



Берзин Дмитрий Леонидович

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ОБЫКНОВЕННОГО ТРИТОНА *LISSOTRITON VULGARIS* L., 1758 НА
УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

03.02.04 – зоология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Екатеринбург – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Научный руководитель: доктор биологических наук, доцент

Вершинин Владимир Леонидович

Официальные оппоненты: **Лада Георгий Аркадьевич**, доктор биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», кафедра природопользования и землеустройства, профессор кафедры

Ляпков Сергей Марленович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра биологической эволюции, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Защита состоится «20» декабря 2016 г. в 13-30 часов на заседании диссертационного совета Д 004.005.01 при Институте экологии растений и животных УрО РАН, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202; факс: (343) 260-82-56, e-mail: dissovet@ipae.uran.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Института экологии растений и животных УрО РАН, <http://ipae.uran.ru/>.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

 Золотарева Наталья Валерьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Обыкновенный тритон распространен от Британских островов на западе Европы до Красноярского края на востоке. Азиатская часть ареала *L. vulgaris* значительно сужается по мере продвижения его на восток (Skorinov et al., 2008), где он становится редок, в связи с чем *L. vulgaris vulgaris* включен в ряд региональных Красных книг (Куранова, 2003; Скоринов, 2009). Численность и доля в населении земноводных обыкновенного тритона в азиатской части ареала весьма низка (Равкин и др., 2003). На урбанизированных территориях крупных городов обыкновенный тритон может быть отнесен к группе редких и исчезающих видов (Замалетдинов, Хайрутдинов, 2005). Сокращение местообитаний, изменение климата, применение ядохимикатов, инфекционные и грибковые болезни, несанкционированный отлов приводят к вымиранию обыкновенного тритона на урбанизированных территориях (Kinne, 2004). Показано, что для уральских городов, где урбанизация, как правило, сочетается со значительным индустриальным загрязнением (Вершинин, 1983; 1996), в популяциях обыкновенного тритона, претерпевших процесс синурбизации (Andrzejewski et al., 1978), возникает ряд особенностей как адаптивного, так и негативного характера, позволяющих использовать обыкновенного тритона для индикации качества среды (Вершинин, 2007). Необходимо расширение представлений о роли обыкновенного тритона в антропоценозах, изучение специфики популяционной структуры и биологических особенностей в условиях загрязнения и урбанизации.

Цель работы: изучить современное распространение обыкновенного тритона *L. vulgaris* (L., 1758) на территории крупной городской агломерации (на примере г. Екатеринбурга), изменение его экологических и морфологических характеристик в зависимости от степени антропогенной трансформации среды.

Задачи:

1. Установить особенности современного распространения и численности *L. vulgaris* на исследуемых территориях и провести ретроспективный анализ с имеющимися литературными данными.

2. Оценить специфику местообитаний *L. vulgaris* на урбанизированных территориях.

3. Выполнить сравнительный анализ морфологических и морфофизиологических особенностей (включая девиантные формы) популяций *L. vulgaris* в градиенте урбанизации.

4. Изучить особенности трофических связей сеголеток *L. vulgaris* в начальный период наземной жизни и их изменение в зависимости от степени урбанизации.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное сравнительное исследование закономерностей распространения и пространственной структуры популяций обыкновенного тритона в пределах городской агломерации крупного индустриального центра (г. Екатеринбург) и его окрестностей. Оценено изменение доли *L. vulgaris* в видовых сообществах земноводных ретроспективно и в градиенте урбанизированной среды. Впервые определена численность популяций обыкновенного тритона на урбанизированной территории и за ее пределами. Проанализированы материалы по экологическим преферендумам вида на основе литературных источников и детального анализа биотических и абиотических показателей местообитаний. Впервые уточнены особенности основных этапов жизненного цикла вида в условиях урбанизации, основные морфологические и морфофизиологические характеристики и соотношение полов в популяциях *L. vulgaris* восточного склона Среднего Урала, а также их изменение в зависимости от степени урбанизации. Существенно дополнены сведения о морфологических аномалиях обыкновенного тритона. На примере спектров и встречаемости девиантных форм сеголеток и взрослых особей показана их специфика, как часть морфооблика городских популяций, формирующегося в ходе интеграции новой генерации в среду местообитаний. Впервые показаны общие и уникальные варианты аномалий для европейской и азиатской частей ареала *L. vulgaris*. Успешно проведена реинтродукция *L. vulgaris* во вторичное по происхождению местообитание. Особенностью настоящего исследования является наличие ретроспективного анализа за 38-летний период с

привлечением открытой базы данных (Vershinin et al., 2015). Теоретический уровень результатов исследований в отношении изменения численности и доли обыкновенного тритона в экосистемах города носит пионерный характер, сведения по морфофизиологии и морфологии, включающей девиантные формы морфогенеза, обладают оригинальностью и новизной. Результаты работы имеют значение в развитии представлений о минимальном размере популяций, а также вкладе экологической компоненты в формирование популяционной специфики.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные сведения содержат новую информацию о структурно-функциональной специфике популяций обыкновенного тритона в экосистемах крупного промышленного города. Исследование специфики популяций обыкновенного тритона в условиях урбанизированной среды имеет теоретическое значение для развития представлений о роли среды в формировании морфооблика и функциональной специфики популяций, а также обладает практической значимостью для организации охранных мероприятий, восстановления исчезнувших популяций, возможности использования вида в биоиндикации и экологическом мониторинге. Материалы диссертации используются в лекционных курсах кафедры зоологии УрФУ: «Герпетология», «Экология города», «Модульные принципы морфогенеза» при подготовке студентов по специальностям «Биология», «Экология», а также при проведении занятий в детских творческих объединениях: «Юные аквариумисты», «Полевая экология», «Зоолог-исследователь».

Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 5 публикациях, из них 2 – в периодических изданиях из перечня ВАК.

Личный вклад автора. Большая часть материала была собрана непосредственно диссертантом. Изучены характер распространения, численность, морфологические признаки, трофология сеголеток, создана база цифровых изображений аномалий. Составлена схема распространения *L. vulgaris* в пределах городской агломерации г. Екатеринбурга. Персонально Д.Л. Берзиным проведены камеральная обработка и статистический анализ собранного материала,

теоретически обобщены результаты и на их основе сформулированы все выводы и положения работы.

Степень достоверности и апробация результатов. Надежность и обоснованность выводов и положений основывается на анализе значительного по объему фактического материала (353 сеголетка и 982 взрослых), собранного в 10 местообитаниях, применение современных статистических методов обеспечивает достоверность полученных в диссертационной работе результатов и сформулированных на их основе положений и выводов.

Материалы исследований были представлены на Всероссийской молодежной конференции «Экология, генетика, эволюция», посвященной 115-летию Н.В. Тимофеева-Ресовского (Екатеринбург, 2015); международной школе-конференции «Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение и возможность оценки здоровья среды» (Екатеринбург, 2013); II международной конференции «Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, мониторинг, здоровье среды» (Екатеринбург, 2016). Основные положения работы представлены на VI съезде герпетологического общества им. А.М. Никольского «Актуальные проблемы изучения и сохранения биоразнообразия земноводных и пресмыкающихся Евразии» (Пушино, 2015).

Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 10-04-96084, а также программой 211 Правительства Российской Федерации, соглашение № 02.А03.21.0006.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка литературы и 4 приложений. Работа изложена на 163 страницах, основной текст диссертации содержит 12 таблиц и 50 рисунков. В приложениях представлено 10 таблиц и 1 рисунок. Список литературы включает 207 источников, в том числе 79 – на иностранных языках.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Антропогенная трансформация естественных местообитаний, в ходе которой происходит изменение состава растительных сообществ, температурного

режима и pH нерестовых водоемов, способствует росту численности *L. vulgaris* и увеличению его доли в сообществах земноводных. Сокращение распространения и численности обыкновенного тритона в условиях урбанизации связано с разрушением местообитаний, появлением вида-вселенца – ротана, повышением уровня загрязнения.

2. Среди морфологических особенностей обыкновенного тритона, наряду с выявленными половыми различиями, отмечено существенное укрупнение длины тела самок с ростом урбанизации и соответственно изменение ряда пропорций тела. В градиенте урбанизации увеличиваются разнообразие и частота внешних морфологических отклонений *L. vulgaris*. Спектр девиантных форм исследованных популяций отличается от такового в европейской части ареала вида. В питании сеголеток обыкновенного тритона на селитебной части города существенно увеличивается доля раковинных моллюсков.

Благодарности. Автор выражает особую благодарность сотрудникам ИЭРиЖ: н.с., к.б.н. А.В. Бураковой за помощь в определении гельминтов, н.с. М.Е. Гребенникову за помощь в определении моллюсков, а также заведующей лабораторией физико-химических исследований Учебно-научного центра факультета геологии и геофизики Уральского государственного горного университета Н.В. Пенкиной и всему коллективу лаборатории.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИИ ОБЫКНОВЕННОГО ТРИТОНА (*LISSOTRITON VULGARIS*)

Обзор данных литературы затрагивает историю изучения обыкновенного тритона в Уральском регионе и сведения по биологическим особенностям и экологии *L. vulgaris* в естественных и антропогенных ландшафтах.

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

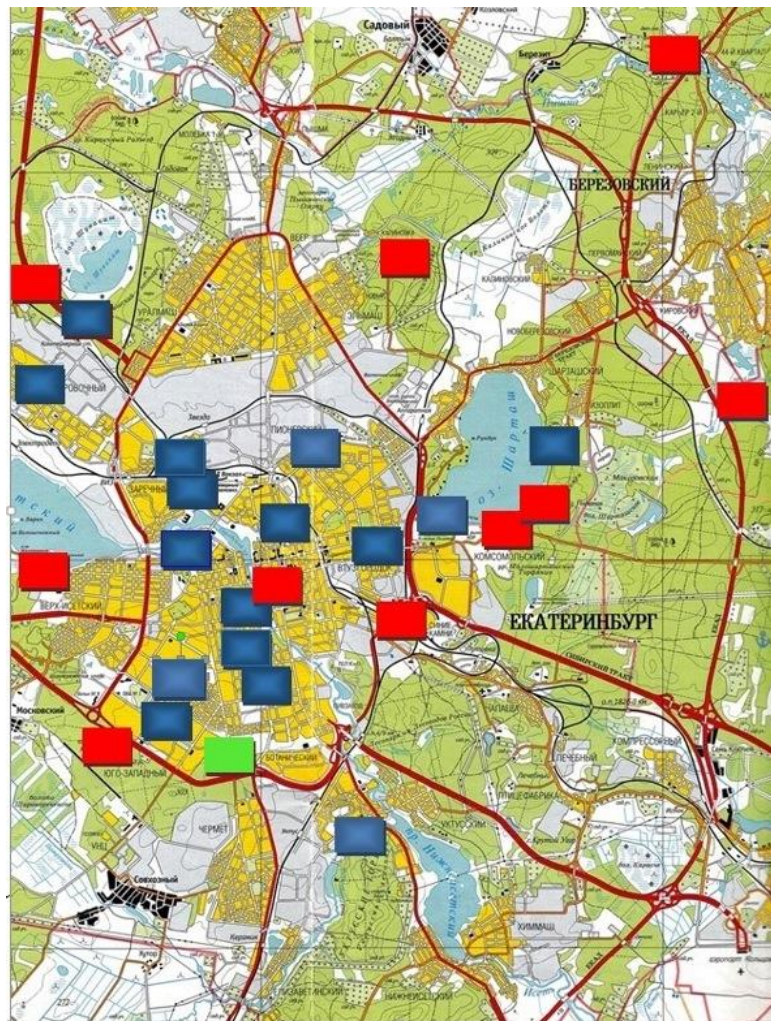
Сбор материала проведен в 2010–2015 гг. на территории г. Екатеринбурга и прилегающих территориях. Обследовано 39 местообитаний амфибий, в 10 из которых отмечен обыкновенный тритон. Общий объем материала – 1335 экз. (353 сеголетка и 982 взрослых). Учеты численности выполнены с помощью индивидуального мечения (Martof, 1953) с повторными отловами (Petersen, 1896; Bailey, 1951). В зависимости от степени освоенности территории человеком выделены следующие зоны: I зона – центральная часть города с многоэтажной застройкой, водоемами с сильным загрязнением, мелкими реками, забранными в трубы (где амфибии отсутствуют); II зона – районы многоэтажной застройки; III зона – районы малоэтажной застройки; IV зона – лесопарки города. В качестве контроля (К) использована популяция, обитающая в 30 км от г. Екатеринбурга (вблизи деревни Мраморское) и популяция на 23-м км Режевского тракта. Температуру нерестовых водоемов измеряли ртутным термометром ТП-22 с точностью до 0,5°C. Гидрохимические анализы выполнены в лаборатории физико-химических исследований Учебно-научного центра факультета геологии и геофизики Уральского государственного горного университета. Морфологические промеры животных (Терентьев, Чернов 1949; Банников и др., 1977) проведены штангенциркулем с точностью до 0,01 мм. Масса тела, печени и сердца определена на торсионных весах с точностью до 0,02 мг. Все животные обследовались на наличие морфологических аномалий. Изучено и определено содержимое желудочно-кишечного тракта сеголеток. Проведено сравнение спектров питания сеголеток *L. vulgaris* с совместно обитающими сеголетками *Salamandrella keyserlingii*, *Pelophylax ridibundus* и *Rana arvalis*. Сходство спектров питания оценивали с помощью индекса Мориситы (Morisita, 1951). При анализе биоразнообразия пищевых объектов использован индекс доминирования Бергера-Паркера (Berger et al., 1970), рассчитанного в программе PAST. Статистическая обработка материала выполнена в программе Statistica for Windows 7.0.

Глава 3. РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ ОБЫКНОВЕННОГО ТРИТОНА В ГРАДИЕНТЕ УРБАНИЗАЦИИ

3.1 Распространение обыкновенного тритона на урбанизированных территориях в г. Екатеринбурге

Основной причиной сокращения распространения вида является разрушение местообитаний в пределах селитебной части г. Екатеринбурга (зоны II и III) (Берзин, 2015). С 1970 по 2015 гг. в зоне II исчезло 88,9% местообитаний, в зоне III – 66,7%, в зоне IV – 37,5%. В целом за последние годы уничтожены либо стали непригодными для жизни *L. vulgaris* 60% исследуемых местообитаний (Рисунок 1). На распространение амфибий (в том числе обыкновенного тритона) отрицательно влияет ротан (*Perccottus glenii*), приведший с 90-х годов к исчезновению 5 популяций обыкновенного тритона (Берзин, 2015). Современное распространение обыкновенного тритона на территории города охватывает, главным образом, лесопарковую зону – 62,5% исследуемых местообитаний, в зоне малоэтажной застройки – 25%, в зоне многоэтажной застройки – 12,5%.

Распространение обыкновенного тритона на селитебных территориях лимитировано рядом физико-химических параметров, к которым относится наличие водоемов с определенной гидрохимией – pH и минерализация. На Урале (Берзин, 2015) обыкновенный тритон распространен в водоемах с нейтральным или слабощелочным pH и минерализацией в диапазоне 81–962 мг/дм³, в зоне многоэтажной застройки – 324–666 мг/дм³ при среднем значении 443,6 мг/дм³. Значимые различия установлены по сумме ионов в нерестовых водоемах обыкновенного тритона на урбанизированных территориях: $F(3,88)=19,005$, $p<0,000001$. В зоне многоэтажной застройки значение суммы ионов более 500 мг/дм³, что выше оптимального числа, приводимого для данного вида. Таким образом, обыкновенный тритон на исследуемых территориях обитает в пределах известных значений минерализации и суммы ионов. Однако значения этих показателей в местообитаниях *L. vulgaris* зоны многоэтажной и части нерестовых водоемов зоны малоэтажной застройки превышают оптимальные.



■ – существующие местообитания, ■ – реинтродуцированные популяции,
■ – исчезнувшие местообитания

Рисунок 1 – Современное распространение *L. vulgaris* на урбанизированных территориях (2015 г.)

3.2 Изменение численности *L. vulgaris* и его доли в структуре видовых сообществ амфибий

Учеты численности позволили получить новые данные по численности репродуктивного ядра популяций в городских популяциях *L. vulgaris* (Таблица 1).

В сравнении с 1980-ми годами, когда численность половозрелых *L. vulgaris* в зоне II достигала 350–430 экз. (Вершинин, 1983), максимальное число размножающихся особей в 2014–2015 гг. заметно снизилось (Таблица 1).

Таблица 1 – Пределы изменения численности размножающихся *L. vulgaris* в градиенте урбанизации

Зона	1980 – 1990 гг. (Вершинин, 1996; Vershinin, 2002)	2014 – 2015 гг.
II	30 – 430	45,3 – 238,0
III	17 – 154	105,6 – 156,0
IV	28 – 217	173,6 – 621,0
K	35 – 50	53,3 – 132,9

Примечание – II – зона многоэтажной застройки, III – зона малоэтажной застройки, IV – лесопарковая зона, K – загородная популяция

При этом сокращение наземной части местообитаний ведет к локальному увеличению плотности. В популяциях зоны малоэтажной застройки за 38 лет наблюдений (Vershinin, 2002; Берзин, 2015) численность половозрелых особей осталась в сходных пределах. Максимальные значения числа размножающихся особей отмечены для популяций лесопарковой зоны города. Причина данного явления заключается в трансформации исходных лесных сообществ под действием рекреационной нагрузки и связанным с этим сокращением численности сибирского углозуба, что ведет к его неконкурентному замещению более эвритопным обыкновенным тритоном и относительному увеличению его доли в видовых сообществах амфибий. Невысокая численность и плотность обыкновенного тритона в загородных популяциях связана с рассредоточенным распределением животных на эталонных территориях.

Глава 4. ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ И ФЕНОЛОГИИ *L. VULGARIS* В ГРАДИЕНТЕ УРБАНИЗАЦИИ

Городские местообитания тритонов, в сравнении с загородными, характеризуются повышенными температурами нерестовых водоемов, что оказывает влияние на сроки размножения и развития животных. Так, выход тритонов в нерестовые водоемы начинается раньше (в конце апреля), а в

загородной популяции – в начале или в середине мая в зависимости от погодных условий конкретного сезона. Изучение соотношения полов репродуктивного ядра популяций (за период 2010–2015 гг.) показало, что как на урбанизированных, так и на загородных территориях доля самок значимо выше: $\chi^2=5,99$; $p=0,01$; $\nu=1$, что, возможно, связано с повышенной смертностью самцов. Количественное преобладание самок в популяциях стратегически выгодно, так как увеличивает репродуктивный потенциал популяции. Выход взрослых особей на сушу по завершении размножения за пределами городской агломерации происходит в конце июня–начале июля. В селитебной части города, где площадь наземной части местообитаний относительно мала, часть особей задерживается в водоемах до середины августа. Выход личинок из икры в городских водоемах начинается в конце мая, начале–середине июня. В загородных популяциях это происходит позднее – в течение июня. Численность новой генерации на селитебной территории, как правило, невысока. Среди распространенных причин смертности сеголеток городских популяций следует отметить микоинфекции (предположительно *Saprolegnia sp.*), в отдельных случаях приводящие к полной гибели новой генерации.

Глава 5. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *L. VULGARIS* В ГРАДИЕНТЕ УРБАНИЗАЦИИ

Установлено, что в целом самки *L. vulgaris* имеют значимо ($F(1,958)=30,754$, $p<0,00001$) большую длину тела в сравнении с самцами. Также отмечено существенное ($F(3,952)=5,7845$, $p=0,0006$) укрупнение длины тела животных в зоне II на селитебных территориях, что, вероятно, связано с выживаемостью более крупных особей на территориях, подверженных наиболее сильной антропогенной трансформации; увеличение размеров тритонов в природной популяции, по-видимому, обусловлено более низкой локальной плотностью животных. Значимые ($F(1,672)=97,536$, $p<0,00001$) различия в абсолютной длине хвоста самцов и самок также следует связывать с половыми различиями, играющими важное идентификационное значение в период размножения. У самцов также – большая абсолютная длина головы

($F(1,667)=5,1950$, $p=0,02$) при меньшей длине тела. По-видимому, данный признак имеет значение для выбора самок (Gabor, Halliday, 1997) и важен в ходе конкурентной борьбы за самок (Shine, 1979). Разница в относительной длине головы ($L-L.c./L.c.$) половозрелых самцов и самок связана с проявлением половых различий ($F(3,936)=5,1884$, $p=0,001$), тогда как значительное отличие в относительном размере головы у самок из популяций урбанизированных территорий обусловлено увеличением абсолютной длины тела. Большие значения индекса относительной длины хвоста ($L/L.c.d.$) у самок ($F(3, 936)=2,7091$, $p=0,04$) и их увеличение в градиенте урбанизации объясняются большей длиной тела. Иное поверхностно-объемное соотношение дает крупным особям преимущество при обитании в загрязненных водоемах. Сравнение морфометрических показателей сеголеток выявило значимое изменение абсолютной длины хвоста ($F(3,358)=64,675$, $p<0,00001$) в градиенте урбанизации и, соответственно, индекса относительной длины хвоста ($F(3,358)=5,3701$, $p=0,001$). Существенное ($F(3,356)=16,318$, $p<0,000001$) снижение упитанности сеголеток от популяций лесопарковой зоны к зонам мало- и многоэтажной застройки, по-видимому, связано с дополнительными энерготратами на физиологические адаптации к условиям селитебных территорий. Относительно высокий индекс печени в зоне II ($F(3,300)=3,5377$, $p=0,015$) мы связываем с интенсификацией ее барьерной функции под действием поллютантов. Увеличение индекса сердца ($F(3,288)=15,469$, $p<0,000001$) отражает компенсаторную гипертрофию миокарда, развивающуюся в условиях микроэлементного фона урбоценозов (Шкляр, Вершинин, 2002). Морфологическая и морфофизиологическая специфика городских популяций обыкновенного тритона во многом формируется под влиянием геохимических параметров среды, складывающихся на урбанизированных территориях.

Глава 6. СПЕКТР И ЧАСТОТА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

L. VULGARIS В ГРАДИЕНТЕ УРБАНИЗАЦИИ

Установлено, что спектры морфологических аномалий европейской и азиатской частей ареала сходны на 42,8% и имеют 9 общих вариантов. В европейских популяциях отмечено 11 вариантов, не встречающихся в популяциях *L. vulgaris* восточного Урала: депигментация радужины, деформации черепа, альбинизм, меланизм, полимелия, амелия, кожная складка пальцев, утолщение фаланг, брахидактилия, бифуркация хвоста, неотения. В азиатских популяциях встречается 6 вариантов, не описанных в литературных источниках по Европе: цератобранхиалия, грыжи, новообразования, эктромелия, таумелия, олигодактилия. Особого внимания заслуживает цератобранхиалия – аномалия, связанная с частичной ретардацией развития гиобранхиальной системы (Roček, 1996; Reilly, 1987). Причина появления этой аномалии (в зонах III и IV) неизвестна и, вероятно, связана с условиями развития. Различия, отмечаемые между европейскими и азиатскими популяциями, объясняются генетической неоднородностью и дистанцированностью западных популяций в сравнении с восточными (Кузьмин, 2012; Скоринов, Литвинчук, 2013).

Существенные популяционные различия также связаны с климатическими и экологическими особенностями местообитаний в пределах ареала *L. vulgaris*. В исследуемых нами популяциях у взрослых особей выявлены таумелия, полидактилия, олигодактилия, схизодактилия, эктродактилия, эктромелия, брахимелия, новообразования, аномалии осевого скелета, цератобранхиалия, а также пигментные отклонения. Из них наиболее часты эктродактилия, схизодактилия, олигодактилия. У сеголеток *L. vulgaris* отмечены отеки, олигодактилия, эктромелия, аномалии осевого скелета, эктродактилия. Чаще всего у сеголеток встречаются эктродактилия, олигодактилия, схизодактилия. Как частота, так и разнообразие аномалий ниже у сеголеток *L. vulgaris* в сравнении со взрослыми (8 против 15).

Наряду с неизменным уровнем олигомеризованных вариантов автоподий сеголеток и взрослых, отмечен рост частоты полимеризаций (поли- и

схизодактилии) у взрослых особей на городской территории, достигающий значимых величин в зоне III ($p < 0,01$, $\chi^2 = 8,01$), что, по-видимому, связано с аномальной регенерацией при синергизме важных факторов тератогенеза — загрязнения и трематодной инвазии (Gilbert, 2001; Vershinin, Neustroeva, 2011), отмеченной в популяциях тритона в зонах III, IV, K. В градиенте урбанизации увеличиваются число вариантов девиантных форм и их частота, которые характеризуют качество среды местообитаний. При этом оба показателя выше у взрослых животных, что связано с дополнительным накоплением в течение всей жизни вариантов аномальной регенерации, происходящих в условиях загрязнения.

Глава 7. СПЕЦИФИКА ТРОФИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ *L. VULGARIS* В ГРАДИЕНТЕ УРБАНИЗАЦИИ

Анализ содержимого желудочно-кишечного тракта сеголеток выявил в рационе широкий спектр пищевых объектов (12 – 13 таксонов) на урбанизированных территориях. Это может быть связано с плавным переходом сеголеток с питания водными кормами на наземные, обусловленным пространственной ограниченностью наземной части местообитаний. В зоне многоэтажной застройки основу пищевого спектра составляет один таксон – Diptera, что отражает значительную неравномерность потенциального спектра в местообитании данной зоны (с самым высоким индексом доминирования Бергера-Паркера – 0,37 против 0,28 в загородной популяции). Высокой минерализации, в том числе кальцификации, вод местообитаний *L. vulgaris* селитебной части города сопутствует увеличение плотности кальцефильных животных (наземных и водных раковинных моллюсков), что обеспечивает интенсификацию биогенного круговорота ряда химических элементов (Вершинина, 2011). Геохимической особенностью местообитаний зон II и III объясняется на порядок более высокая встречаемость этих кальцефилов в питании сеголеток.

Установлено (Вершинин и др., 2016, в печати), что степень зарастания срединного шва черепа сеголеток обыкновенного тритона коррелирует ($R=0,985$, $p=0,015$) с уровнем минерализации поверхностных вод, в которых протекает развитие *L. vulgaris*.

Сравнительный анализ трофических предпочтений сеголеток других видов амфибий выявил ряд различий. Так, при совместном обитании *L. vulgaris* и *Salamandrella keyserlingii* (в зоне IV) степень перекрывания спектров питания по индексу Мориситы в целом составляет 67%. При этом в зависимости от сезона этот показатель может меняться от 53% в июле до 80,7% в августе для одного и того же местообитания. Сравнение спектров питания сеголеток *L. vulgaris* с совместно обитающими бесхвостыми в зоне многоэтажной застройки – аборигенным *Rana arvalis* и видом-вселенцем *Pelophylax ridibundus* – показало, что в первом случае они перекрываются на 97,8%, а во втором – на 25,3%. Различия в пространственной локализации (наземная – у тритонов и водная у – озерных лягушек), конституционные и поведенческие особенности определяют то, что у *L. vulgaris* в рационе встречается больше Diptera, Mollusca и Collembola, которые отсутствуют у сеголеток озерной лягушки. При этом сходство спектров сеголеток озерной и остромордой лягушек составляет 33%. Сходство наземной локализации сеголеток остромордой лягушки и тритона в условиях пространственно-ограниченного местообитания зоны II при преобладании доли Diptera обуславливает высокую степень перекрывания спектров. В спектрах питания сеголеток *L. vulgaris* из популяций селитебной территории городской агломерации преобладают коллемболы, моллюски и двукрылые, в выборках из популяций лесопарковой зоны и загородной популяции – коллемболы, равнокрылые и клещи. Трофический спектр популяций лесных и лесопарковых местообитаний характеризуется большей долей равнокрылых и червей. Оценка дистанционности состава пищи животных новой генерации с помощью кластерного анализа также хорошо отражает нарастание уникальности пищевых спектров с ростом урбанизации.

Аккумулярующий характер экосистем города обуславливает повышенную эвтрофицированность и минерализацию среды местообитаний, влияющих на структурную специфику сообществ беспозвоночных – потенциальных пищевых объектов обыкновенного тритона. В целом можно заключить, что роль сеголеток обыкновенного тритона в системе биоценологических связей экосистем селитебной части города меняется в сторону интенсификации биогенного круговорота кальция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На восточном склоне Уральских гор обыкновенный тритон широко распространен в различных антропогенных модификациях ландшафтов, где изменение температурного режима, освещенности, уплотнение подстилки, изменения растительных сообществ и микроклимата приводят к резкому сокращению численности и распространения сибирского углозуба, чья ниша близка к *L. vulgaris*. В лесопарковых зонах городов и рекреационных зонах наблюдается неконкурентное замещение углозуба тритоном и рост численности его популяций. Трансформация условий местообитаний на урбанизированных территориях идет таким образом, что до определенной степени антропогенных преобразований складывается благоприятная для популяций обыкновенного тритона обстановка – значения рН (обычно слабокислые в природных водоемах) приближаются к нейтральным или слабощелочным, растут освещенность и прогреваемость водоемов. При умеренной антропогенной модификации естественных сообществ численность репродуктивной части популяций обыкновенного тритона может исчисляться сотнями (до 621 экз.). Благодаря обилию водоемов искусственного происхождения, распространение и численность *L. vulgaris* на восточном склоне Уральских гор довольно высоки. Этому способствуют его экологическая пластичность, относительная устойчивость к антропогенной трансформации местообитаний и скрытый образ жизни.

Адаптация городских популяций обыкновенного тритона к условиям

городской среды выражается в увеличении длины тела тритонов. Укрупнение размеров самок и рост их доли в популяциях обеспечивают повышение репродуктивного потенциала в условиях урбанизации. Одной из проблем городских популяций *L. vulgaris* является фрагментация ареала и сокращение наземных площадей местообитаний, их пространственная изоляция и высокий уровень загрязнения среды. Чувствительность вида к химическому загрязнению и канцерогенам, с одной стороны, делает их индикаторами поллютантов, с другой – способствует увеличению доли отклонений онтогенеза, а также аномальной регенерации, что приводит к эффекту суммирования морфологических девиаций в ходе всей жизни животных. Повышение щелочности среды в селитебной части города ведет к увеличению риска поражения грибковыми заболеваниями. К негативным эффектам урбанизации также следует отнести увеличение индекса сердца за счет компенсаторной гипертрофии миокарда и рост индекса печени в зоне II, как реакции на высокие концентрации поллютантов. Аккумуляция в среде городских местообитаний минеральных веществ, в том числе кальция, приводит к росту доли кальцефильных беспозвоночных и, соответственно, повышению их встречаемости в питании в 10 раз, что усиливает биогенный круговорот веществ, а также приводит к акселерации оссификации скелетных структур (Вершинин и др., в печати). Полученные нами результаты имеют теоретическое значение для развития представлений о роли среды в формировании морфооблика и функциональной специфики популяций, а также обладают практической значимостью для охраны и восстановления исчезнувших популяций, оценки здоровья среды.

ВЫВОДЫ

1. Распространение *L. vulgaris* на урбанизированных территориях определяется рядом абиотических и биотических преферендумов. Так, водная среда характеризуется хорошей прогреваемостью, нейтральным или слабощелочным рН при повышенной минерализации. Положительную роль играет наличие водной растительности и отсутствие хищных рыб.

2. Основными причинами сокращения численности и распространения *L. vulgaris* на урбанизированных территориях являются уничтожение ряда местообитаний в зоне малоэтажной и многоэтажной застройки, значительное усиление уровня загрязнения нерестовых водоемов, а также появление и распространение опасного для обыкновенного тритона вида-вселенца – ротана.
3. В градиенте урбанизации при преобразовании исходных растительных сообществ обыкновенный тритон – более эвритопный и экологически пластичный вид, неконкурентно замещает сибирского углозуба, численность которого сокращается в ходе антропогенной трансформации местообитаний.
4. Количественные оценки обилия обыкновенного тритона на основе числа размножающихся животных показали, что в настоящее время по сравнению с лесопарковой зоной размер популяций в селитебной части города невелик, что связано с уничтожением ряда крупных изолятов в ходе хозяйственно-производственной деятельности.
5. Наряду с выраженными половыми различиями по размерам и пропорциям тела в градиенте урбанизации отмечается значимое увеличение длины тела самок и соответственно ряда пропорций тела.
6. Установлен ряд уникальных для азиатской части ареала *L. vulgaris* вариантов морфологических аномалий. При этом своеобразие спектра девиантных форм в европейской части ареала заметно превышает азиатскую (11 против 6 соответственно).
7. Установлено, что ширина спектра и частоты внешних морфологических отклонений увеличиваются в градиенте урбанизации за счет суммирования аномалий развития и регенерации в условиях загрязнения и антропогенной дестабилизации среды.
8. Эвтрофицированность и высокая минерализация среды местообитаний селитебной части города существенно влияют на состав потенциальных пищевых объектов обыкновенного тритона.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Берзин, Д. Л. Особенности трофологии сеголеток обыкновенного тритона (*Lissotriton vulgaris* L.) на урбанизированных территориях / Д. Л. Берзин, В. Л. Вершинин // Вестник УдГУ. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2016. – Т.26, №2. – С. 114 – 120.
2. Long-term observation of amphibian populations inhabiting urban and forested areas in Yekaterinburg, Russia / V. L. Vershinin, S. D. Vershinina, D. L. Berzin, D. V. Zmeeva, A. V. Kinev // Scientific Data. – 2014. – P. 1–16.

В других научных изданиях:

3. Берзин, Д. Л. Аномалии у сеголеток обыкновенного тритона (*Lissotriton vulgaris* L., 1758) на урбанизированных территориях / Д. Л. Берзин // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: материалы международной школы–конференции. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. – С. 19 – 24.
4. Берзин, Д. Л. Обыкновенный тритон *Lissotriton vulgaris* L., 1758 в экосистемах города: распространение и экологическая специфика / Д. Л. Берзин // Тезисы студенческих научных работ: Направление «Естественные науки»: XVI Областной конкурс студенческих научно–исследовательских работ «Научный Олимп». – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2013. – С. 47– 48.
5. Берзин, Д. Л. Специфика распространения обыкновенного тритона (*Lissotriton vulgaris* L. 1758) на урбанизированных территориях / Д. Л. Берзин // Экология. Генетика. Эволюция: материалы конференции молодых ученых. – Екатеринбург: Голицкий, 2015. – С. 18 – 22.

Подписано в печать 10.10.2016
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс»
Формат 60x84 1/16. Объем 1 авт. л.
Заказ №3641 . Тираж 100 экз.
Отпечатано в типографии «КоПирка»
620144, г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, 98