlekopitayushchih)* [Microprocesses of Community Evolution (On the Example of Small Mammal Communities)]. Vestnik of Irkutsk State Academy of Agriculture, vol. 30, pp. 29-46.

10. Odum U. 1986. *Ekologiya* [Ecology] in 2 vols. Vol. 2, pp. 126-158. Moscow.
11. Pavlov D. S., Bukareva E. N. 2007. Bioraznoobrazie i zhizneobespechenie chelovechestva [Biodiversity and Mankind Life Sustenance]. *Annals of RAS*, vol. 77, no 11, pp. 974-986.
12. Ptitsina L. "Kak Ishim perezhil sil'neyshee navodnenie" [How Ishim Survived a Top-Rank Flood]. Ura.ru. Russian Information Agency. <https://ura.news/articles/1036267597>
13. Shchipanov N. A., Yu. N. Litvinov, B. I. Sheftel 2008. "Ekspress-metod otsenki lokal'nogo biologicheskogo raznoobraziya soobshchestva melkih mlekopitayushchih" [Express Method for Estimation of the Local Biodiversity of Small Mammals Community]. *Siberian Ecological Journal*, no 5, pp. 783-791.
14. Bykova E. A., Gashev S. N., Levykh A. Yu. 2015. "Natural and Historical Aspects of the Origin and Functioning of Urban Mammals in Western Siberia, Russia and Uzbekistan". *Acta Biologica University Daugavpils*, pp. 47-64.
15. Levykh A. Yu. 2016. "Environmental Condition of the City of Ishim as a Quality of Life Indicator". *Indian Journal of Science and Technology*, December, vol. 9 (45). DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i44/99723
16. Magurran A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.