

УДК 591.9: 59.001: 599.3/.8

УСТОЙЧИВОСТЬ СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ УРБАЦЕНОЗОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОНАХ

© 2015 С.Н. Гашев¹, Е.А. Быкова², А.Ю. Левых¹¹ Тюменский государственный университет² Институт генофонда растительного и животного мира
Академии наук Республики Узбекистан

Поступила в редакцию 29.04.2015

В работе приводится анализ показателей сообществ мелких млекопитающих разных функциональных зон городов из различных природно-климатических зон. Показано, что общая устойчивость сообществ урбаценозов повышается с севера на юг от лесотундры до лесостепной зоны, где условия для мелких млекопитающих можно считать оптимальными, а затем опять начинает снижаться по мере повышения индекса сухости. Общая устойчивость сообществ урбаценозов, как правило, повышается от зоны многоэтажной застройки до лесопарков (в основном за счет упругой составляющей), где она уступает только контролю.

Ключевые слова: *мелкие млекопитающие, сообщества, устойчивость, урбаценоз, природная зона*

Одним из условий рационального природопользования является экологический мониторинг состояния экосистем, основанный, в том числе, и на методах биоиндикации. Оценка состояния и устойчивости сообществ организмов в условиях воздействия различных возмущающих факторов (в том числе, антропогенных, к которым относится и комплекс факторов урбанизации) является одной из главных задач экологического мониторинга. При решении методологических проблем экологического мониторинга одним из ключевых вопросов является выбор показателей, которые могут быть использованы для оценки состояния окружающей среды. Унифицированные требования к «вектору состояния» экологических систем отсутствуют. Одним из применяемых критериев является устойчивость экологических систем, определяемая через различные функциональные характеристики. Часть исследователей связывают устойчивость систем с их биологическим разнообразием [8] – индексом биологического разнообразия Шеннона [1, 9], понимая под ним характеристику, противоположную энтропии [11].

Нами общая устойчивость системы, например, сообщества мелких млекопитающих, рассматривается как сумма её упругой и резистентной составляющих и обосновывается на термодинамических особенностях системы. Она может быть рассчитана по формуле: $U=0,09e^{(D(2G+3T)/G)}+0,9D(1+K/R)$ [3, 4], где первое слагаемое – упругая устойчивость, а второе

резистентная; $e=2,718$ – основание натурального логарифма, $D=1-\sum(n_i/N)$ – индекс видового разнообразия Симпсона, $R=(V-1)/lgN$ – видовое богатство, V – число видов, N – общее число особей, T – стадия сукцессии экосистемы (при $0<T<0,2$ имеет место пионерное сообщество, при $0,2<T<0,3$ – молодое, при $0,3<T<0,5$ – переходное, при $0,5<T<0,9$ – зрелое, а при $T=1$ – климаксное), K – коэффициент «вязкости» среды, G – коэффициент «упругости» среды (последние два показателя определены нами для каждой природной зоны или подзоны Земли и представлены в соответствующих таблицах [4]). Использование индекса видового разнообразия Симпсона по сравнению с индексом Шеннона придает меньший вес редким видам, что, исходя из постулата «избыточности систем» за счет шунтирующих связей, позволяет не переоценивать их роль в устойчивости системы.

Степень нарушенности экосистем (и сообществ мелких млекопитающих, в частности) в разных функциональных зонах городов различна, а значит отличается такой показатель, используемый для расчета устойчивости, как стадия сукцессии системы (T). Логично предположить, что чем сильнее трансформирована исходная среда, тем система дальше от климаксного состояния, что необходимо учитывать при оценке состояния экосистем [10].

Еще одной важной особенностью при учете устойчивости сообществ является сочетание таких средовых факторов, как соотношение температуры и влажности местообитаний. Они отражаются в нашей модели в константах K и G . Разные природные зоны при прочих равных условиях создают различный фон, на котором происходит формирование и существование сообществ.

Цель работы: выяснение специфики в случае действия комплекса факторов урбанизации на сообщества мелких млекопитающих.

Гашев Сергей Николаевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных. E-mail: gsn-61@mail.ru

Быкова Елена Александровна, научный сотрудник. E-mail: esirov@xnet.uz

Левых Алена Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биологии и методики ее преподавания. E-mail: aljurlev@mail.ru

Материал и методика исследований. Материалом к настоящему исследованию послужили характеристики сообщества мелких млекопитающих городов, расположенных в разных природных зонах с севера на юг приблизительно вдоль одной трансекты: Новый Уренгой (лесотундра), Нижневартовск (средняя тайга), Тюмень (подтайга), Ишим (северная лесостепь) и Ташкент (оазис в зоне полупустынь и тугайных лесов) [5]. В Новом Уренгое отработано 1345 л-сут., отловлено 137 зверьков 9 видов; по данным зимних маршрутных учетов (ЗМУ) зарегистрированы следы еще 3 вида. Всего для Нового Уренгоя отмечено присутствие 12 видов млекопитающих, принадлежащих к трем отрядам (Насекомоядные, Грызуны и Хищные). В Нижневартовске отработано 700 л-сут., отловлено 77 зверьков 15 видов, принадлежащих к 3 отрядам (Насекомоядные, Грызуны, Хищные). В Тюмени отработано 2250 л-сут., отловлено 520 зверьков 21 вида 3 отрядов (Насекомоядные, Грызуны, Хищные); данные по Рукокрылым собирались методом ночных визуальных учетов, всего зарегистрировано

4 вида; во время ЗМУ было зарегистрировано еще 5 видов млекопитающих (Насекомоядные, Зайцеобразные и Хищные); всего для Тюмени 30 видов млекопитающих из 5 отрядов. В Ишиме отработано 2857 л-сут., отловлено 554 зверька 18 видов 2 отрядов (Насекомоядные и Грызуны). В Ташкенте отработано 700 л-сут., отловлено 285 зверьков 4 видов; ЗМУ выявили еще 5 видов; кроме того, было обработано 4801 погадок ушастой совы, в них обнаружены останки черепов 8040 зверьков, принадлежащих к 10 видам мелких млекопитающих; всего в Ташкенте отмечено присутствие 16 видов мелких млекопитающих из 5 отрядов (Зайцеобразные, Насекомообразные, Рукокрылые, Грызуны, Хищные). Весь материал по каждому городу был подвергнут статистической обработке по авторским программам, позволяющим рассчитать обобщенные показатели α -биологического разнообразия сообществ мелких млекопитающих, а также упругую, резистентную и общую устойчивость этих сообществ [2, 6], по которым в дальнейшем и проводилось сравнение (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика сообществ мелких млекопитающих урбациенозов городов в различных природных зонах

Функциональные зоны города	1 зона	2 зона	3 зона	4 зона	5 - контроль
1	2	3	4	5	6
г. Новый Уренгой					
Тип местообитания: лесотундра	много-этаж. застройка	-	промзоны, лесополосы и др.	лесо-парки	зеленая зона
T / K / G	0.35 / 3.5 / 0.75	0.45 / 3.5 / 0.75	0.55 / 3.5 / 0.75	0.65 / 3.5 / 0.75	0.75 / 3.5 / 0.75
индекс видового богатства R	1.43	-	3.14	4.80	4.61
индекс видового разнообразия Симпсона D	0.32	-	0.62	0.78	0.82
резистентная устойчивость Ur	0.99	-	1.18	1.21	1.30
упругая устойчивость Uu	0.27	-	1.22	3.25	5.43
общая устойчивость сообщества U	1.26	-	2.40	4.47	6.73
г. Нижневартовск					
Тип местообитания: средняя тайга	много-этаж. застройка	частная застройка	промзоны, лесополосы и др.	лесо-парки	зеленая зона
T / K / G	0.35 / 4.5 / 0.65	0.45 / 4.5 / 0.65	0.55 / 4.5 / 0.65	0.65 / 4.5 / 0.65	0.75 / 4.5 / 0.65
индекс видового богатства R	3.08	8.66	15.92	14.56	16.49
индекс видового разнообразия Симпсона D	0.41	0.66	0.81	0.66	0.74
резистентная устойчивость Ur	0.91	0.90	0.94	0.78	0.85
упругая устойчивость Uu	0.40	1.33	3.55	2.44	5.12
общая устойчивость сообщества U	1.30	2.23	4.49	3.22	5.97
г. Тюмень					
Тип местообитания: подтайга	много-этаж. застройка	частная застройка	промзоны, лесополосы и др.	лесо-парки	зеленая зона
T / K / G	0.35 / 5.5 / 0.55	0.45 / 5.5 / 0.55	0.55 / 5.5 / 0.55	0.65 / 5.5 / 0.55	0.75 / 5.5 / 0.55

1	2	3	4	5	6
индекс видового богатства R	0.32	1.25	4.45	4.78	4.01
индекс видового разнообразия Симпсона D	0.15	0.57	0.34	0.73	0.87
резистентная устойчивость Ur	2.46	2.77	0.68	1.41	1.86
упругая устойчивость Uu	0.16	1.14	0.49	5.15	18.00
общая устойчивость сообщества U	2.62	3.91	1.18	6.57	19.86
г. Ишим					
Тип местообитания: средняя лесостепь	много-этаж. застройка	частная застройка	промзоны, лесополосы и др.	лесо-парки	сНицинский сосновый бор
T / K / G	0.35 / 6 / 0.5	0.45 / 6 / 0.5	0.55 / 6 / 0.5	0.65 / 6 / 0.5	0.75 / 6 / 0.5
индекс видового богатства R	0.47	1.21	1.57	3.98	10.3
индекс видового разнообразия Симпсона D	0.04	0.50	0.43	0.70	0.83
резистентная устойчивость Ur	0.50	2.68	1.87	1.58	1.18
упругая устойчивость Uu	0.11	0.94	0.88	5.59	19.82
общая устойчивость сообщества U	0.61	3.62	2.75	7.17	21.0
г. Ташкент					
Тип местообитания: оазис в полупустыне	много-этаж. застройка	частная застройка	промзоны, лесополосы и др.	лесо-парки	природо-охранное хозяйство Сайхун
T / K / G	0.35 / 4 / 0.7	0.45 / 4 / 0.7	0.55 / 4 / 0.7	0.65 / 4 / 0.7	0.75 / 4 / 0.7
индекс видового богатства R	0.69	1.2	5.34	5.43	3.88
индекс видового разнообразия Симпсона D	0.49	0.62	0.64	0.75	0.47
резистентная устойчивость Ur	4.92	3.81	1.33	1.55	1.18
упругая устойчивость Uu	0.87	2.52	4.53	15.61	3.24
общая устойчивость сообщества U	5.78	6.33	5.87	17.15	4.43

Результаты и обсуждение. Анализ результатов сообществ мелких млекопитающих различных функциональных зон городов из разных природно-климатических условий позволяет констатировать, что общая устойчивость практически везде повышается с продвижением с севера на юг, достигая максимальных значений в наиболее оптимальных условиях подтайги (Тюмень) и северной лесостепи (Ишим), а затем, снова снижаясь при продвижении далее на юг, в зону полупустыни, несмотря на то, что сам Ташкент расположен в благоприятных условиях оазиса (табл. 1, рис. 1). Это, пожалуй, единственный случай, когда устойчивость сообществ мелких млекопитающих в контрольных местообитаниях имеет значительно меньшую величину, чем в функциональных зонах города, что объясняется высокой степенью изоляции экосистемы контрольной площадки, от коренной экосистемы тугайного леса, малой площадью и собственно меньшим количеством стадий по сравнению с урбэко-системой. Наибольшая устойчивость в Ташкенте отмечается в лесопарковой зоне, где за счет посадок деревьев и орошения искусственно создаются и поддерживаются наиболее благоприятные условия для животных. Кстати,

именно лесопарковая зона большинства исследованных городов отличается наибольшими показателями общей устойчивости сообществ мелких млекопитающих на непосредственной территории населенных пунктов.

Из общей закономерности выбивается лишь г. Нижневартовск, где общая устойчивость сообществ мелких млекопитающих 4 зоны уступает не только контролю, но и таковой промышленных зон и лесополос и др. Это можно объяснить только чрезвычайно высокими значениями сообщества мелких млекопитающих городского кладбища, расположенного в старой части города, которое попадает по нашей классификации в эту функциональную зону. В большинстве же остальных случаев промышленные зоны характеризуются одними из самых низких значений общей устойчивости в силу их наибольшей техногенной трансформированности. Из селитебных зон вполне ожидаемо большей общей устойчивостью характеризуется зона частной застройки, за исключением Нового Уренгоя, где она отсутствует, благодаря более разнообразным экологическим нишам, которые ближе по своей природе к условиям естественных местообитаний.

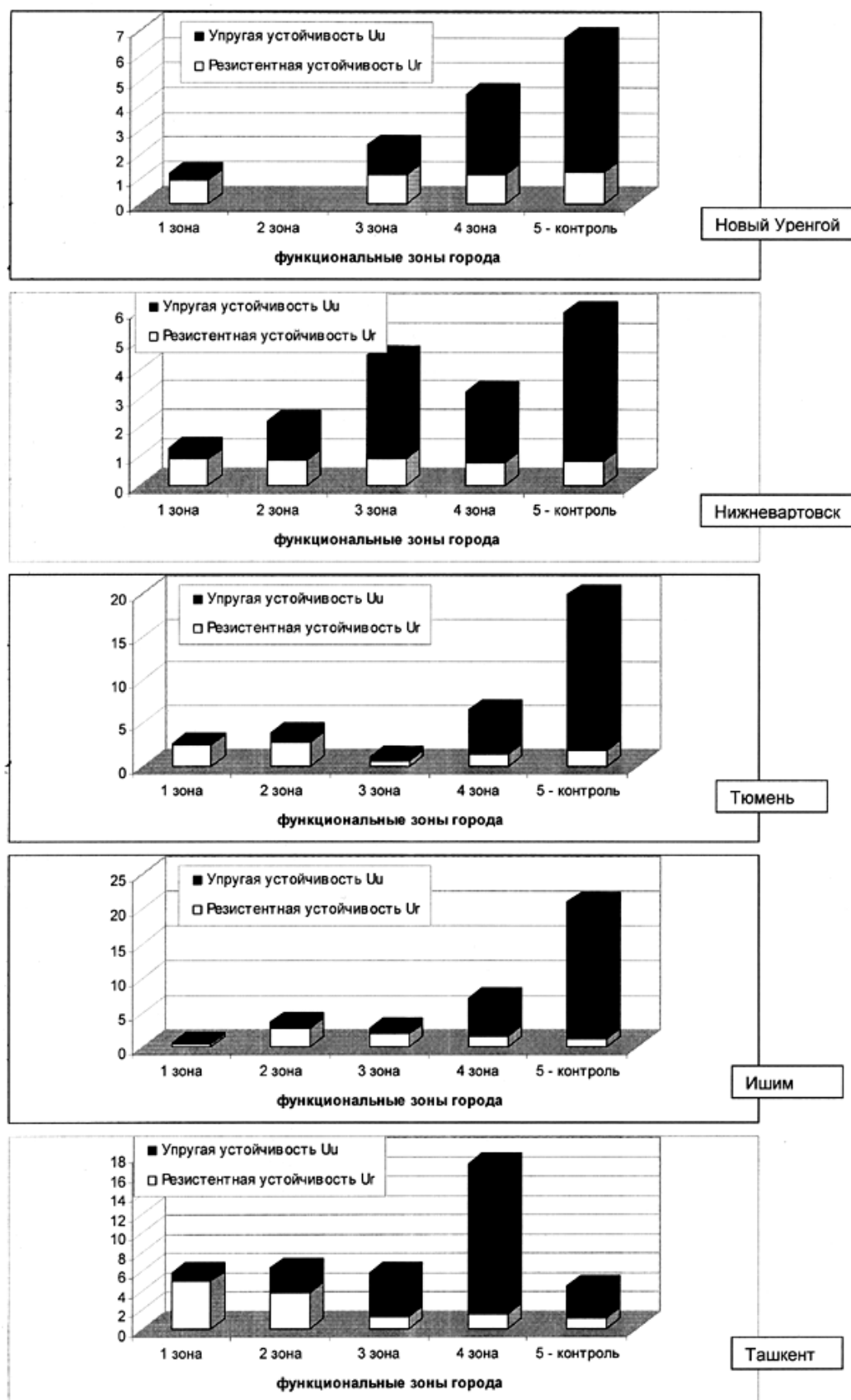


Рис. 1. Устойчивость сообществ мелких млекопитающих урбацинозов разных природных зон

Большой интерес при анализе материала имеет не только общая устойчивость сообществ мелких млекопитающих, но и соотношение в ее структуре резистентной и упругой составляющих. Общая устойчивость экосистемы складывается из

ее упругой и резистентной составляющих, и на разных стадиях развития представлена в большей мере либо той, либо другой: например, в пионерных и молодых сообществах величина U будет определяться в основном ее резистентными свойствами, а

в зрелых и климаксных - упругими, тогда как резистентность возрастает незначительно [Гашев, 2003]. Эта закономерность в полной мере прослеживается и на сообществах урбаноэкоз, независимо от природно-климатических зон, в которых они находятся: доля резистентной устойчивости неуклонно снижается при продвижении от наиболее трансформированных местообитаний селитебных зон к лесопаркам и контролю (рис. 1).

Использование показателей устойчивости сообществ мелких млекопитающих, основанных на индексах видового богатства и видового разнообразия, делает общую картину более рельефной: минимальные и максимальные показатели устойчивости отличаются в 1.5-2 раза сильнее, чем таковые исходных индексов (например, в Ишиме, где устойчивость сообществ максимальна, величина индексов видового разнообразия Симпсона и видового богатства между 1 и 5 функциональными зонами отличается в 21 и 22 раза, а общая устойчивость сообществ - в 34 раза).

Выводы:

1. Общая устойчивость сообществ мелких млекопитающих урбаноэкоз повышается с севера на юг до лесостепной зоны, где условия для мелких млекопитающих можно считать оптимальными, а затем опять начинает снижаться по мере повышения индекса сухости.
2. Общая устойчивость сообществ мелких млекопитающих урбаноэкоз, как правило, повышается от зоны многоэтажной застройки до лесопарков, где она уступает только контролю, за исключением случаев, когда естественный контроль сам представлен достаточно бедным сообществом.
3. Резистентная устойчивость сообществ урбаноэкоз максимальна в селитебных функциональных зонах городов, а в других зонах доля ее начинает снижаться, за счет многократного возрастания упругой составляющей в наиболее зрелых естественных или созданных человеком местообитаниях.
4. Показатели устойчивости являются более информативными и «рельефными» по сравнению с

индексами видового богатства и разнообразия, на которых они основаны, и рекомендуются нами для широкого использования.

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ № 01201460003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алимов, А.Ф. Продукционная гидробиология. Монография - М.: Гидрометеиздат, 1989. 152 с.
2. Гашев, С.Н. Статистический анализ сообществ мелких млекопитающих. Руководство по использованию программы «Mammalia». - Тюмень: ТюмГУ, 1999. 19 с.
3. Гашев, С.Н. Упругая устойчивость экологических систем // Сибирский экологический журнал. 2001. Т. 8, № 5. С. 645-650.
4. Гашев, С.Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Дисс. на соис. уч. степ. д.б.н. - Тюмень: Тюменский государственный университет, 2003. 396 с.
5. Гашев, С.Н. Особенности сообществ мелких млекопитающих урбанизированных местообитаний на Ямало-Ташкентской трансекте / С.Н. Гашев, Е.А. Быкова / Вестник Тюменского государственного университета. 2007. № 6. С. 118-131.
6. Гашев, С.Н. Программа для ЭВМ «STATAN-2011». Свидетельство о регистрации RUS 2011615336 26.04.2011.
7. Гашев, С.Н. База данных «Рабочее место териолога» / С.Н. Гашев, Н.В. Сорокина, О.А. Хританько. Свидетельство о регистрации RUS 2013620056 05.10.2012.
8. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Монография - Л.: Гидрометеиздат, 1979. 375 с.
9. Коган, А.Б. Биологическая кибернетика / А.Б. Коган, Н.П. Наумов, В.Г. Режабек, О.Г. Чораян. Монография. - М.: Высшая школа, 1972. 384 с.
10. Моисеенко, Т.И. Механизмы устойчивости и изменчивости экосистем в условиях их загрязнения / Т.И. Моисеенко, С.Н. Гашев // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. С. 17-27.
11. Уамт, К. Экология и управление природными ресурсами. Монография. - М.: Мир, 1971. 464 с.

SUSTAINABILITY OF SMALL MAMMALS COMMUNITIES IN VARIOUS NATURAL ZONES OF URBAN ECOSYSTEMS

© 2015 S.N. Gashev¹, E.A. Bykova², A.Yu. Levykh¹

¹Tyumen State University

²Institute of Plants and Animals Gene Pool, Academy of Science, Uzbekistan Republic

This article presents a data analysis on indicators of small mammals from different functional zones of cities located in different natural-climatic zones. It is shown that the overall sustainability of small mammals in urban ecosystems increases from the north to the south (from the forest-tundra to the forest-steppe zone, where the conditions for small mammals can be considered optimal. Then sustainability starts to decrease again with increasing dryness index. Overall sustainability of urban small mammals communities usually increases from Multistory area zone to woodland parks zone (mainly due to the resilience index), where it is the second only to control.

Key words: *small mammals, community, sustainability, urban ecosystem, natural zone*

Sergey Gashev, Doctor of Biology, Professor, Head of the Zoology and Evolutionary Ecology of Animals. E-mail: gsn-61@mail.ru; Elena Bykova, Research Fellow. E-mail: esipov@xnet.uz; Alyona Levykh, Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Biology and Methods of its Teaching Department. E-mail: aljurlev@mail.ru