

Сергей Николаевич ГАШЕВ¹
Елена Александровна БЫКОВА²
Алена Юрьевна ЛЕВЫХ³

УДК 599:504.06

АНТРОПОГЕННАЯ АДАПТИРОВАННОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРОДСКИХ СООБЩЕСТВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СРЕДНЕЙ АЗИИ¹

¹ доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных,
Тюменский государственный университет
gsn-61@mail.ru

² научный сотрудник
Института генофонда растительного и животного мира АН РУз
ebykova67@mail.ru

³ кандидат биологических наук, доцент,
Ишимский педагогический институт им. П. П. Ершова (филиал)
Тюменский государственный университет
aljurlev@mail.ru

Аннотация

В статье обсуждаются проблемы антропогенной адаптированности и устойчивости городских сообществ млекопитающих Западной Сибири и Средней Азии на примере четырех городов, расположенных в разных природно-климатических зонах: Новый Уренгой, Тюмень, Ишим и Ташкент. Анализ степени антропогенной адаптации городских сообществ показывает, что городские сообщества микромаммалей достигают полной адаптированности не зависимо от функциональной зоны, что обусловлено высокой долей синантропных видов. Общая устойчивость сообществ увеличивается

¹ Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ № 01201460003 (№ 2-14 ТюмГУ)

Цитирование: Гашев С. Н. Антропогенная адаптированность и устойчивость городских сообществ млекопитающих Западной Сибири и Средней Азии / С. Н. Гашев, Е. А. Быкова, А. Ю. Левых // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Том 2. № 1. С. 115-131. DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-115-131

по мере снижения степени урбанизации во всех природных зонах, кроме полупустыни. Природные сообщества Западной Сибири в целом, демонстрируют большую устойчивость по сравнению с городскими, в то время как в Средней Азии, наоборот, городские сообщества микромаммалий характеризуются более высокими значениями устойчивости, что, вероятно, связано с периодом очень длительной исторической адаптации. При этом, если общая устойчивость сообществ селитебных урбаноценозов в разных природных зонах практически одинакова, то в лесопарках она снижается с севера на юг, косвенно указывая на уязвимость северных экосистем к воздействию антропогенных факторов.

Ключевые слова

Западная Сибирь, Средняя Азия, урбаноценозы, мелкие млекопитающие, антропогенная адаптация, стабильность сообществ.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-115-131

Введение

Изучение воздействия факторов среды на экосистемы (и на сообщества млекопитающих, в частности) является важной не только с позиций академической науки, отвечающей на вопросы о путях адаптации организмов и их сообществ к изменяющимся условиям среды, но и с практической точки зрения, позволяющей прогнозировать, например, вспышки численности грызунов-вредителей или опасных в санитарно-эпидемиологическом плане видов. Оценка видовой разнообразия и состояния сообществ в динамике является неотъемлемой частью системы экологического мониторинга. В этом смысле устойчивость сообществ, определяемая через показатели биоразнообразия [5], является наиболее общей характеристикой, позволяющей оценивать действие всего комплекса факторов среды в интегрированном виде, с учетом их синергетических эффектов. Однако устойчивость сообществ не описывает механизмы, ее обеспечивающие, и основанные на биологических свойствах входящих в сообщество видов. Эти особенности наиболее ярко отражают показатели адаптированности отдельных видов и сообществ в целом к среде их обитания. Антропогенная адаптированность, являясь ее частным случаем, служит хорошей моделью для рассмотрения микроэволюционных путей формирования сообществ организмов в кардинально меняющихся условиях среды. Они, в свою очередь, объемно представлены в городских условиях, особенно в градиенте не только самих факторов урбанизации, но и природно-климатических факторов различных природных зон Земли.

Материал и методы

Материал собирался в 4 городах, расположенных в разных природно-климатических зонах: Новый Уренгой (лесотундра), Тюмень (подтайга), Ишим (лесостепь) и Ташкент (оазис в полупустыне) (Рис.1) [3]. В качестве объектов ис-

следований были выбраны сообщества мелких млекопитающих различных функциональных зон городов: 1 — селитебная зона многоэтажной застройки, 2 — селитебная зона частной застройки, 3 — зона парков, скверов, кладбищ, пустырей и др., 4 — зона лесопарков и 5 — контрольная зона в природных местообитаниях вблизи городов (так называемые «зеленые зоны городов»). Если с выбором контроля в большинстве случаев проблем не возникло, то в случае г. Ташкента мы имеем дело с древним оазисом в зоне полупустынь и пойменных лесов, характеризующимся высоким уровнем освоения и преобразования естественных экосистем, когда подбор контроля максимально сходного по происхождению и природно-климатическим условиям с изучаемым урбаноценозом представляется довольно проблематичным в связи со сложностью обнаружения сходной территории, не подверженной действию урбанизации в равнинной зоне вблизи города. Наш выбор остановился на сохранившемся в пойме р. Сырдарьи фрагменте тугайного леса (природоохранное хозяйство «Сайхун»), в биотопическом плане близком к оригинальным местообитаниям в пойме р. Чирчик — притока Сырдарьи, на месте возникновения Ташкентского оазиса [2, 3].

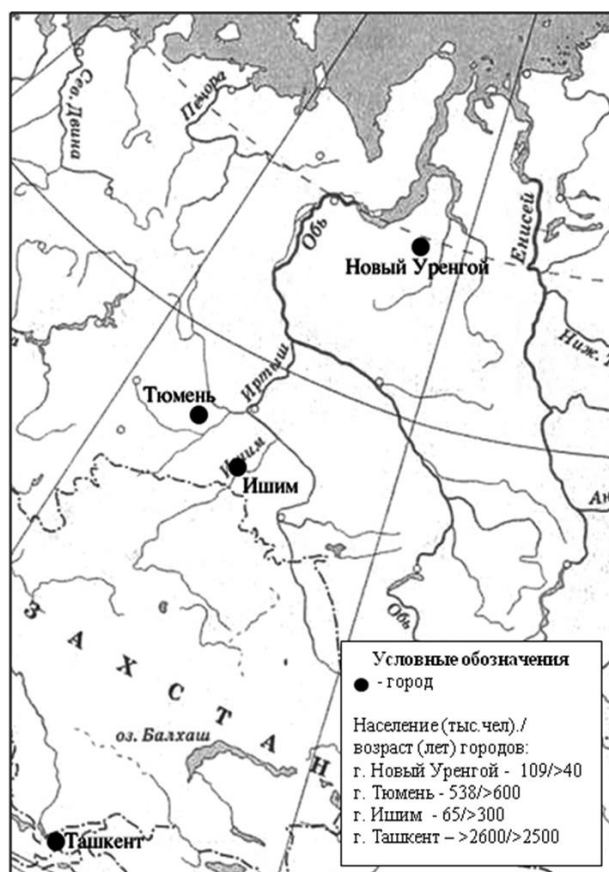


Рис. 1. Район обследования

В пределах каждой зоны города определялся видовой состав сообщества млекопитающих, рассчитывались экологические характеристики этих сообществ [1, 10]. Материал собирался как в результате отловов животных капканами Герона на пробных площадях, так и в ходе зимних маршрутных учетов (ЗМУ), визуальных учетов рукокрылых и по погадкам хищных птиц. В общей сложности было заложено более 100 пробных площадей, отработано около 7152 ловушко-суток, отловлено 1573 зверька 22 видов мелких млекопитающих. Было также обработано 4801 погадок ушастой совы, обнаруженных в местах зимовки вида в Ташкенте и его окрестностях, в них обнаружены останки черепов 8040 зверьков, принадлежащих к 10 видам мелких млекопитающих. По результатам ЗМУ в Тюмени, Ишиме и Ташкенте и окрестностях обнаружено 11 видов млекопитающих.

Определение показателей устойчивости сообществ млекопитающих проводилось с использованием нашей оригинальной модели [4-6]: $U = 0.09e^{(D(2G+3T)/G)} + 0.9 D(1+K/R)$, где первое слагаемое — упругая, а второе — резистентная составляющая общей устойчивости; $D = 1 - \sum (n_i/N)^2$ — индекс видовой разнообразия Симпсона, $R = (V-1)/\lg N$ — индекс видовой богатства; K и G — коэффициенты «вязкости» и «упругости» среды, характерные для различных зональных типов экосистем суши Земли и природно-климатических зон, основанные, фактически на соотношении таких показателей, как радиационный баланс (приток солнечной энергии) и радиационный индекс сухости (отношение годовой величины испаряемости к сумме атмосферных осадков за год) [11]; T — стадия развития экосистемы (от пионерной до климаксовой); $e = 2.718$ — основание натурального логарифма.

Для определения степени антропогенной адаптированности видов нами рассчитывались интегральные индексы адаптированности каждого из них [5, 7, 10]. Для расчетов учитывался ряд биологических показателей животных (в скобках — балл каждого): K_r — тип репродуктивной стратегии по индексу K -г-ориентированности вида от g -стратегов (1) через g -ориентированных (2), $g=K$ -стратегов (3) и K -ориентированных видов (4) к K -стратегам (5); A — степень антропофобии от эвсинантропов (1) через синантропов (2), антропофилов (3) и нейтралов (4) к антропофобам (5); B — степень консументности от поедателей семян и плодов (1) через поедателей вегетативных частей растений (2), через всеядных (3), поедателей беспозвоночных (4) к плотоядным (5), а также C — предпочтительной влажности и E — закрытости местообитаний от сухого (1) через влажное (2) к мокрому (3), и от открытого (1) через полуоткрытое (2) к закрытому (3). Для каждого i -го вида в сообществе млекопитающих вычисляется индекс индивидуальной антропогенной адаптированности (I_i), который можно определить по формуле: $I_i = 100/[A+B+K_r+(C+E)/2]$.

Результаты

По величине индексов все виды исследованных природно-климатических зон можно отнести к той или иной группе по степени их антропогенной адаптированности (Табл. 1). Как видно из таблицы, во всех природных зонах наибольшей степени антропогенной адаптированности (более 13 баллов) достигают эвсинан-

тропы (домовая мышь и серая крыса), синантропы (туркестанская крыса, обыкновенная и илийская полевки, полевая мышь, обыкновенный хомяк, большой, краснощекий и желтый суслики, гребенщикова песчанка) и антропофилы (степная пеструшка), т.е. виды с положительной реакцией на воздействие человека. Это, как правило, грызуны (г-стратеги), обитающие в разнообразных типах местообитаний с пастбищным типом питания (большинство относится к семеноядным, зеленоядным и всеядным видам). Самые низкие индексы антропогенной адаптированности (менее 9) характерны для мелких хищных, рукокрылых и насекомыхоядных, большинство из которых относится к видам-нейтралам. Как правило, это К-ориентированные виды или К-стратеги с плотоядным типом питания (средние и крупные куньи) или поедатели беспозвоночных (рукокрылые и некоторые виды насекомоядных), обитающие в различных типах местообитаний.

Антропофобные виды практически не представлены в городах, поскольку они в первую очередь элиминируются под воздействием антропогенных факторов. По типу местообитаний большинство видов — обитатели сухих (реже влажных) местообитаний разных типов закрытости. Анализ формирования фауны городов показал, что на юге идет замещение сухолюбивых видов на виды влаголюбивые (например, тонкопалый суслик сменяется на желтого, исчезают псамофильные виды тушканчиков и песчанок), в связи с расширением гидрологической сети в южных городах. На севере наблюдается противоположенная тенденция в связи с аридизацией (дренирование болотистых угодий, отсыпка территории городов песком, укладка асфальта и др.) естественных местообитаний.

Таким образом, показатель индивидуальной антропогенной адаптированности помог нам составить «портрет» видов, наиболее успешно приспособившихся к условиям урбаноценозов. Это, так правило, грызуны с характерной для них высокой плодовитостью и смертностью, питающиеся растительной или комбинированной пищей. Зверьки очень успешно приживаются в условиях городов благодаря положительной антропогенной реакции. Максимальной приспособительности достигают облигатные или истинные синантропы — виды, тесно сосуществующие с человеком и даже расширившие среду своего обитания благодаря преимуществам такого сосуществования (наличие пищи, более длительный вегетативный период кормовых растений, отсутствие естественных врагов, наличие дополнительных укрытий и др.). Вышесказанное относится к представителям семейства мышинных (Muridae), в первую очередь, к домовый (максимальный индекс антропогенной адаптированности) и полевой мышам, серой и туркестанской крысам.

На основании индивидуальных индексов антропогенной адаптированности для каждого конкретного сообщества вычисляли показатель эвсинантропии I_s — $I_s = (\sum (E S_i * I_i)) / (\sum (n_i * I_i))$, где $E S_i$ — численность каждого i -го эвсинантропного вида, $\sum n_i = N$, где N — общее обилие зверьков; индекс антропогенизации I_a — $I_a = (\sum (E S_i * I_i) + \sum (S_i * I_i)) / (\sum (n_i * I_i))$, где S_i — численность каждого i -го синантропного вида; показатель антропофилии I_f — $I_f = (\sum (E S_i * I_i) + \sum (S_i * I_i) + \sum (F I_i * I_i)) / (\sum (n_i * I_i))$, где $F I_i$ — численность каждого i -го антропофильного вида; индекс естественности I_e — $I_e = (\sum (N T_i * I_i) + \sum (F O_i * I_i)) / (\sum (n_i * I_i))$, где $N T_i$ — численность видов-«нейтралов», $F O_i$ — антропофобов; показатель ранимости I_r — $I_r = (\sum (F O_i * I_i)) /$

$(\sum(n_i * I_i))$. Суммарный индекс антропогенной адаптированности сообщества млекопитающих вычислялся по формуле: $IAA = (I_f - I_r) / I_e * 100\%$.

Результаты изучения антропогенной адаптированности и устойчивости сообществ мелких млекопитающих в урбаноценозах разных природных зон приведены в Таблице 2.

Таблица 1

Индивидуальные индексы антропогенной адаптированности основных видов мелких млекопитающих разных природных зон Западной Сибири и Средней Азии

Природная зона	Высокая степень антропогенной адаптированности (более 13)	Средняя степень антропогенной адаптированности (9-13)	Низкая степень антропогенной адаптированности (менее 9)
1	2	3	4
Лесотундра	мышь домовая (22,2), крыса серая (15,5)	лемминг сибирский (11,8), полевка Миддендорфа (10,5), полевка-экономка (10,0), полевка красная (10,0), бурозубка тундрная (9,5)	ласка (8,3), бурозубка средняя (8,3), горностай (8,0), бурозубка малая (7,4), бурозубка крошечная (6,9), кутора (6,9)
Подтайга	мышь домовая (22,2), мышь полевая (20,0), полевка обыкновенная (16,7), крыса серая (15,5), хомяк обыкновенный (13,3)	мышь лесная малая (12,5), белка обыкновенная (12,5), полевка водяная (11,8), бурундук (11,8), полевка рыжая (11,1), бурозубка обыкновенная (10,5), полевка-экономка (10,0), полевка красная (10,0), мышь-малютка (10,0), ондатра (9,5), мышовка лесная (9,1), еж белогрудый (9,0),	летяга (8,7), ласка (8,3), бурозубка средняя (8,3), горностай (8,0), крот обыкновенный (7,7), бурозубка малая (7,4), колонок (7,1), ночница прудовая (7,1), ночница водяная (7,1), кожанок северный (7,1), кожан двухцветный (7,1), бурозубка крошечная (6,9), кутора (6,9)
Средняя лесостепь	мышь домовая (22,2), мышь полевая (20,0), суслик большой (16,7), полевка обыкновенная (16,7), пеструшка степная (16,7), крыса серая (15,5), суслик краснощекий (14,3), хомяк обыкновенный (13,3)	мышь лесная малая (12,5), белка обыкновенная (12,5), полевка водяная (11,8), полевка рыжая (11,1), полевка узкочерепная (11,1), бурозубка обыкновенная (10,5), полевка-экономка (10,0), полевка красная (10,0), мышь-малютка (10,0), хомячок джунгарский (10,0), ондатра (9,5), слепушонка обыкновенная (9,1), еж белогрудый (9,0)	ласка (8,3), бурозубка средняя (8,3), тушканчик большой (8,3), горностай (8,0), бурозубка малая (7,4), крот сибирский (7,1), кожан двухцветный (7,1), ночница прудовая (7,1), бурозубка крошечная (6,9)

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Оазис в полу-пустыне	мышь домовая (22,2), крыса серая (15,5), суслик желтый (14,3), полевка илийская (14,3), крыса туркестанская (13,3), песчанка гребенщикова (13,3)	хомячок серый (12,5), белка обыкновенная (12,5), белозубка малая (10,0), ондатра (9,5), слепушонка восточная (9,1)	ласка (8,3), еж ушастый (8,3), нетопырь-карлик (7,7), вечерница рыжая (7,7), ночница водяная (7,1), подковонос большой (7,1)

Обсуждение

В основу модели устойчивости сообществ нами положена аналогия с физической системой «шар в вогнутой чаше» [5, 9]. При этом общая устойчивость оценивается как сумма упругой (способность возвращаться в исходное состояние равновесия после снятия внешних нагрузок) и резистентной (способность противостоять внешнему воздействию, стремящемуся вывести систему из состояния устойчивого равновесия). В модели видовое богатство сообщества отражает диаметр «шара», а видовое разнообразие — его массу. Различные коэффициенты отражают свойства среды. В модели — это свойства поверхности «чаши», в которой находится «шар», и степень ее вогнутости, которая зависит, в свою очередь, от массы «шара» и времени развития системы (стадии сукцессии). В молодых сообществах преобладает резистентная, а в зрелых и климаксовых — упругая составляющие.

Антропогенная адаптированность вида определяется его биологическими стратегиями. Репродуктивная стратегия вида определяет дальнейшую судьбу популяций тех или иных видов. Хотя К-стратеги также способны поддерживать необходимую плотность в естественных условиях, в антропогенных условиях под действием стрессирующих факторов именно г-стратеги получают явное преимущество за счет высокой степени воспроизводства, несмотря на повышенную смертность.

Степень антропофобии, отражающая целый ряд биологических свойств видов и их этологические особенности (реакция на «фактор беспокойства»), вполне естественно отводит наиболее высокие адаптационные возможности в меняющихся под действием антропогенных факторов условиях среды именно эвсинантропам, синантропам и антропофилам; антропофобы в этих условиях резко снижают свою численность вплоть до полной элиминации.

Степень консументности в данном случае фактически отражает термодинамический баланс вида в ходе освоения трофических ниш (соотношение полученной из пищи энергии к энергии, потраченной на ее добывание): при прочих равных условиях преимущество имеют виды, которые осваивают высококалорийные и массовые виды кормов по сравнению с теми, кто тратит значительную энергию на добывание относительно немногочисленных пищевых объектов (пастбищники будут иметь преимущество перед активными охотниками, осо-

бенно в условиях нарушенных экосистем, где консументы высоких порядков оказываются еще более уязвимыми). Всеядные виды рассматриваются нами, как имеющие исходную, наименее сформированную стратегию добычи пищи. Именно поэтому они занимают центральную позицию. В реальности всем видам свойственна всеядность в той или иной степени, однако, если можно представить себе хищников, успешно существующих за счет семян и плодов растений (медведь бурый, соболь и др.), то растительноядные виды, употребляющие в пищу мясо (северный олень, белка и др.) — скорее временная инверсия, связанная с нехваткой солей или ряда жирорастворимых витаминов. Это подтверждает энергетическое преимущество питания семенами и плодами по сравнению с другими стратегиями.

Условия увлажнения и степени закрытости предпочитаемых местообитаний напрямую связаны с их радиационным балансом, при этом под действием антропогенных факторов (и урбанизации, в частности), как правило, наблюдается повышение аридности местообитаний за счет угнетения растительного покрова, где наибольшие преимущества получают виды сухих и открытых местообитаний. Конечно, в условиях разных природных зон одни и те же факторы урбанизации могут иметь разные последствия для судеб отдельных видов и их сообществ. Так, например, в природных зонах с менее развитой древесной растительностью из-за физиологической (лесотундра) или климатической (полупустыня, в меньшей степени — лесостепь) сухости в городах за счет искусственного озеленения создаются более благоприятные микроклиматические условия в парках, садах и скверах, чем в природных экосистемах. Причем, чем больше возраст города, тем сильнее это ощущается.

В целом можно указать набор антропогенных факторов, оказывающих на фауну городов как положительное, так и отрицательное влияние с точки зрения выживания видов по сравнению с факторами естественной среды обитания.

Положительные факторы воздействия городской среды обитания на фауну: новые ландшафты и местообитания в них (здания, сооружения, искусственные водоемы, посадки), замещающие естественные местообитания; комфортный температурный режим (создает более стабильную среду обитания); повышенный уровень влажности в аридных природных зонах (хорошие условия для расселения гидрофильных видов, например, серой крысы) и, наоборот, более сухие местообитания в умеренных и влажных природных зонах; относительно стабильная кормовая база (особенно для всеядных видов); наличие дополнительных укрытий; наличие отапливаемых помещений с постоянным температурным режимом; отсутствие или низкая численность естественных хищников для многих видов; обогащение фауны за счет инвазивных видов; городские коммуникации (дороги, реки, каналы) создают условия для расселения видов путем их пассивного или активного перемещения (расселение также происходит при помощи прямого заноса человеком).

Отрицательные факторы воздействия городской среды обитания на фауну: деградация и прямое разрушение местообитаний (вырубка, застройка); высокий

уровень загрязнения среды обитания (химическое, акустическое, пылевое и др. загрязнение); мозаичность, высокий уровень изоляции (недостаточная емкость среды для обмена генетическим материалом); прямое уничтожение человеком; гибель на дорогах; фактор беспокойства; неблагоприятная санитарно-гигиеническая обстановка; высокий уровень переноса инвазий от домашних животных к диким; конкуренция с инвазивными видами, вытесняющими аборигенные; взаимодействие с домашними животными (конкуренция, хищничество); измененный состав растительности.

Таким образом, создавая для себя комфортную среду обитания, человек создает такие же комфортные условия (пища, укрытия, сглаженные температурные пики, влажность, более длительная вегетация и т.п.) для одних видов и дискомфортные для других.

Во всех природных зонах в городах практически нет крупных хищных и копытных, которые, в первую очередь, исчезают здесь в результате освоения земель и расширения городской агломерации, а так же прямого воздействия человека. В первую очередь, это относится к животным, исчезнувшим из-за потери или деградации мест обитания в урбаноценозах (кабан, косуля, лось, северный олень, кулан, благородный олень, туранский тигр, бурый медведь). Другой причиной может быть вытеснение чужеродными видами (туркестанская крыса). Далее исчезают нейтралы средних (заяц-толай, барсук, корсак, степная кошка, песец) и мелких размеров (тонкопалый суслик, тушканчики, песчанки), что также связано с потерей естественной среды обитания. В противоположность этим видам, облигатные синантропы, синантропы и антропофилы процветают в урбаноценозах. Как правило, это животные мелких размеров (грызуны, насекомоядные, рукокрылые, мелкие куньи), а также пластичные хищные средних размеров — шакал, лисица, американская норка.

Во всех городских сообществах происходит смена доминирующих групп мелких млекопитающих по мере снижения степени урбанизации с эвсинантропов на нейтралов. Было показано, что наиболее многочисленными в видовом отношении оказались группы г- и К-ориентированных видов, т.е. грызунов, насекомоядных и мелких куньих. К-стратеги представлены рукокрылыми. Как и следовало ожидать, более высокие индексы адаптированности характерны для облигатных синантропов (домовая мышь и серая крыса) и синантропных видов (желтый суслик, илийская полевка, гребенщикова песчанка, полевая мышь, обыкновенная полевка, белка и др.). Интересно отметить, что имеющая высокий индекс антропогенной адаптированности туркестанская крыса — синантропный вид, заселявший ранее Ташкент и другие города Узбекистана, была вытеснена более успешным конкурентом — серой крысой, но продолжает населять другие города и поселки Узбекистана, включая предгорные населенные пункты Ташкентской области [2, 3].

Во всех функциональных зонах городов общее число видов мелких млекопитающих повышается при продвижении с севера на юг, а в нативных биотопах (5 зона) это происходит лишь до подтайги, где наблюдается максимум видов

и далее этот показатель снова снижается (Табл. 2). Это хорошо объясняется общей закономерностью: видовое богатство увеличивается от открытых и полукрытых ландшафтов к закрытым. В городах же этот фактор теряет свое значение из-за наличия антропогенных убежищ, и значение приобретают термодинамические закономерности — в частности, теплообеспеченность.

Показано, что относительное обилие мелких млекопитающих увеличивается по мере снижения степени урбанизации (Табл. 2), исключения составляют крайние варианты природных зон: лесотундра и полупустыня, где отмечается обратная тенденция за счет эвсинантропов, обеспечивающих высокую численность именно в селитебных зонах, где условия существования более стабильны. Но в нативных сообществах пригородов во всех природно-климатических зонах относительное обилие мелких млекопитающих максимально.

Анализ степени антропогенизации городских сообществ показал, что городские сообщества микромаммалий достигают полной антропогенной адаптированности не зависимо от функциональной зоны, что обусловлено высокой долей синантропных видов. Более низкий показатель, как и ожидалось, получен для контрольной территории, где несмотря на высокую долю синантропных видов, включая эвсинантропов, повышается значение антропофильных и нейтральных видов мелких млекопитающих. Индекс антропогенной адаптированности сообществ мелких млекопитающих 1-3 зон во всех городах максимален (100), не зависимо от исторических черт городов. В 4 функциональной зоне этот показатель увеличивается с севера на юг, достигая в Ташкенте максимума: если в Ташкенте она полная, то в городах Западной Сибири составляет 30%. Это объясняется вторичностью древесных посадок Ташкента, представляющего собой оазис посреди поливных земель в полупустынной природно-климатической зоне, издревле заселенными синантропными видами, а также антропофильными и нейтральными видами подсеменяющихся в этот тип урбаценозов из пригородных зон. Лесопарки же сибирских городов представляют собой островки естественных ландшафтов, постепенно заселяемых синантропными видами. Самый низкий показатель, как и ожидалось, получен для контрольных территорий трех городов, где, несмотря на высокую долю синантропных видов, включая эвсинантропов, повышается значение антропофильных и нейтральных видов мелких млекопитающих: в 5 зоне (природные сообщества) он увеличивается с севера до лесостепи, а к полупустыне вновь снижается (Табл. 2).

Общая устойчивость сообществ увеличивается по мере снижения степени урбанизации во всех природных зонах, кроме полупустыни, где она максимальна в двух селитебных зонах (населенных преимущественно эвсинантропными видами, что подтверждает успешность ко-адаптации мышей и крыс к обитанию в жилье человека) и минимальна в контроле. Действительно, наиболее высокие показатели общей устойчивости сообществ мелких млекопитающих городов Западной Сибири отмечены для зоны частной застройки и лесопарков, в то время как для Ташкента — для обеих селитебных зон. Природные сообщества Западной Сибири в целом демонстрируют большую устойчивость по сравнению

с городскими, в то время как в Средней Азии, наоборот, городские сообщества микромаммалий характеризуются более высокими значениями устойчивости, что вероятно связано с периодом очень длительной исторической адаптации. В более молодых сибирских городах, где показатели устойчивости сообщества нарастают против градиента урбанизации, урбанизированные сообщества выглядят менее благополучными по сравнению с природными.

При этом, если общая устойчивость сообществ селитебных урбаноценозов в разных природных зонах практически одинакова (везде ожидаемо выше в районах частной застройки по сравнению с многоэтажной), то в подверженных рекреации лесопарках она устойчиво снижается с севера на юг, косвенно демонстрируя уязвимость к антропогенным факторам северных экосистем (Табл. 2). В пригородных (контрольных) биотопах общая устойчивость возрастает до лесостепи, а в полупустыне резко снижается, отражая теперь уже естественные тенденции в динамике этого показателя, связанные, в том числе, с константами «вязкости» и «упругости» среды (K и G), отражающими ее термодинамические особенности (см. выше).

Таблица 2

Показатели антропогенной адаптированности и устойчивости сообществ мелких млекопитающих в урбаноценозах разных природных зон

Функциональные зоны города	1 зона	2 зона	3 зона	4 зона	5 зона (контроль)
1	2	3	4	5	6
г. Новый Уренгой					
Общее число видов ММ	2		4	7	14
Относит. обилие (экз./100 лов.-суток)	14,5		12,0	2,8	22,1
Доминирующие группы	эвсинантропы		эвсинантропы/ антропофилы	нейтралы	нейтралы
Индекс антропогенной адаптированности, %	100		100	20,2	6,13
Общая устойчивость сообщества U	1,28		2,01	12,73	13,76
г. Тюмень					
Общее число видов ММ	2	5	9	11	27

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Относит. обилие (экз./100 лов.-суток)	18	19	41	48	52,5
Доминирующие группы	эвсинантропы	эвсинантропы/ синантропы	синантропы	синантропы/ нейтралы	нейтралы
Индекс антропогенной адаптированности, %	100	100	100	30,03	12,54
Общая устойчивость сообщества U	1,30	4,16	2,33	9,56	14,23
г. Ишим					
Общее число видов ММ	2	5	6	12	13
Относит. обилие (экз./100 лов.-суток)	13,2	13,4	14,9	17,7	22,5
Доминирующие группы	эвсинантропы	эвсинантропы/ синантропы	эвсинантропы/ синантропы	синантропы/ нейтралы	синантропы/ нейтралы
Индекс антропогенной адаптированности, %	100	100	100	30,0	17,2
Общая устойчивость сообщества U	1,66	3,27	2,84	3,7	25,8
г. Ташкент					
Общее число видов ММ	7	10	23	17	14
Относит. обилие (экз./100 лов.-суток)	14,5	15,6	13,8	10,8	19,12
Доминирующие группы	эвсинантропы	эвсинантропы/ синантропы	эвсинантропы/ синантропы	синантропы/ антропофилы	синантропы/ антропофилы/ нейтралы
Индекс антропогенной адаптированности, %	100	100	100	100	13,02
Общая устойчивость сообщества U	4,06	4,32	2,48	2,48	1,66

Выводы

Таким образом, было показано, что в условиях городов максимальной адаптированности достигают грызуны с характерной для них стратегией размножения (г-стратегии), степенью антропофобии (эвсинатропы, синантропы и антропофилы) и способом питания (пастбищный или комбинированный тип). При этом наибольшей приспособленностью к условиям урбацинозов характеризуются представители семейства Мышиных и, в первую очередь, эвсинантропы и синантропы (домовая и полевая мыши, серая и туркестанская крысы), о чем свидетельствуют высокие показатели индекса их антропогенной адаптированности. В тоже время, антропофобы в условиях урбацинозов резко снижают свою численность вплоть до полной элиминации. Во всех городах, не зависимо от природной зоны, отсутствуют крупные хищные и копытные, которые исчезают в результате освоения земель под городскую застройку и прямого воздействия человека. Далее исчезают нейтралы средних размеров (хищные и зайцеобразные), а также виды, для которых независимо от их размера потеряны естественные местообитания (например, псамофильные виды исчезают из южных городов в связи с обводнением, а гидрофильные из северных — в связи с осушением). Важным фактором, влияющим на приспособленность млекопитающих к новым условиям, является воздействие на них чужеродных видов по типу конкуренции или хищничества. Это в значительной мере отражается на облике городских сообществ млекопитающих, поскольку, с одной стороны, приводит к исчезновению нативных видов, а с другой — к появлению новых (например, серая крыса, ондатра, американская норка).

Также было показано, что во всех функциональных зонах городов общее число видов мелких млекопитающих повышается при продвижении с севера на юг, а в нативных биотопах это происходит лишь до подтайги, что соотносится с общей закономерностью увеличения видового богатства от открытых и полукрытых ландшафтов к закрытым. Однако в городах этот фактор теряет свое значение из-за наличия антропогенных убежищ. Относительное обилие мелких млекопитающих увеличивается по мере снижения степени урбанизации, исключения составляют лишь крайние варианты природных зон: лесотундра и полупустыня, где отмечается обратная тенденция за счет эвсинантропов.

Анализ степени антропогенной адаптации городских сообществ показал, что городские сообщества микромаммалий достигают полной адаптированности не зависимо от функциональной зоны, что обусловлено высокой долей синантропных видов. Общая устойчивость сообществ увеличивается по мере снижения степени урбанизации во всех природных зонах, кроме полупустыни. Природные сообщества Западной Сибири, в целом, демонстрируют большую устойчивость по сравнению с городскими, в то время как в Средней Азии, наоборот, городские сообщества микромаммалий характеризуются более высокими значениями устойчивости, что вероятно связано с периодом очень длительной исторической адаптации. При этом если общая устойчивость сообществ селитебных урбацинозов в разных природных зонах практически одинакова, то

в лесопарках она снижается с севера на юг, косвенно указывая на уязвимость северных экосистем к воздействию антропогенных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьев С. П. Исследование закономерностей формирования биоразнообразия урбанизированных территорий Тюменского региона / С. П. Арефьев, А. В. Арефьева, С. Н. Гашев, Д. Е. Ломакин, Т. А. Шарпова // Отчет о научной и научно-орга-низационной деятельности за 1997 г. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1998. С. 57-67.
2. Быкова Е. А. Зональные особенности териокомплексов урбанизированных территорий (природно-исторические аспекты формирования и функционирования) / Е. А. Быкова, С. Н. Гашев. Саарбрюкен: Lambert Academic publishing, 2012. 108 с.
3. Быкова Е. А. Происхождение фауны млекопитающих и териокомплексы г. Ташкента / Е. А. Быкова, С. Н. Гашев // Экология животных и фаунистика: сборник научных трудов кафедры зоологии и эволюционной экологии животных / под ред. д.б.н., проф. С. Н. Гашева. 2013. № 9. С. 16-37.
4. Гашев С. Н. Зооиндикаторы в системе регионального экологического мониторинга Тюменской области: методика использования / С. Н. Гашев, О. Н. Жигилева, Н. А. Сазонова, А. Г. Селюков, С. И. Шаповалов, О. А. Хританько, А. Ю. Косинцева, А. В. Буракова. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2006. 132 с.
5. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области) / С. Н. Гашев. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2000. 220 с.
6. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области): дисс.... д.б.н. / С. Н. Гашев. Тюмень: ТюмГУ, 2003. 396 с.
7. Гашев С. Н. Млекопитающие Тюменской области. Справочник-определитель / С. Н. Гашев. Тюмень: ТюмГУ, 2008. 336 с.
8. Гашев С. Н. Особенности сообществ мелких млекопитающих урбанизированных местообитаний на Ямало-Ташкентской трансекте / С. Н. Гашев, Е. А. Быкова // Вестник ТюмГУ. 2007. № 6. С. 118-131.
9. Гашев С. Н. Упругая устойчивость экологических систем / С. Н. Гашев // Сибирский экологический журнал. 2001. № 5. С.645-650.
10. Гашев С. Н. Экологические характеристики сообществ млекопитающих / С. Н. Гашев // Тез. конф. «Биологическое разнообразие животных Сибири». Томск, 1998. С. 128-129.
11. Григорьев А. А. О периодическом законе географической зональности / А. А. Григорьев, М. И. Будыко // Докл. АН СССР. 1956. Т. 110. № 1. С. 129-132.

Sergei N. GASHEV¹
Yelena A. BYKOVA²
Alena Yu. LEVYKH³

**THE ANTHROPOGENIC ADAPTATION AND SUSTAINABILITY
OF MAMMALS URBAN COMMUNITIES IN WESTERN SIBERIA
AND CENTRAL ASIA**

¹ Dr. Sci. (Biol.), Professor,
Head of Department of Zoology and Evolutionary Ecology of Animals,
Institute of Biology, Tyumen State University
gsn-61@mail.ru

² Researcher of the Institute of the Gene Pool of Plants and Animals,
Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
ebykova67@mail.ru

³ Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
Head of the Department of Biology, Geography and their Teaching Methods,
Ishim State Pedagogical Institute named after P. Ershov
(Tyumen State University Branch)
aljurlev@mail.ru

Abstract

The article discusses problems of anthropogenic adaptation and stability of urban mammals' communities in Western Siberia and Central Asia demonstrating the cases of four cities located in different climatic zones: Novy Urengoy, Tyumen, Ishim, and Tashkent. The anthropogenic adaptation degree analysis shows that urban communities of small mammals can reach full adaptedness irrespective of the functional zone of the city because of a high proportion of synantropic species. The overall sustainability of mammals' communities increases with a decrease in the degree of urbanization in all natural zones, except for semi-deserts. Generally, natural mammals' communities of Western Siberia show a greater sustainability compared to urban mammals, while in Central Asia urban communities of small mammals are characterized by higher values of sustainability, which is probably due to a very long historical period of adaptation. Moreover, the overall sustainability of

Citation: Gashev, S. N., Ye. A. Bykova, and A. Yu. Levykh. 2016. "The Anthropogenic Adaptation and Sustainability of Mammals Urban Communities in Western Siberia and Central Asia". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 2, no. 1, pp. 115-131. DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-115-131

residential urban ecosystems of different natural zones is almost the same, while in forest parks it decreases from the north to the south, indirectly pointing to the vulnerability of northern ecosystems to the impact of anthropogenic factors.

Keywords

Western Siberia, Central Asia, urban ecosystems, small mammals, anthropogenic adaptation, stability of species communities.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-115-131

REFERENCES

1. Arefiev, S. P., A. V. Arefieva, S. N. Gashev, D. Ye. Lomakin, and T. A. Sharapova. 1998. "Issledovanie zakonornostey formirovaniya bioraznoobraziya urbanizirovannykh territoriy Tyumenskogo regiona" [The Regularities Study of Biodiversity Formation in Urbanized Territories of the Tyumen Region]. *Otchet o nauchnoy i nauchno-organizatsionnoy deyatelnosti za 1997 g.* [Report on Scientific and Scientific-Organizational Activity in 1997], pp. 57-67. Tyumen.
2. Bykova Ye. A., and S. N. Gashev. 2012. *Zonalnye osobennosti teriokompleksov urbanizirovannykh territoriy (prirodno-istoricheskie aspekty formirovaniya i funkcionirovaniya)* [Zonal Features of Mammals Communities in Urban Areas (the Natural and Historical Aspects of the Formation and Functioning)]. Saarbrücken: Lambert Academic publishing.
3. Bykova, Ye. A., and S. N. Gashev. 2013. "Proishozhdenie fauny mlekopitayuschih i teriokompleksov g. Tashkenta" [The Origin of the Mammals Fauna in Tashkent]. *Ekologiya zhivotnykh i faunistika: sbornik nauchnykh trudov kafedry zoologii i evolyutsionnoy ekologii zhivotnykh* [Animal Ecology and Fauna: the Proceedings of the Department of Zoology and Evolutionary Ecology of Animals]. Edited by S. N. Gashev, vol. 9, pp. 16-37. Tyumen: Izd-vo TyumGU [Tyumen State University Publishing House].
4. Gashev S. N., and Ye. A. Bykova. 2007. "Osobennosti soobschestv melkih mlekopitayuschih urbanizirovannykh mestoobitaniy na Yamalo-Tashkentskoy transekte" [The Features of Small Mammals in Urban Habitats of the Yamalo-Tashkent transect]. *Vestnik TyumGU* [Tyumen State University Herald], no. 6, pp. 118-131.
5. Gashev, S. N. 1998. "Ekologicheskie harakteristiki soobschestv mlekopitayuschih" [Ecological Characteristics of Mammalian Communities]. *Tez. konf. "Biologicheskoe raznoobrazie zhivotnykh Sibiri"* [The Proceedings of the Conference "Biological Diversity of Animals in Siberia"], pp. 128-129. Tomsk.
6. Gashev, S. N. 2000. *Mlekopitayuschie v sisteme ekologicheskogo monitoringa (na primere Tyumenskoy oblasti)* [Mammals in the Ecological Monitoring System (as Observed in the Tyumen Region)]. Tyumen: Izd-vo TyumGU [Tyumen State University Publishing House].
7. Gashev, S. N. 2001. "Uprugaya ustoychivost ekologicheskikh system" [Stability of Ecological Systems]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Journal of Ecology], no. 5, pp. 645-650.

8. Gashev, S. N. 2003. "Mlekopitayuschie v sisteme ekologicheskogo monitoringa (na primere Tyumenskoj oblasti)" [Mammals in the System of Ecological Monitoring (as Observed in the Tyumen Region)] Dr. Sci. (Biol.) diss., Tyumen State University.
9. Gashev, S. N. 2008. Mlekopitayuschie Tyumenskoj oblasti. Spravochnik-opredelitel [Mammals of Tyumen Region. Guidebook]. Tyumen: TyumGU [Tyumen State University].
10. Gashev, S. N., O. N. Zhigileva, N. A. Sazonova, A. G. Selyukov, S. I. Shapovalov, O. A. Hritanko, A. Yu. Kosintseva, and A. V. Burakova. 2006. Zooindikatory v sisteme regionalnogo ekologicheskogo monitoringa Tyumenskoj oblasti: metodika ispolzovaniya [Zoological Indicators in the System of Regional Ecological Monitoring in Tyumen Region: Methods]. Tyumen: Izd-vo TyumGU [Tyumen State University Publishing House].
11. Grigoriev, A. A., and M. I. Budyko. 1956. "O periodicheskom zakone geograficheskoy zonalnosti" [About the Periodic Law of Geographical Zoning]. Dokl. AN SSSR [Proceedings of the USSR Academy of Sciences], vol. 110, no. 1, pp. 129-132.