

Вопросы герпетологии. Материалы Четвертого съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского.

СПб: Русская коллекция, 2011. 336 с.

Сборник содержит материалы докладов и стендовых сообщений, представленных на Четвертом съезде Герпетологического общества им. А. М. Никольского, который состоялся в г. Казань 12—17 октября 2009 г.

Издание предназначено для специалистов-герпетологов, зоологов широкого профиля (экологов, морфологов, систематиков, специалистов в области охраны природы), студентов биологических специализаций и преподавателей биологических факультетов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия сборника:

Н. Б. Ананьева (гл. редактор), Л. Я. Боркин, И. Г. Данилов, И. В. Доронин (секретарь), Е. А. Дунаев, В. И. Ищенко, А. В. Коросов, В. Н. Куранова, Г. А. Лада, С. Н. Литвинчук, Н. Л. Орлов, В. Ф. Орлова, Р. И. Замалетдинов, Б. С. Туниев, Р. Г. Халиков, А. Ю. Целлариус

ISBN 978-5-901440-64-3

© Герпетологическое общество им. А. М. Никольского, 2011

© Зоологический институт Российской академии наук, 2011

Российская академия наук
Герпетологическое общество им. А. М. Никольского
Зоологический институт
Казанский государственный университет

ВОПРОСЫ ГЕРПЕТОЛОГИИ

Материалы Четвертого съезда
Герпетологического общества им. А. М. Никольского

12—17 октября 2009 г.
Казань

Редакционная коллегия сборника:

Н. Б. Ананьева (гл. редактор), Л. Я. Боркин, И. Г. Данилов,
И. В. Доронин (секретарь), Е. А. Дунаев, В. И. Ищенко,
А. В. Коросов, В. Н. Куранова, Г. А. Лада, С. Н. Литвинчук,
Н. Л. Орлов, В. Ф. Орлова, Р. И. Замалетдинов, Б. С. Туниев,
Р. Г. Халиков, А. Ю. Целлариус

Санкт-Петербург
2011

УРБАНИСТИЧЕСКИЙ ГРАДИЕНТ И ЕГО МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ АМФИБИЙ

В. Л. Вершинин

Институт экологии растений и животных Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург

GRADIENT OF URBANIZATION AND IT'S LONG-TERM DYNAMICS AS A BASIS OF AN EFFECTIVE AMPHIBIAN POPULATION CONTROL

V. L. Vershinin

Institute of Plant and Animal Ecology, Russian Academy of Science, Ural Division, Ekaterinburg

The analysis of results of long-term monitoring of amphibian populations on the territory of urban agglomeration were carried out. It is shown, that the condition of environment well reflects presence of urbanization gradient on important for amphibians parameters — water chemistry of spawning ponds, their temperature mode, structure of plant communities. The features of urban environment determine long-term vectorized transformation of communities and populations structure, that gives serious influence on functional specificity of city biota.

Механизм поддержания гомеостатичности популяций и видовых сообществ реализуется в результате канализации вариантов жизненных стратегий разных уровней в конкретных условиях среды. Складывающаяся структура отражает функциональные связи, определяющие динамическое равновесие надорганизменных систем. Изучение структурно-функциональной специфики сообществ реализуется только в ходе продолжительного и комплексного экологического мониторинга.

Мониторинг состояния местообитаний земноводных на территории городской агломерации (г. Екатеринбург) проводится с 1977 года по настоящее время параллельно с комплексными популяционными исследованиями трех видов бесхвостых амфибий: *Rana ridibunda* Pall., *R. arvalis* Nilss., и *R. temporaria* L., населяющих урбанизированные территории, типизированные [1] в соответствии со степенью освоенности их человеком и уровнем загрязнения (II — многоэтажная застройка, III — малоэтажная застройка, IV — лесопарк, K — загородная популяция). Изучали температурный режим, гидрохимию нерестовых водоемов, альгофлору, состояние растительной компоненты, видовой состав и структуру сообществ амфибий трофические связи, определение потребления кислорода личинками озерной лягушки, встречаемость и спектр морфологических девиаций [1].

Контроль за динамикой температурного режима водоемов осуществлялся при каждом посещении мест обитания спиртовым термометром с це-

ной деления 0,5 °С. Для оценки химизма нерестовых водоемов определялась общая минерализация воды, содержание ионов Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , биологическое потребление кислорода (БПК₅), перманганатная окисляемость, содержание нефтепродуктов и экстрагируемых веществ. Автор выражает глубочайшую благодарность сотрудникам Проектно-технологического бюро при Уральском научно-исследовательском институте водного хозяйства, выполнявшим анализы. Определение состава

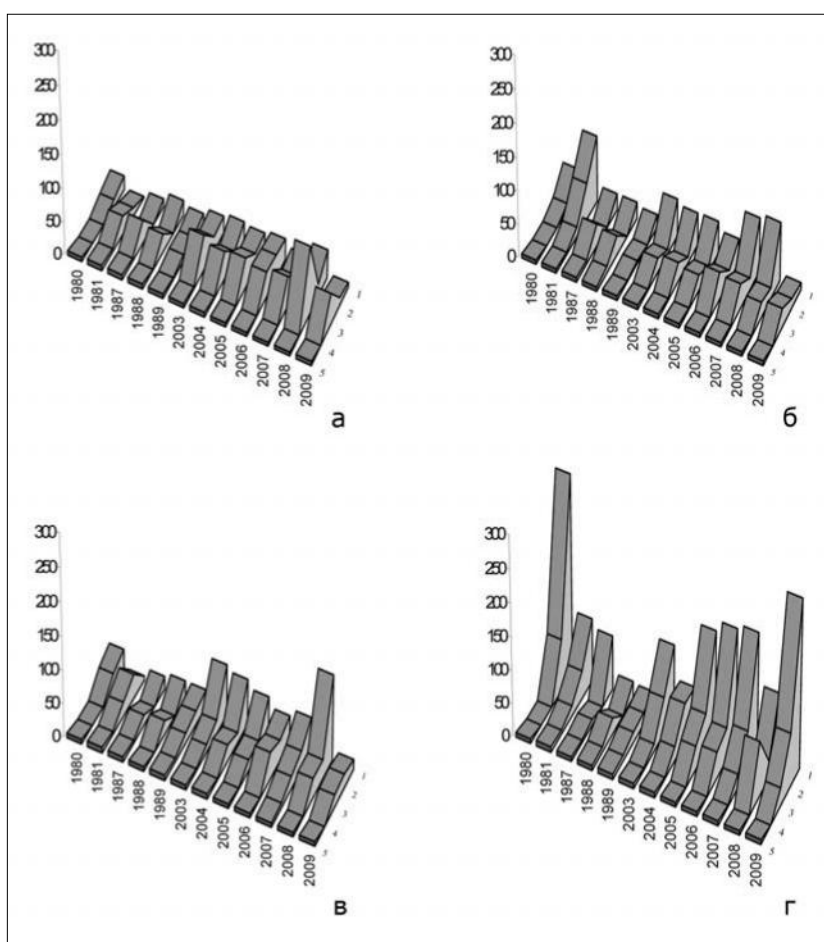


Рис. 1. Многолетняя динамика химизма нерестовых водоемов (а — многоэтажная застройка, б — малоэтажная застройка, в — лесопарк, г — загородная популяция; 1 — сульфаты, мг/л; 2 — хлориды, мг/л; 3 — окисляемость, мг/л; 4 — БПК-5 (биологическое потребление кислорода) мг/л; 5 — рН).

альгофлоры проведено в Уральском научно-исследовательском институте водных биоресурсов и аквакультуры. Описание растительной компоненты выполнено с.н.с., к.б.н. Е. А. Шуровой и С. В. Криницыным (ИЭРиЖ УрО РАН).

Проводились учеты численности почвенных беспозвоночных. При каждом учете отбиралось 6 кернов почвы площадью 0,045 м² и толщиной 0,05 м. Пробы переворачивали, устанавливали в стеклянных воронках под электрическими лампами и беспозвоночных выгоняли в сосуды с 70%-ным раствором этанола. Всего было обработано 89 суммарных проб (534 зерна). Проводилось полярнографическое определение потребления кислорода личинками *R. ridibunda*. Полярнограф — UNIVERSAL POLAROGRAPH TYPE OH.105 (Produced by Radelkis Electrochemical Instruments H1300. Budapest P.O.B. 103/III. Laboreu. I/ Hungary. Budapest).

Установлено, что наряду с сохранением межзональных различий наблюдается усиление градиентной дифференциации химической и растительной компонент (рис. 2 и 3) на фоне различий в температурном режиме (табл. 1).

Изучение кормовой базы сеголеток в начале и в конце метаморфоза показало, что структура сообществ почвенных беспозвоночных в эти периоды в околородных экосистемах лесопарковой зоны и вне урбанизированных территорий обладает большей стабильностью (рис. 5); сколько-нибудь существенные изменения отмечены в 1—2 группах потенциальных пищевых объектов.

В структуре сообществ амфибий урбанизированных территорий наряду с отсутствием лесных видов (*Salmandrella keyserlingii* и *Bufo bufo*) ускорился процесс исчезновения травяной лягушки и заполнение освобождающихся ниш видом-вселенцем — озерной лягушкой. Спектр питания *R. ridibunda* включает беспозвоночных-гидробионтов, не потребляемых аборигенными видами бесхвостых амфибий. Доля водных форм в пищевом спектре сеголеток озерной лягушки варьирует от 0,05 до 22%. В питание взрослых *R. ridibunda* при дефиците других пищевых объектов включаются позвоночные животные (рыба, головастики и сеголетки собственного вида, грызуны и насекомоядные), что существенно меняет структуру трофических связей наземных и водных экосистем.

Таблица 1. Среднемесячные температуры начальных этапов развития амфибий в градиенте урбанизации (суммарно за 1980—2007 гг.).

Зона	t °C	Размах значений	N
II	14.7 ± 0.29 (SE)	4.5—28.5	254
III	13.3 ± 0.28	3.5—27.0	277
IV	11.7 ± 0.28	1.0—28.0	275
K	11.7 ± 0.52	2.0—28.0	156

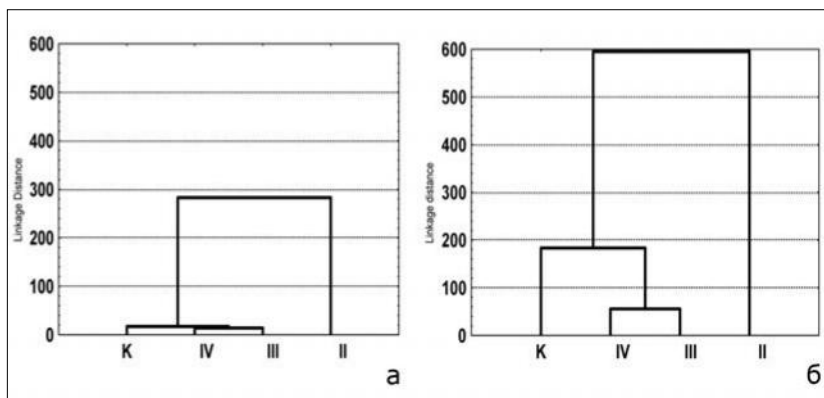


Рис. 2. Зональная дистанцированность нерестовых водоемов по химизму (а — 1980, б — 2007 гг).

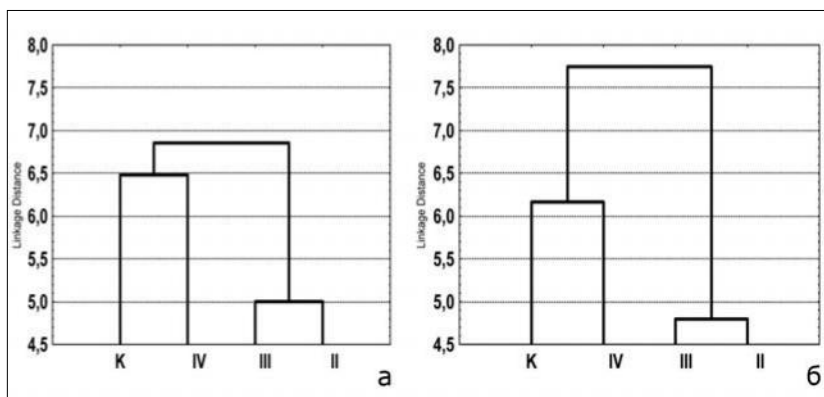


Рис. 3. Зональная дистанцированность местообитаний по составу растительных сообществ (а — 1980, б — 2007 гг).

Наличие сероводорода в воде городских водоемов, связанное с большим количеством органики, вызывает снижение концентраций растворенного кислорода, что приводит к изменению видового разнообразия, численности и биомассы микроскопических водорослей в сторону — β -мезосапробов (75%). Минерализованность и обилие органики в нерестовых водоемах способствуют формированию специфической альгофлоры характерной для эвтрофных соленых вод.

Полярографическое определение потребления кислорода у головастиков озерной лягушки показало значительное ($F = 13.47$; $p < 0.0043$) угнетение дыхания в загрязненной воде городских водоемов (рис. 6), характеризующее явление гипоксии [2].

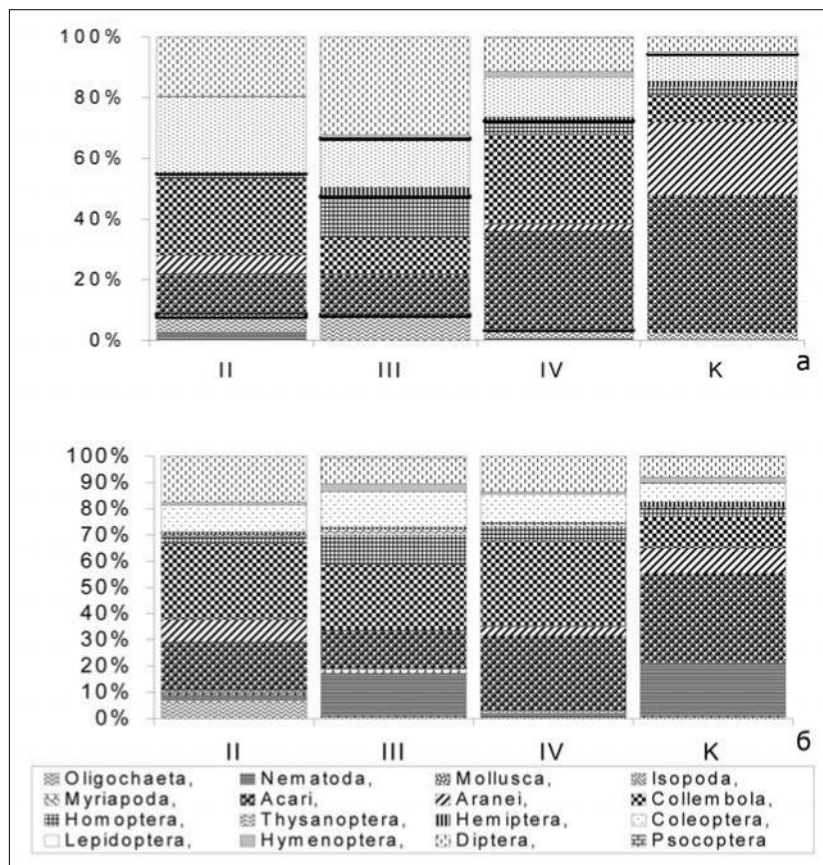


Рис. 4. Соотношение почвенных беспозвоночных в кормовой базе сеголеток *R. arvalis* в начале (а) и в конце (б) метаморфоза.

Урбанизированные территории отличают высокие майские среднемесячные температуры водоемов в зонах много- и малоэтажной застройки ($F = 23.78$; $p < 0.00001$), предел их минимальных значений больше на 2.5—3.5 °C (табл. 1).

Следует отметить, что по температурному режиму (в отличие от градиента загрязнения и трансформации растительной компоненты) за тридцатилетний период наблюдений произошло сглаживание межзональных различий.

Для нормального развития амфибий наиболее важными факторами в водную фазу жизненного цикла являются количество кислорода, растворенного в воде и температурный режим нерестовых водоемов. Скорость роста и

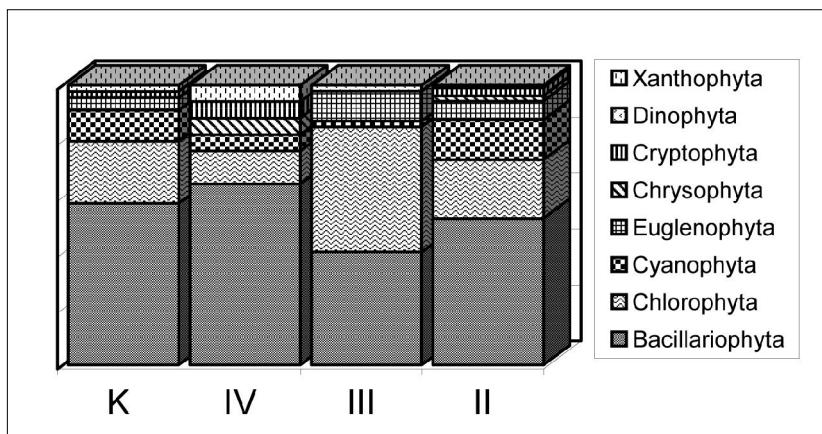


Рис. 5. Соотношение групп микроскопических водорослей в нерестовых водоемах амфибий, находящихся на урбанизированной территории (II—IV) и за городом (K).

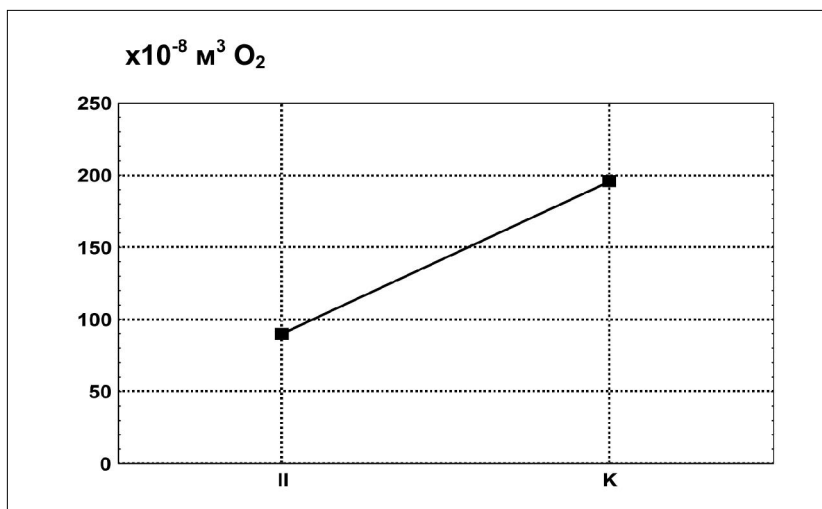


Рис. 6. Потребление кислорода головастиками озерной лягушки (на мг массы), населяющей водоемы, находящиеся на урбанизированной территории (II) и за городом (K).

развития земноводных в значительной степени (рис. 7) определяются температурными условиями [3, 4]. Размножение на урбанизированных территориях начинается раньше, что связано с более ранним прогревом.

Высокая разнородность среды обитания в городской черте, в том числе и температурного режима, приводит к расширению лимитов сроков размножения, в сравнении с загородными популяциями.

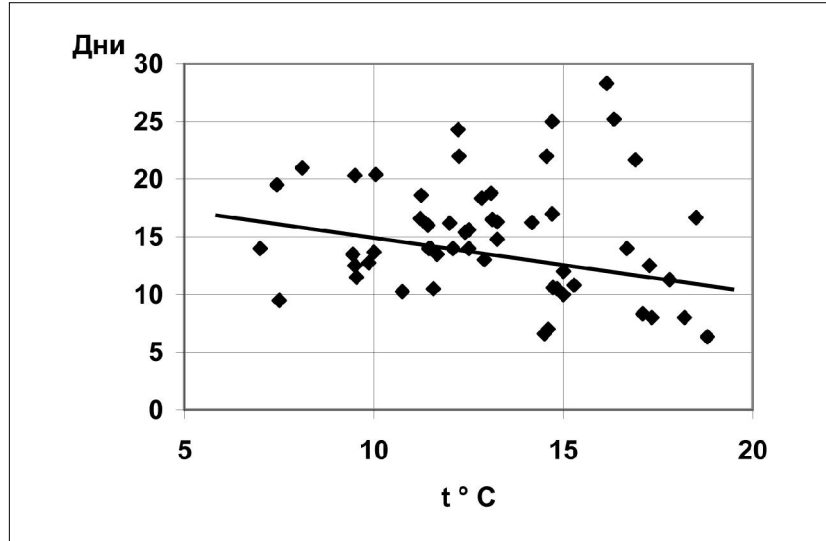


Рис. 7. Зависимость продолжительности эмбриогенеза от температуры.

Длительность эмбрионального развития у *R. arvalis* с ростом урбанизации изменяется в меньших пределах (табл. 2) по сравнению с длительностью личиночного развития, что объясняется большей стабильностью условий на эмбриональной стадии. Значимые различия в продолжительности эмбрионального развития от откладки икры до начала самостоятельного питания выявлены только между зонами III и IV (соответственно 14.0 и 16.6 суток, $p < 0.05$), но отмечается тенденция к сокращению сроков эмбрионального

Таблица 2. Средние сроки (в сутках) основных этапов развития остромордой лягушки.

Зоны	Икрометание lim начала — lim конца	Эмбриогенез lim	Личиночное развитие lim	Общий срок развития
II	5.35 ± 0.6 13.04—10.05 21.04—16.05 n = 55	14.7 ± 0.79 20.04—26.05 n = 51	53.1 ± 2.1 8.06—23.07 n = 35	67.8 ± 2.2 n = 35
III	6.06 ± 0.9 14.04—12.05 24.04—24.05 n = 26	14.0 ± 1.1 24.04—26.05 n = 23	56.4 ± 2.8 3.06—28.08 n = 20	71.2 ± 2.9 n = 20
IV	6.97 ± 0.54 14.04—12.05 24.04—24.05 n = 73	16.6 ± 0.69 3.05—30.05 n = 67	54.7 ± 1.7 14.05—10.08 n = 57	71.4 ± 1.7 n = 57
K	5.18 ± 0.75 13.04—12.05 26.04—14.05 n = 38	16.0 ± 0.92 2.05—28.05 n = 38	51.9 ± 2.3 16.06—20.07 n = 28	67.5 ± 2.5 n = 28

развития в городской черте. Это объясняется иным температурным режимом городских территорий, что обусловлено тепловым загрязнением среды.

Регрессионным анализом обнаружена тенденция к слабой обратно-пропорциональной зависимости (реципрокная модель, $R = 0.30$; $p = 0.027$) между средней длительностью эмбриогенеза и среднемесячными температурами первого месяца развития календарный месяц с момента откладки икры, эмбриональное и начало личиночного развития. Удлинение сроков личиночного развития и общих сроков развития в городских популяциях амфибий может быть связано с ингибирующим действием поллутантов [5]. Значительная неоднородность температурного режима в пределах города ведет к большому разбросу в фенологии всех этапов жизненного цикла, по сравнению с загородными популяциями. Низкая численность животных обуславливает укорочение сроков размножения в каждом конкретном местообитании.

Инсуляризация популяций амфибий под действием урбанизации на мелкие изоляты может существенно менять фенооблик популяций, приводя к расширению спектра девиантных форм. Сравнение взрослых травяных лягушек из ряда природных популяций Урала по степени перекрывания спектров аномалий с помощью индекса Мориситы показало, что большинство природных популяций сходны между собой ($C = 0.88—0.99$), при общей встречаемости 4.7—6.7%. Исключение составила популяция, населяющая геохимическую аномалию на юге Башкортостана ($C = 0.58—0.72$) с суммарной частотой девиаций — 19.4%. Популяция с урбанизированной территории (Екатеринбург), в целом, значительно обособлена от негородских ($C = 0.29—0.14$, при суммарной частоте 6.4% и спектре аномалий из 5 типов (эктродактилия, дефекты глаз, депигментация радужины, необычные цветовые варианты, диссипация меланина). Спектр морфологических отклонений в природных популяциях невелик — 1—3 типа (эктро-, клино-, синдактилия). Дистанционированность городской популяции в данном случае обусловлена не столько частотой, сколько шириной и спецификой спектра девиаций.

Ретроспективный анализ позволил также установить, что, несмотря на высокую скоординированность процессов онтогенеза в популяциях зоны многоэтажной застройки, претерпевших процесс «синурбанизации» [6], в последние годы стало отмечаться такое явление, как массовые морфологические аномалии. Так, у сеголеток *R. arvalis* генерации 2003 года отмечалась

Таблица 3. Средние температуры периода эмбрионального развития амфибий в градиенте урбанизации.

Зона	t °C	N
II	15.6 ± 0.4	143
III	14.3 ± 0.5	93
IV	11.1 ± 0.3	200
K	12.4 ± 0.5	85

сочетанная [7], аномалия (нарушение пигментации кожных покровов, отсутствие век, деформация височного пятна) с частотой 30.8% (n = 39). У сеголеток *R. ridibunda* в 2005 г. отмечалась незакрытая оперкулярная камера в 26.7% случаев (n = 56). Одновременно, в популяциях *R. arvalis* и *R. ridibunda* на урбанизированных территориях отмечены специфические признаки патологии печени [8, 9], не встречавшиеся ранее (с 1977 по 2002 гг.) и свидетельствующие о принципиальных качественных изменениях состояния среды. Многолетняя динамика доли эозинофилов в крови сеголеток *R. arvalis* свидетельствует о низком уровне паразитарных инвазий в популяциях селитебной части города.

На урбанизированных территориях существует устойчивый геохимический, температурный и хронологический градиент, которым определяется длительное векторизованное изменение структуры популяций, сообществ, а также соотношения основных функциональных блоков. Отмечаемые изменения функциональных связей могут существенно влиять на средообразующую деятельность биоты. Постоянный долгосрочный мониторинг необходим для эффективного сохранения биоразнообразия, поскольку эффективная природоохранная политика может проводиться только при условии получения надежной информации на основе комплексного исследования антропогенно трансформированных сообществ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-Урал, проект №10-04-96084, программы развития ведущих научных школ (НШ-1022.2008.4) и научно-образовательных центров (контракт 02.740.11.0279).

1. *Вершинин В. Л.* Распределение и видовой состав амфибий городской черты Свердловска // Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск, 1980. С. 5—6.
2. *Тестов Б. В.* Влияние радиоактивного загрязнения на популяции мышевидных грызунов. Автореф... дис. д-ра биол. наук. Пермь, 1993. 48 с.
3. *Doms H.* Über den einfluss der temperatur auf wachstum und differenzierung der organe während der entwicklung von *Rana esculenta* // Arch. Mikr. Anatom. 1916. Bd. 87. S. 60.
4. *Douglas R.* Temperature and rate of development of the eggs of British Anura // Journ. Anim. Ecology. 1948. V. 17, №2. P. 189—192.
5. *Baker J. M., Waights V.* The effects of nitrate on tadpoles of the tree frog (*Litoria caerulea*) // Herpetol. J. 1994. V. 4. №3. P. 106—108.
6. *Andrzejewski R., Babinska-Werka J., Gliwicz J., Goszczynski J.* Synurbization processes in population of *Apodemus agrarius*. I. Characteristics of populations in an urbanization gradient // Acta Theriologica. 1978. V. 23. P. 341—358.
7. *Dubois A.* Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana «esculenta»* complex (Amphibia, Anura) // Mitt. zool. Mus. Berlin. 1979. V.55. P. 59—87.
8. *Калашиникова М. М.* Ультраструктура клеток печени рыб и амфибий при катаболизме погибающих эритроцитов // Бюл. эксперим. биол. и мед. 2000. 129, №1. С. 117—120.

9. Акуленко Н. М. Гистологические изменения в печени зеленых лягушек *Rana esculenta* complex (Amphibia) антропогенных ландшафтов // Научные ведомости. 2005. Сер. экология. №1 (21). Вып. 3. С. 76—78.