

На правах рукописи

Максимов Сергей Вячеславович

**БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ СРЕД ОБИТАНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕМНОВОДНЫХ РОДА *RANA*
В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ
(НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Специальность 03.02.08 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Брянск 2010

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского» на кафедре экологии и рационального природопользования.

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор Любимов Валерий Борисович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор Гашев Сергей Николаевич

доктор биологических наук, профессор Зайцева Елена Владимировна

Ведущая организация: ГОУ ВПО Орловский государственный университет

Защита диссертации состоится «4» февраля 2011 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.020.03 при Брянском государственном университете имени академика И. Г. Петровского по адресу: 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14. Информационный центр БГУ (общежитие № 4).
Тел.(4832) 66 68 34 Факс: (4832) 66 65 53
E-mail: bryanskgu@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского

Автореферат разослан «22» декабря 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Величкин Э. М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**РАБОТЫ**

Актуальность исследования. В соответствии с программой интегрированного мониторинга (ИМ) окружающей среды (1990), международной «Конвенцией о биологическом разнообразии» (1992) и российскими программами, Национальной стратегией сохранения биоразнообразия России (2001), программой фундаментальных исследований президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов» актуальными являются исследования по выявлению качественного и количественного состава элементов биоразнообразия для организации их комплексной охраны и возможного использования в прикладных целях, особенно биоиндикации и мониторинге. Земноводные представляют большой интерес для их использования в качестве биоиндикаторов состояния антропогенно-нарушенных экосистем, что определяется их широким распространением, способностью заселять нарушенные местообитания (Лебединский, 1984; Вершинин, 1997; Пескова, 2002, 2004).

Однако важную роль в биомониторинге играют либо отдельные виды-индикаторы (Мисюра, 1989; Никашин, 2007; Спирина, 2007 и др.), применение которых имеет некоторые ограничения, либо исследователями рассматривается лишь небольшой спектр эколого-биологических особенностей амфибий как средств биоиндикации (Петров, Шарыгин, 1981; Лебединский, Балаболин, 1997; Лебединский, Поморина, 2008; Файзулин, 2008; Спирина, 2009 и др.). До настоящего времени земноводные не выступали объектом регионального биомониторинга, имеются лишь отдельные сведения о их фаунистических и экологических особенностях (Ляпков, 2005; Коцержинская, 2008). Поэтому анализ комплекса популяционных характеристик, биотопической приуроченности фоновых видов на территориях с различной антропогенной нагрузкой представляет особый интерес в условиях Брянской области. Данной проблеме посвящена настоящая работа, которая выполнялась в соответствии с плановой научно-исследовательской тематикой кафедры экологии и рационального природопользования «Природные и антропогенные экосистемы Брянщины, их состояние и пути восстановления».

Объекты исследования – комплекс средневропейских зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex) и бурые лягушки рода *Rana* в условиях Брянской области.

Цель исследования – изучить популяционно-видовые характеристики в комплексе средневропейских зеленых и бурых лягушек для выявления информативных биоиндикационных признаков сочетанного антропогенного влияния на биотопы наземных и водных экосистем в условиях Брянской области.

Задачи исследования:

- оценить эффективность биоиндикационных методик относительно земноводных в условиях Брянской области;
- изучить морфометрические признаки, поло-возрастную, фенетическую структуру популяций земноводных;
- оценить показатели стабильности развития популяций земноводных в различных по антропогенной нагрузке биотопах;
- установить степень биологического накопления группы тяжелых металлов амфибиями;

- исследовать закономерности биотопического распределения земноводных в целях биоиндикации;
- выявить наиболее информативные и показательные популяционно-видовые признаки земноводных в целях мониторинга и биоиндикации.

Исследования проводились в период с 2006 по 2010 гг. на территории Брянской области

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1 Морфометрические, поло-возрастные, и фенетические популяционные признаки земноводных являются средством биоиндикации.
- 2 Зависимость показателей стабильности развития земноводных от степени антропогенной нагрузки.
- 3 Нарушение популяционной структуры земноводных как следствие антропогенного преобразования биотопов.
- 4 Степень биологического накопления тяжелых металлов различными видами земноводных зависит от их биотопического распределения.
- 5 Комплексное использование популяционно-экологических характеристик *Rana esculenta* complex и бурых лягушек рода *Rana* – основа биодиагностических и биомониторинговых исследований качества сред обитания.

Научная новизна. Обобщены сведения о популяционно-видовых характеристиках комплекса средневропейских зеленых и бурых лягушек, с уточнением их биотопической приуроченности; построены биоиндикационные карты для Брянской области; установлена возможность определения степени рекреационной нагрузки в лесных ценозах на основе возрастной структуры популяций *R. arvalis*; выявлена возможность осуществления фонового мониторинга в районе объекта хранения химического оружия с применением земноводных; предложена комплексная тест-система для диагностики качества сред обитания, включающая фенетические, поло-возрастные, фенологические особенности, а также показатели стабильности развития популяций амфибий.

Практическая значимость и научная ценность. Эколого-морфологические признаки и адаптации комплекса средневропейских зеленых и бурых лягушек представляют собой основу биомониторинга наземных и водных экосистем. Работа содержит дополнения к новому изданию региональной Красной книги. В условиях антропогенной трансформации биотопов наиболее информативны комплексные показатели стабильности развития, фенетические и половозрастные характеристики популяций земноводных, которые рекомендованы для целей биодиагностики специалистам Росприроднадзора. В результате исследований разработаны основы системы биоиндикации состояния сред обитания в староосвоенном регионе с использованием земноводных. Результаты исследований используются при проведении курсов лекционных и практических занятий в БГУ по общей экологии, экологии животных, биоиндикации, экосистемному биоразнообразию, а также в средних школах и лицеях Брянской области.

Личный вклад автора. Автором самостоятельно разработана программа и определены методы исследований, проведено фаунистическое и биоиндикационное обследование водных и наземных экосистем района исследования. Осуществлена обработка и анализ материалов, обоснованы теоретические положения

диссертационной работы, выводы и рекомендации. Статьи, научные доклады подготовлены самостоятельно и в соавторстве.

Апробация работы. Результаты исследования докладывались на Международных научно-практических конференциях: «Вклад ученых и специалистов в национальную экономику» (Брянск, 2006), «Здоровье среды и биосферы» (Пенза 2006 г.), «Вклад ученых и специалистов в национальную экономику», посвященной 140-летию со дня рождения М. М. Орлова (Брянск, 2008 г.), и «Экологическая безопасность региона» (Брянск, 2010 г.), Всероссийских конференциях – «Социально-экологические проблемы малого города» (Балашов, 9-10 октября 2008 г.), региональных конференциях: «Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья» (Балашов, 2007 г.).

Достоверность исследований обеспечена достаточным объемом собранного в результате многолетних исследований экспериментального материала с применением современных методов. Весь материал обработан методом математической статистики, с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2003, Statistica 6.0.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 2 работы в журналах, рекомендованных Перечнем ... ВАК РФ.

Структура и объем работы. Общий объем работы составляет 341 страницу компьютерного текста и включает общую характеристику работы, 4 главы, выводы, библиографический список и 9 приложений. Основной текст диссертации изложен на 222 страницах, приложения – на 119 страницах. Список используемых литературных источников насчитывает 305 наименований, в том числе 18 – на иностранных языках. Текст иллюстрируют 84 таблицы и 16 рисунков.

1 ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ

Приведен обзор литературы по проблеме изучения амфибий и их применению для биодиагностических исследований состояния сред обитания. Глава содержит информацию о многогранности подходов к биоиндикации качества окружающей среды в системах экологического мониторинга и критериев оценки состояния среды в системе регионального мониторинга (Шварц, 1972; Биоиндикация загрязнений ..., 1988; Покаржевский, 1993; Криволицкий, 1994; Экологический мониторинг ..., 1995 и др.).

Проанализированы этапы становления биоиндикации и использование в качестве объектов биомониторинга земноводных. Показано, что интерес представляют работы по изучению видового состава земноводных и выявление фоновых видов, а также о влиянии экологических факторов на организмы в различных стадиях метаморфоза (Шварц, 1948; Барабаш, 1939; Банников, 1955; Базанова, Дьяков, 1975; Белимов, Седалищев, 1977; Горюва, Джандаров, 1986; Ляпков, 1992, 1995, 1996, 1997; Guseva, Okulova, 1998, Романова, Индирякова, Спирина, 2006, 2009 и др.), об использовании амфибий в диагностике качества среды жизни в городах (Петров, Шарыгин, 1981; Басарукин, 1984; Пястолова, Вершинин, 1984; Пескова, 2001, 2004; Спирина, 2007 и др.); рассматривались вопросы о влиянии антропогенных факторов на развитие отдельных особей видов, антропотолерантных к сложившимся условиям искусственных экосистем (Куранова, 1978; Гоголева, 1987; Кузьмин, Мещерский, 1989; Жукова, Кубанцев,

Пескова, 1990; Кутенков, 1990 и др.); анализировались данные о биоиндикации на дем- и эйдэкологическом уровне, т.к. популяционно-видовая структура земноводных хорошо выражена (Ищенко, Молов, 1979; Иванова, Пастухова, 1995; Kuzmin, 1994; Вершинин, 1997; Мониторинг биоты..., 1997; Никашин, 2001, 2007; Пескова, 2001, 2004, Лебединский, Поморина, 2008; Файзуллин и др, 2010; Зайнутдинов, 2010 и др.). На третьем этапе развития биоиндикации качество среды оценивалось по интегральной характеристике её состояния, т.е. всего комплекса воздействий факторов в их взаимодействии, взаимовлиянии и суммарном влиянии на природные объекты с использованием земноводных (Захаров и др., 2000). Т.о. земноводных, их группировки используют в комплексной оценке состояния среды для диагностики общего изменения компонентов сред и влияния антропогенных факторов, что определяет перспективность изучения характеристики амфибий для биодиагностики на региональном уровне. Анализ фактического материала позволяет сделать заключение о целесообразности проведения исследований по изучению популяционно-видовой характеристики земноводных территории Брянской области.

Дан анализ основных батрахофаунистических исследований в Брянской области (Браунер, 1906; Кесслера, 1895; Никольский, 1899, 1905, 1918; Меландер и др., 1935; Федосов, Никитин, 1951; Лавров, 1983; Лозов и др., 1997; Петроченко, 1997; Косенко, 2000; Ляпков, 2003, 2004, 2006; Коцержинская, 2006, 2008). Отмечено, что батрахофауна крупного региона, расположенного в центре Юго-Западного Нечерноземья России, не была объектом специальных биоиндикационных работ.

2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

В разделе приведено географическое положение, физико-географические, климатические, гидрологические условия района исследования, а также растительность. Водотоки исследуемого района относятся к бассейну Днепра (99%). Постоянных водотоков – 2868, общей протяженностью 11615 км. Среди них крупных и средних рек 6 – Десна, Ипуть, Беседь, Снов, Болва, Судость, малых рек – 283. Озера района исследования по происхождению озерных котловин относятся к пойменным, карстовым и ледниковым. Зональная растительность представлена широколиственно-еловыми, широколиственными лесами. В состав зонально-азональной растительности входят сосновые, ольховые леса, пойменные ивняки, болота, пойменные и суходольные луга, участков аazonальной растительности – остепненные луга и северных луговых степей (Ахромеев, 2001; Шевченков, 2001).

3 ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕМ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования осуществлялись фаунистическими, лабораторно-химическими и статистическими методами. Объект исследования – комплекс средневропейских зеленых лягушек (*Rana esculenta* complex), представленный озерной лягушкой (*R. ridibunda* Pallas, 1771), прудовой лягушкой (*R. lessonae* Camerano, 1882), и бурые лягушки рода *Rana*: остромордая лягушка (*R. arvalis* Nilsson, 1842) и травяная лягушка (*R. temporaria* Linnaeus, 1758). Материал работы собран в 2006-2010 гг. в

пределах бассейна Десны, Ипути, на реках, озерах и прудах, а наземных экосистемах – лесных, луговых, болотных Брянской области.

Видовая принадлежность земноводных устанавливалась по определителям П.В. Терентьева, А.С. Чернова (Терентьев, Чернов, 1949), А. Г. Банникова и др. (Банников, 1977), Н.А. Ананьевой и др. (Ананьева, 1998), С.Л. Кузьмина (Кузьмин, 1999), Е.М. Писанца (Писанец, 2007).

Использовались рекомендуемые фаунистические подходы к изучению земноводных (Даревский, 1987; Гаранин, Даревский, 1987; Гаранин, Панченко, 1987; Измерение и мониторинг ..., 2003; Методы исследований ..., 2003).

Количественная оценка распространения видов дана согласно результатам маршрутного учета особей в пересчете на 100 м (Новиков, 1953). Качественную оценку биотопической приуроченности земноводных давали согласно комбинированной методике (Ручин и др., 2009). Исследования проводили в естественных ландшафтах и в урбанизированных селитебных территориях, а также сельских селитебных ландшафтах. При качественной оценке выделялись условные градации численности: встречается единично (вид представлен в водоеме всего 1-3 особями); немногочислен (особи вида изредка попадают в водоеме); обычен (особи вида регулярно встречаются в водоеме); многочислен (в поле зрения наблюдателя постоянно находятся хотя бы несколько особей данного вида одновременно). Распределение видов лягушек в различных биотопах оценивали с использованием условной шкалы из шести баллов: 0 – вид не встречается в указанном типе биотопов; 1 – вид встречается единичными особями в менее чем 50% от всех исследованных пунктов, в остальных не встречается; 2 – вид немногочислен в менее чем 50% от всех исследованных пунктов, встречается единичными экземплярами в большинстве исследованных пунктов; 3 – вид обычен в менее чем 50% от всех исследованных пунктов, немногочислен в большинстве исследованных пунктов; 4 – вид многочислен в менее чем 50% от всех исследованных пунктов, обычен в большинстве исследованных пунктов; 5 – вид многочислен в большинстве исследованных пунктов.

Изучение линейных размеров проводилось путем прижизненного анализа по общепринятой методике (Терентьев, Чернов, 1940; Терентьев, 1950; Банников, 1977) с дополнениями С.В. Таращука (1989). Измерения проводились с помощью штангенциркуля с точностью до 0,5 мм. При расчете морфометрических индексов и описании морфометрических параметров особей выборки применялись следующие обозначения: L – длина тела, L.c – длина головы, T – длина голени, F – длина бедра, L.o. – длина глаза (глазной щели), L.tym. – длина барабанной перепонки, Lt.c – ширина головы. Sp.ip. – промежуток между веками, Lt.p. – ширина века, D.r-o. – расстояние от глаза до конца морды, Sp.in. – промежуток между ноздрями, D.n-o. – расстояние от ноздри до переднего края глаза, L.c.s. – длина предплюсны, D.h. – длина I го пальца задней лапки, L.m. – длина кисти.

Ранжирование по классам возраста проводилось на основе линейных (морфометрических) признаков: зависимости длины тела от возраста, принимавшейся по работам С.Л. Кузьмина (Кузьмин 1999), С.М. Ляпкина, В.Г. Черданцева, Е.М.Черданцевой (Ляпков, Черданцев, Черданцева, 2007-2009), Е.М. Писанца (Писанец, 2007). Пол отловленных особей определялся прижизненно с учетом по наличию характерных для самцов брачных мозолей (Кузьмин, 1999).

Половая структура популяций оценивалась по соотношению самцов и самок в популяции (Яблоков, 1987).

Определение биологического накопления тяжелых металлов земноводными проводилось в пробах по «Методике выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/04», с использованием прибора «Спектроскан Макс». ПДК и ОДК химических веществ определялись по ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06.

Для характеристики фенетики популяций использовались половозрелые особи земноводных. Оценивалась частота встречаемости морф окраски дорсальной и вентральной поверхности тела по стандартной методике (Ищенко, 1978; Лебединский и др., 1989). Учитывались фенотипы: по дорсальной части туловища – *striata* (S); *non-striata* (non-St); *maculata* (M); *hemimaculata* (hm); *punctata* (P); *hemipunctata* (Hp); *burnsi* (B), *rugoza* (R), по вентральной части туловища – *albicollis* (AC), *nigricollis* (NC), *albiventris* (AV), *nigriventris* (NV). В фенотипе одной особи можно наблюдать сразу несколько фенов, которые разнообразно сочетаются, поэтому производилось полное фенетическое описание каждой особи по всей совокупности имеющихся у нее фенов.

За земноводными проводили фенологические наблюдения, регистрировали следующие моменты в жизни *R. temporaria* и *R. arvalis*: первые встречи особей, массовый выход с момента зимовок, начало икрометания, появление молодых особей, последние встречи особей перед уходом на зимовку. Для сравнительной характеристики фенологических признаков использовали рукописные данные выпускных квалификационных работ студентов БГУ.

Уровень стабильности развития оценивался с помощью морфологического метода, как наиболее простого и доступного для широкого использования (Захаров, 1987; Баранов и др., Chubinishvili, 1997; 1998; Чубинишвили, Баранов, 1998; Захаров и др., 2000). Методика утверждена Государственной службой охраны окружающей природной среды (Росэкология) МПР РФ от 16.10.2003 № 460-р.).

Анализ результатов исследований для морфометрических признаков и индексов, фенетических признаков, концентрации тяжелых металлов осуществлен статистическими методами с использованием пакета MS Excel 2003 (Зайцев, 1973, 1984, 1990; Плохинский, 1978; Лакин, 1990; Пузаченко, 2004). При обработке полученной информации применялись следующие статистические показатели: одномерный анализ вариационных рядов (средние величины признака и их ошибки ($M \pm m$), точности опыта (p , %)) (Зайцев 1973, 1984, 1990; Плохинский, 1978; Лакин, 1990). Достоверность оценивали по Стьюденту (t) с учетом двух доверительных уровней ($P=95$, 99%).

Для анализа биотопического распределения земноводных учитывали степень трансформации ландшафтов, характер воздействия естественных факторов, интенсивность урбанизации различных частей ландшафта. На территории городских и сельских поселений выделили три основные зоны: мало урбанизированную, средне урбанизированную, наиболее интенсивно урбанизированная зона.

При анализе экологической структуры популяций и морфометрических признаков все местообитания и биотопы земноводных разделяли также на три группы по степени сочетанного антропогенного влияния. За основу выделения

участков с разным уровнем антропогенного воздействия были взяты данные по гидрохимическим показателям водоемов на основании материалов ведущих природоохранных организаций, данные о состоянии окружающей среды по государственным «Докладам о состоянии окружающей природной среды Брянской области» (2005-2009), а также собственные исследования: 1 группа: фоновые биотопы с незначительным антропогенным влиянием. 2 группа: территории со средним сочетанным антропогенным влиянием. 3 группа: биотопы, испытывающие высокую сочетанную антропогенную нагрузку.

Степень рекреационной нагрузки в сообществах устанавливалась на основе оценочных параметров предложенных ранее (Карписонова, 1967; Казанская и др., 1977; Полякова, Малышева, 1981). Для оценки влияния рекреации нами выбраны три наиболее четко различимые стадии: I, III, V.

Объем собранного материала для анализа: общее число изученных особей 1160, фенетический полиморфизм проанализирован у 268 особей, половая структура – 650 особей, возрастная – 510, морфометрические признаки у 475 особей, стабильность развития – у 570 особей, рентгенофлуоресцентному анализу подвергнуто 35 особей. Общее число обследованных водоемов – 34.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Морфометрические показатели и индексы видов комплекса зеленых и бурых лягушек исследуемой территории

Особи каждого из 4-х видов земноводных морфометрически однородны. Основные показатели морфометрии видов указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Основные морфометрические индексы для земноводных

Индексы	<i>R. arvalis</i>	<i>R. temporaria</i>	<i>R. ridibunda</i>	<i>R. lessonae</i>
L./L.c.	4,01 (♀ – 4,14; ♂ – 3,89)	4,25 (♀ – 4,19; ♂ – 4,32)	3,53 (♀ – 3,53; ♂ – 3,52)	3,32 (♀ – 3,41; ♂ – 3,20)
L./T.	2,35 (♀ – 2,44; ♂ – 2,25)	2,24 (♀ – 2,23; ♂ – 2,26)	2,74 (♀ – 2,77; ♂ – 2,71)	2,68 (♀ – 2,72; ♂ – 2,64)
F./T.	0,93 (♀ – 0,94; ♂ – 0,92);	0,93 (♀ – 0,93; ♂ – 0,93)	1,04 (♀ – 1,04; ♂ – 1,034)	1,06 (♀ – 1,03; ♂ – 1,04)
L.c/Lt.c	0,97 (♀ – 0,96; ♂ – 0,97)	0,88 (♀ – 0,85; ♂ – 0,914)	0,96 (♀ – 0,96; ♂ – 0,96)	0,99 (♀ – 0,98; ♂ – 1,01)
L.o./L.tym.	1,19 (♀ – 1,02; ♂ – 1,37)	1,42 (♀ – 1,45; ♂ – 1,39)	1,10 (♀ – 1,02; ♂ – 1,19)	1,27 (♀ – 1,23; ♂ – 1,32)
Sp.ip./ Lt.p.	2,43 (♀ – 2,39; ♂ – 2,47)	2,85 (♀ – 2,87; ♂ – 2,83)	1,10 (♀ – 1,02; ♂ – 1,19)	2,799 (♀ – 2,85; ♂ – 2,73)

По группам основных индексов достоверных различий для каждого из видов в зависимости от сочетанной антропогенной нагрузки не выявлено. Однако в ряде случаев значения морфометрических индексов различаются статистически достоверно ($P=95\%$): например для самок *R. arvalis* первой и второй зоны по индексу L.o./L.tym различается, для самок *R. ridibunda*, обитающих в экотопах первой и третьей зон, по индексу Sp.ip./ Lt.p для самцов *R. temporaria* первой и второй зон также по индексу Sp.ip./ Lt.p., по показателям индекса L/L.c для особей обоего пола у *R. temporaria* и *R. lessonae* первой и третьей зон биотопов. Вероятно, эти различия в меньшей степени обусловлены антропогенной нагрузкой, в большей

определяются естественными факторами, т.е. условиями жизни амфибий: наличием укрытий, хищниками, характером и качеством пищи ($F < F_{05}$).

Основные статистические показатели указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Статистические показатели, характеризующие значения наиболее значимых морфометрических признаков у представителей рода *Rana*

	$M \pm m$	σ	σ^2	t	P	C_v
<i>R. temporaria</i>						
L	5,18±0,12	1,05	1,09	44,29	2,26	20,19
L.c	1,32±0,04	0,38	0,14	31,06	3,22	28,80
Lt.c.	1,43±0,04	0,39	0,15	32,96	3,03	27,14
F	2,09±0,05	0,48	0,23	39,17	2,55	22,84
T	2,24±0,06	0,52	0,27	38,67	2,59	23,13
D.h.	0,44±0,02	0,19	0,04	20,57	4,86	43,47
L.c.s.	1,05±0,04	0,34	0,11	28,05	3,57	31,89
<i>R. ridibunda</i>						
L	6,79±0,17	1,48	2,20	40,94	2,44	21,85
L.c	1,90±0,05	0,41	0,17	41,64	2,40	21,48
Lt.c.	1,92±0,05	0,43	0,19	39,66	2,52	22,55
F	2,57±0,06	0,57	0,32	40,28	2,48	22,20
T	2,43±0,06	0,54	0,29	40,01	2,499	22,36
D.h.	0,78±0,04	0,31	0,098	22,33	4,48	40,06
L.c.s.	1,34±0,03	0,29	0,08	41,62	2,40	21,49
<i>R. arvalis</i>						
L	4,93±0,10	0,896	0,80	49,20	2,03	18,18
L.c	1,38±0,04	0,39	0,14	32,84	3,04	27,23
Lt.c.	1,42±0,04	0,36	0,13	35,50	2,82	25,19
F	2,11±0,06	0,54	0,29	35,16	2,84	25,44
T	2,25±0,06	0,52	0,27	39,13	2,56	22,86
D.h.	0,43±0,01	0,13	0,02	29,92	3,34	29,89
L.c.s.	1,08±0,03	0,24	0,06	40,86	2,45	21,89
<i>R. lessonae</i>						
L	6,07±0,22	1,72	2,97	26,59	3,76	28,39
L.c	1,93±0,06	0,488	0,24	29,84	3,35	25,30
Lt.c.	1,91±0,06	0,43	0,19	33,21	3,01	22,73
F	2,36±0,08	0,61	0,37	29,24	3,42	25,81
T	2,37±0,09	0,66	0,43	27,31	3,66	27,65
D.h.	0,73±0,03	0,21	0,043	26,72	3,74	28,26
L.c.s.	1,18±0,04	0,27	0,07	33,29	3,00	22,67

Поэтому отдельные морфометрические признаки, а также морфометрические индексы не рекомендуется использовать как биодиагностические и биоиндикационные признаки.

По морфометрическим индексам наблюдаются отличия для выборок амфибий крайних географических точек Брянской области. В выборках *R. lessonae* достоверны различия по индексу L/T для выборок юга и запада области, запада и востока области; по индексу Sp.ip./ Lt.p. – для южной и западной выборок. Т.о. наибольший размах значений выявлен для всех 4 видов земноводных по индексам L/T и Sp.ip./ Lt.p. Для *R. arvalis* достоверных различий в морфометрических индексах не наблюдается. У *R. ridibunda* статистически достоверны различия по

индексу $L.o./L.tum.$ у особей северной и южной выборок, по индексу $Sp.ip./Lt.p.$ – у особей северной и южной, северной и западной выборок. Для особей *R. temporaria* статистически достоверны ($t_{п} > t_{т}$) различия в индексах L/T и F/T у особей выборки западной части области и остальных выборок, в индексе $Sp.ip./Lt.p.$ – у особей северной и южной, западной и восточной выборок, северной и восточной, южной и восточной выборках.

4.2 Асимметрия признаков земноводных в индикации состояния биотопов сред обитания

Для биотопов фоновых (эталонных) территорий индекс асимметрии изменяется от 0,25 (минимальное значение для *R. lessonae*) до 0,50 (максимальное значение для *R. temporaria*). В целом среднее значение индексов для трех видов земноводных указывают на неизменное состояние среды (I балл) обитания земноводных (рис. 1).

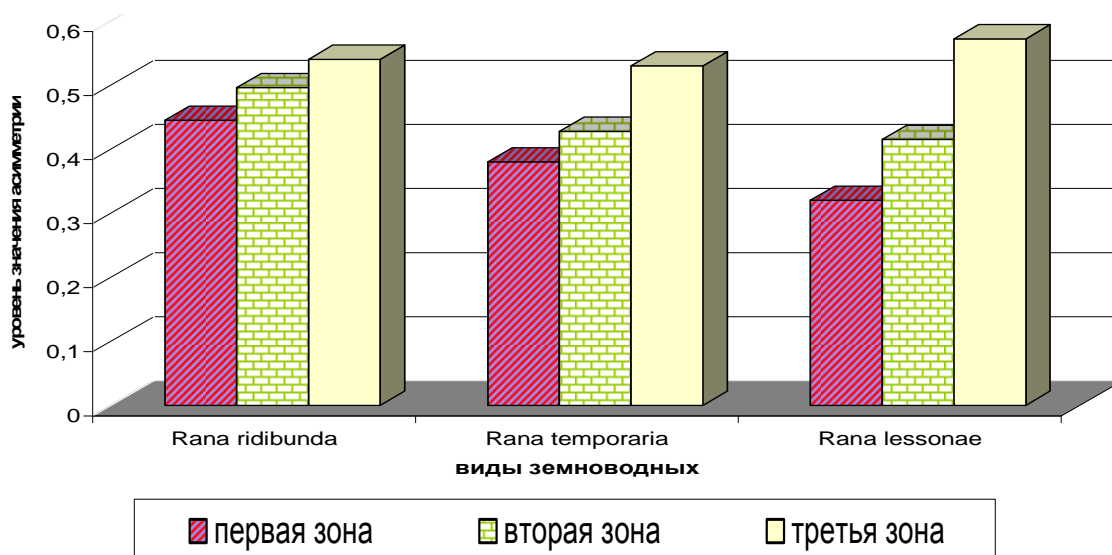


Рисунок 1 – Средние значения показателей флюктуирующей асимметрии у трех видов рода *Rana*

Наименьший показатель индекса асимметрии для биотопов экосистем, подвергающихся среднему антропогенному воздействию, составляет 0,26 (для *R. ridibunda*), наибольший – 0,65 (также для *R. ridibunda*, IV балла). Однако в целом средние значения показателя асимметрии для трех видов амфибий (рис.1) говорят о неизменном состоянии среды обитания (значения показателей – от 0,42 до 0,49).

Минимальное значение индекса асимметрии в выборках земноводных на территориях при значительном сочетанном антропогенном воздействии – 0,46 (для *R. ridibunda*, I балл), максимальный – 0,63 (для *R. lessonae*, IV балла). Для трех видов амфибий средние значения показателя асимметрии также указывают на изменение в состоянии наземно-воздушной и водной сред обитания (рис.1)

Средние значения индекса асимметрии для *R. lessonae* и *R. temporaria* достоверно различаются для выборок этого вида земноводных в различных по сочетанному антропогенному воздействию зонах ($t_{п} > t_{т}$). Для *R. ridibunda* средние значения индекса асимметрии различны для биотопов, но эти отличия статистически недостоверны ($t_{п} < t_{т}$). Наибольший размах в значениях индексов асимметрии зарегистрирован для *R. lessonae* и *R. ridibunda*.

4.3 Поло-возрастная структура популяций лягушек как биоиндикационный показатель

Возрастной состав определялся для особей *R. arvalis* в биотопах, различающихся по степени рекреационной (и сочетанной антропогенной) нагрузки. Данные представлены на рисунках 2 и 3.

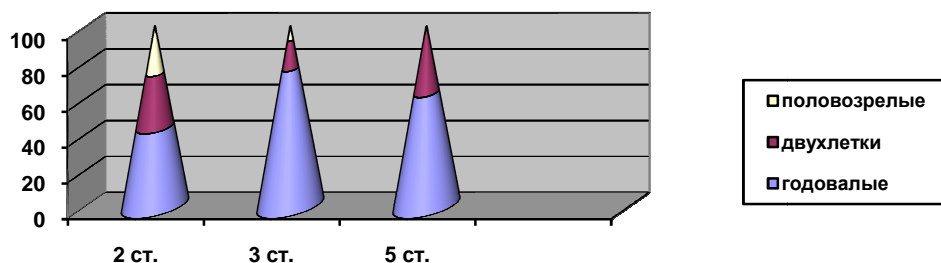


Рисунок 2 – Возрастные пирамиды *R. arvalis* в липняке снытевом в зависимости от стадии рекреационной дигрессии

(2 ст – II стадия рекреационной дигрессии, 3 ст – III стадия рекреационной дигрессии, 5 ст – V стадия рекреационной дигрессии)

На III и V стадия рекреационной дигрессии представлены тип возрастной пирамиды «широкое основание – узкая вершина», соответствующий растущим популяциям. На I и II стадия рекреационной дигрессии популяция *R. arvalis* стабильная и представлена возрастной пирамидой «относительно широкое основание – относительно узкая вершина».

В фоновых условиях популяции также стабильные. Сравнение соотношения половозрелых (репродуктивного возраста) и неполовозрелых (дорепродуктивного возраста) особей вида (рис. 3) показало различия в возрастной структуре популяций.

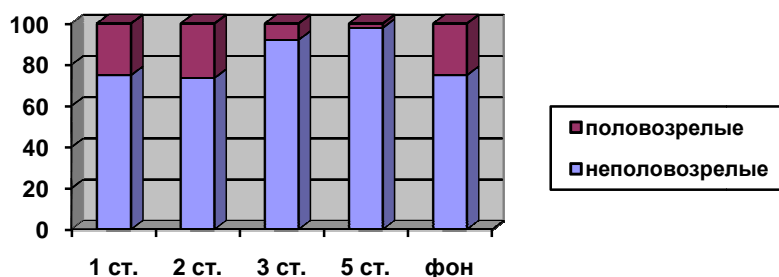


Рисунок 3 – Соотношение половозрелых и неполовозрелых особей *R. arvalis* в зависимости от стадии рекреационной дигрессии

(1 ст – I стадия рекреационной дигрессии, 2 ст – II стадия рекреационной дигрессии, 3 ст – III стадия рекреационной дигрессии, 5 ст – V стадия рекреационной дигрессии, фон – фоновые условия)

В фитоценозах I и II стадий рекреационной дигрессии, а также в фоновых условиях процент размножающихся особей высок – 25-26 % от общего числа исследованных в биотопе особей. В фитоценозах III и V стадий рекреационной дигрессии их число снижается (до 2 %). Помимо антропогенных (внешних стрессовых факторов) на возрастную структуру популяций амфибий немаловажное влияние оказывают и внутренние факторы – тип фитоценоза и соответственно

совокупность условий микроклимата в нем, а также число экологических ниш, которые используют земноводные для проживания и размножения.

Значит можно диагностировать стадии рекреационной дигрессии (сочетанного антропогенного влияния) лесных экосистем, используя соотношение особей репродуктивного и дорепродуктивного возрастов. В менее нарушенных лесных сообществах число половозрелых особей достоверно возрастает. Также в фоновых условиях однотипных по микроусловиям сообществ тип возрастной пирамиды амфибий соответствует стабильной популяции. Однако необходимо учитывать и влияние внутренних условий биотопа в сообществе на возрастную структуру популяций остромордой лягушки помимо прямого антропогенного воздействия.

Возрастная структура популяций земноводных тесно связана с половой. Отношение самцов и самок в биотопах различных по антропогенному влиянию территорий представлено в таблицах 3-5.

Таблица 3 – Соотношение полов в локальных популяциях амфибий в биотопах фоновых территорий

Вид	Общее число особей	Число самцов (% ♂)	Число самок (% ♀)	Соотношение ♂ / ♀
<i>R. temporaria</i>	66	50 (75,76)	16 (24,24)	3 : 1
<i>R. arvalis</i>	74	59 (79,73)	15 (20,27)	4 : 1
<i>R. ridibunda</i>	50	40 (80,0)	10 (20,0)	4 : 1
<i>R. lessonae</i>	24	11 (45,83)	13 (54,17)	1 : 1,1

В биотопах эталонных (фоновых) территорий соотношение самок и самцов различается: с преобладанием в популяции самцов у *R. arvalis* и *R. ridibunda* (4:1), у *R. temporaria* – (3:1). В популяции *R. lessonae* соотношение самцов и самок равно, что говорит о стабильности репродуктивного потенциала популяции.

Таблица 4 – Соотношение полов в локальных популяциях амфибий в биотопах территорий среднего антропогенного влияния

Вид	Общее число особей	Число самцов (% ♂)	Число самок (%)	Соотношение ♂ / ♀
<i>R. temporaria</i>	110	61 (55,45)	49 (44,55)	1,2 : 1,0
<i>R. arvalis</i>	57	32 (56,14)	25 (43,86)	1,2 : 1,0
<i>R. ridibunda</i>	136	71 (52,20)	65 (47,79)	1,13 : 1,0
<i>R. lessonae</i>	45	21 (46,67)	24 (53,33)	1,0 : 1,0

Таблица 5 – Соотношение полов в локальных популяциях амфибий в биотопах территорий значительного антропогенного воздействия

Вид	Общее число особей	Число самцов (% ♂)	Число самок (% ♀)	Соотношение ♂ / ♀
<i>R. temporaria</i>	21	14 (66,67)	7 (33,33)	2,0 : 1,0
<i>R. ridibunda</i>	58	29 (50,0)	29 (50,0)	1,0 : 1,0
<i>R. lessonae</i>	24	9 (37,50)	15 (62,50)	1,0 : 1,5

В биотопах со средним и значительным антропогенным влиянием доминирование в выборках самцов сглаживается: соотношение особей по полу 1 : 1 наблюдается в локальных популяциях *R. ridibunda* и *R. lessonae* (1 : 1,5).

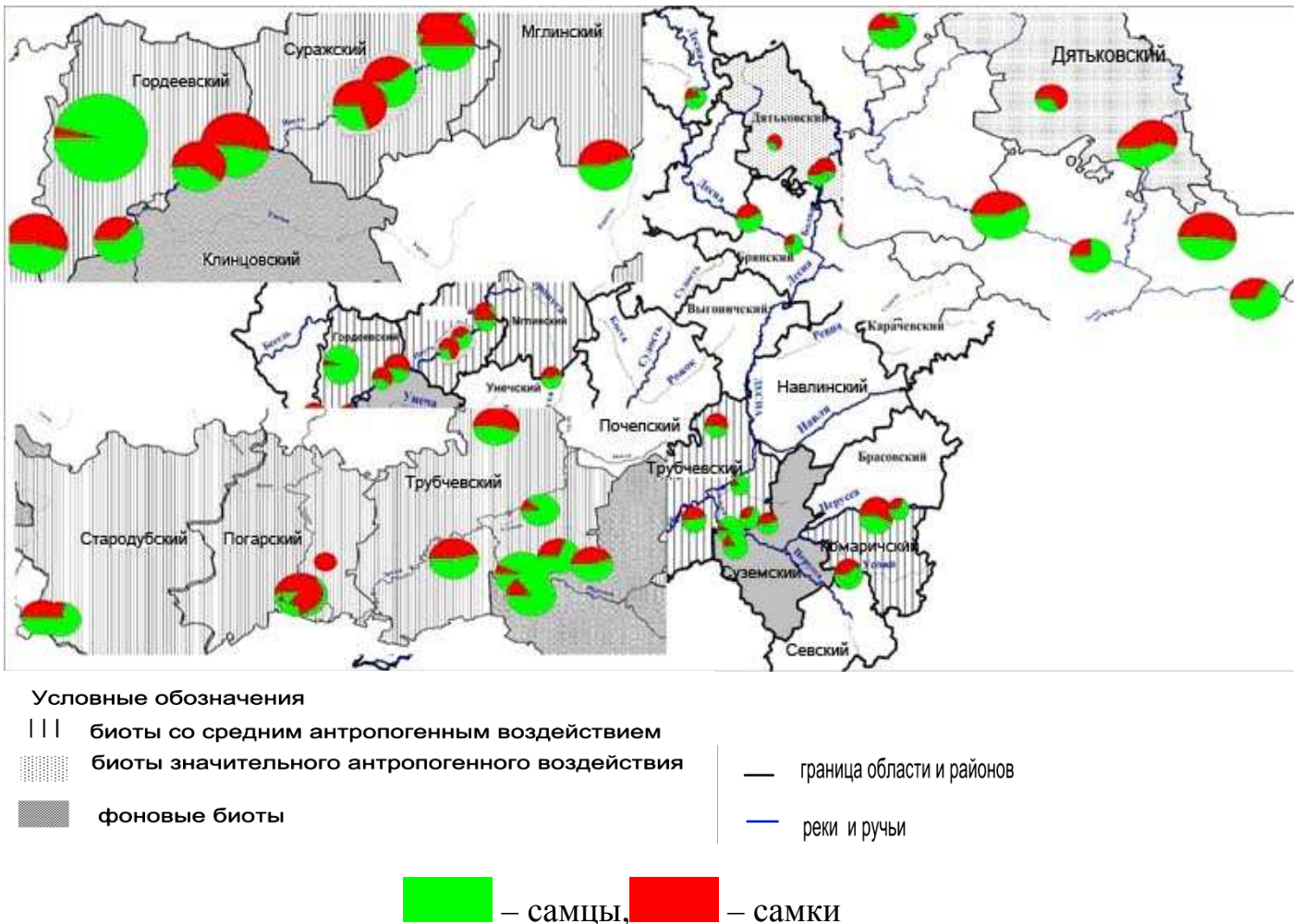


Рисунок 4 – Карта-схема половой структуры популяций земноводных

Нерезкое преобладание самцов наблюдалось в популяциях остальных видов – соотношение примерно 1,2 : 1. В обследованных популяциях *R. temporaria* лягушек на территории значительного сочетанного антропогенного воздействия преобладают самцы: 2 : 1. Различия по полу в локальных популяциях *R. temporaria*, *R. arvalis* и *R. ridibunda* в биотопах с незначительным и средним антропогенным влиянием различается статистически достоверно ($t_{пр} > t_r$).

Считают, что уменьшение доли самок в популяции – неблагоприятный фактор, снижающий репродуктивный потенциал популяции и приводящий к обеднению генетической структуры (Большаков, Кубанцев, 1984). Анализ демографической структуры популяций *R. ridibunda*, *R. temporaria*, и *R. arvalis* в биотопах фоновой структуры и слабого сочетанного антропогенного влияния подтвердил, что самки имеют здесь более высокую смертность, за счет чего отношение полов в репродуктивной части популяции смещается в сторону увеличения доли самцов. Антропогенная трансформация местообитаний *R. ridibunda* не вызывает нарушения половой структуры популяции (или смещает соотношение особей по полу незначительно). Преобладание в популяции *R. lessonae* в сильно видоизмененных сочетанной антропогенной деятельностью биотопах самок – вероятно, это результат гибели значительной части самцов до наступления половозрелости. Напротив, преобладание самцов в других популяциях вызвано повышенной смертностью самок в репродуктивном возрасте.

Таким образом, половой состав разных возрастных групп в популяции может использоваться в биоиндикации.

4.4 Фенетическое разнообразие амфибий и диагностика качественного состояния среды обитания

Фенетическое разнообразие популяций амфибий позволяет проводить опосредованный анализ генетической структуры популяций. Ниже приведена фенетическая характеристика обследованных локальных популяций (*Rana esculenta* complex) по биотопам с различной степенью сочетанного антропогенного воздействия (табл. 6).

Таблица 6 – Фенетическое разнообразие признаков *R. lessonae* и *R. ridibunda* в выборках биотопов с различной степенью сочетанной антропогенной нагрузкой

Фены*	Процент особей с определенными фенами		
	I зона	II зона	III зона
St	26,69	55,08	18,22
Non-St	28,12	56,25	15,62
AC+AV	22,44	47,95	29,59
NC+NV	26,58	62,65	10,75
M	24	56	20
hm	33,78	55,75	22,97
P	11,9	64,28	11,9
B	52,38	38	9,8
R	40	40	20
NC+AV	30	45	25
AC+NV	66,66	–	33,34
Общее число особей	102	84	82

Особь формы *Burnsi* зарегистрированы в большем числе в выборках биотопов с незначительной антропогенной нагрузкой, особи с феном *Rugoza* в равном соотношении – в биотопах всех территорий. Увеличение доли морфы *Burnsi* на фоновых территориях указаны в литературе (Ушаков, Образцов, 2000).

Лягушек с феном AC+NV не обнаружено во второй зоне сочетанного антропогенного воздействия. Формы *Striata*, *Non-Striata*, *Maculata*, *hemimaculata*, *Punctata*, AC+AV преобладают (со значительным процентным соотношением) у особей биотопов со средним сочетанным антропогенным влиянием. Для биотопов изученной территории присутствуют особи с «перекомбинированными» фенами – с чистым горлом и темным брюхом и с темным горлом и светлым брюхом. О существовании подобных фенов не указана информация ни в одном литературном источнике по фенетической изменчивости земноводных. Значит, эти фенетические признаки могут считаться проявлением наследственной изменчивости в конкретных условиях местообитаний биотопов изученной территории.

Наибольшее число особей с феном *Non-Striata* выявлено в биотопах среднего антропогенного влияния (56,25 %), значительное число – на фоновых территориях (28, 12%).

Особей формы *Striata* более всего в биотопах со средним (56,25 %) и фоновым состоянием территории (26,69 %), наименьшее число особей *Striata* – в биотопах значительного антропогенного воздействия. Этот фенетический признак мы не рекомендуем использовать для биотестирования состояния среды обитания в условиях Брянской области. Карта-схема фенетических данных популяций отражена на рисунке 5.

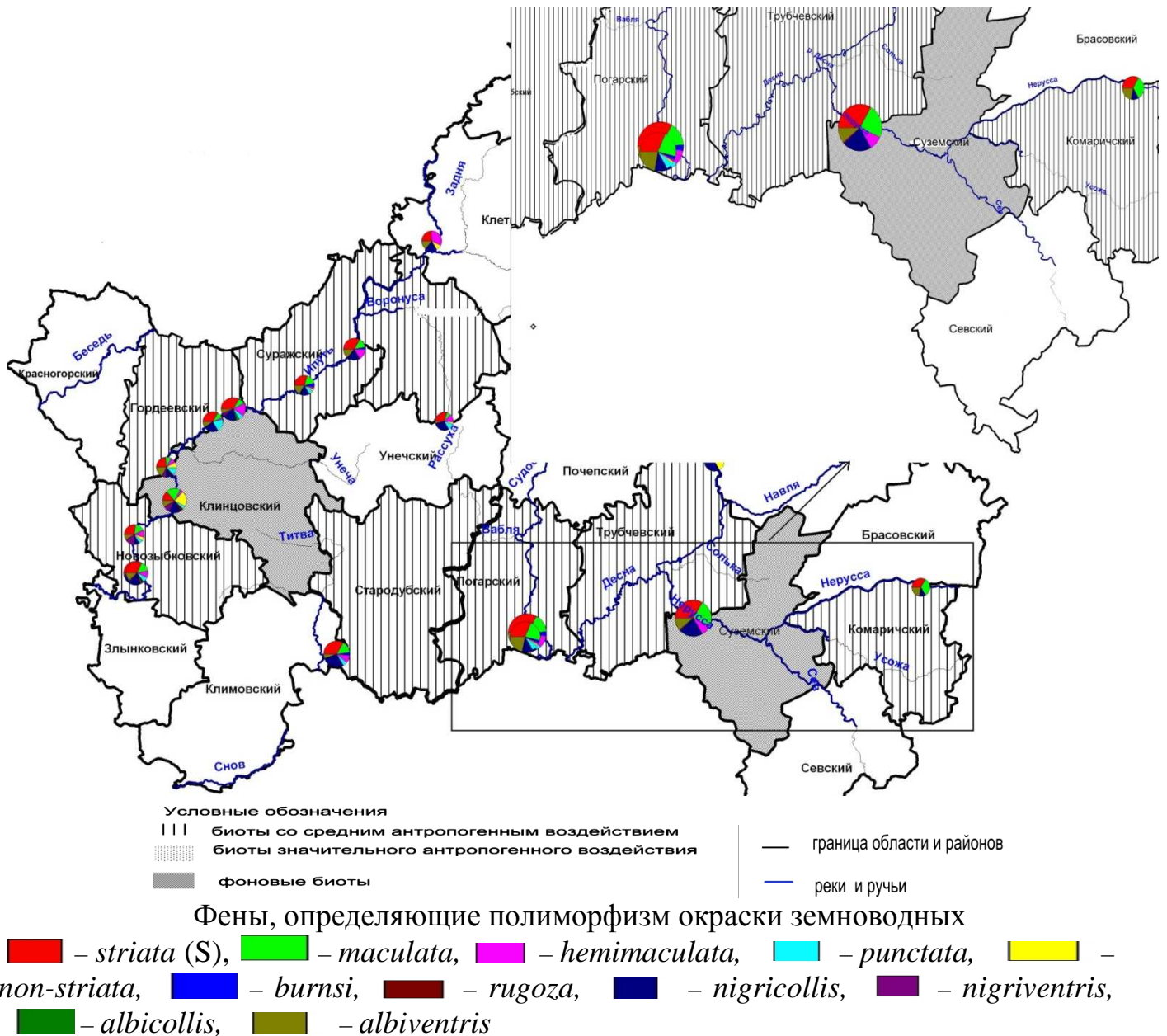


Рисунок 5 – Карта-схема фенетического полиморфизма локальных популяций земноводных

Статистически достоверно ($t_{пр} > t_{т}$) отличаются в процентном отношении число особей первой и второй зон по всем фенам, кроме R, NC+AV и AC+NV. Число (и процентное соотношение) лягушек с фенами Non-Striata, NC+NV и B достоверно отличаются в выборках первой и третьей зон биотопов ($t_{пр} > t_{т}$). Установлено, что, несмотря на имеющуюся разницу в частоте встречаемости в пределах отдельной зоны в разные годы, для большинства морф тенденции между зонами сходны. Описываемая в литературе картина увеличения частоты встречаемости морфы *Striata* по мере усиления антропогенной нагрузки (Вершинин, 1990, 1997; Пескова,

2001) не наблюдалась. Этот факт связывают со спецификой физиологии, характерной для особей данной морфы (Ищенко, 1978), а также с биотопической приуроченностью к водоемам с пологими берегами и обильной воздушно-водной растительностью (Ганеев, 1981).

Наиболее показательна – частота морф *Punctata* и *Maculata*. Прослеживается четкая тенденция роста частоты морфы *Punctata* от фоновых биотопов ко второй зоне параллельно с ростом частоты морфы *Maculata*. Подобная закономерность отмечается в литературе на примере бурых лягушек (Лебединский, 1984). Итак, в условиях урбанизированных территорий наблюдается изменение полиморфных признаков в популяциях, причем направленность этого изменения может быть различной в зависимости от типа антропогенного воздействия.

4.5 Фенология *R. temporaria* и *R. arvalis* в пределах г. Брянска

Сравнительная фенология репродуктивного периода земноводных прослежена на двух видах: *R. arvalis* и *R. temporaria* в черте г. Брянска. Исследования показали, что амфибии выходят из анабиоза в начале марта – начале апреля при повышении дневной температуры атмосферы свыше $+5^{\circ}\text{C}$ и воды – $+4-5^{\circ}\text{C}$. За все годы наблюдений самая ранняя первая встреча *R. temporaria* зарегистрирована 11 марта (2000 и 2009 гг.), наиболее поздняя – 18 апреля (1995 г.). От первой встречи до начала размножения у *R. temporaria* проходит от 2 дней до 11 – в среднем 6,5 дней. Период икрометания длится от 15 до 25 суток в зависимости от температуры воздуха. От начала спаривания у *R. temporaria* до появления личинок в водоемах проходит от 26-29 до 37 (39) дней (2010 г.). Формирование эмбрионов напрямую зависит от температуры воды. В среднем эмбриональное развитие для *R. temporaria* длится от 8 до 14 суток. Период, в который можно встретить спаривающихся *R. temporaria*, их кладки в водоемах, в черте города более длительный по сравнению с естественной средой (Банников, Денисова, 1969).

Для *R. arvalis* зимовка завершается при температуре воздуха $+4^{\circ}\text{C}$, эмбриогенез длится от 4 до 10 суток. От первой встречи до начала размножения у *R. arvalis* проходит от 8 дней до 20 – в среднем 14 дней. Самая ранняя дата начала спаривания зарегистрирована 14 апреля (2000 и 2008 гг.), поздняя – 3 мая (1998 г.) и 7 мая (2007 г.). Период икрометания длится от 5 до 10 суток в зависимости от температуры воздуха. От начала спаривания у *R. arvalis* до появления личинок в водоемах проходит от 6-9 суток до 27 дней (1994 г.). Сравнение фенодат для земноводных, обитающих в естественной и урбанизированной среде, показало что, первые встречи земноводных, начало размножения и появления личинок в различные годы регистрировались в более ранние сроки, в среднем на 2-10 дней в естественных биотопах.

Комплекс условий и механизмы репродуктивной изоляции обеспечивают совместное существование близкородственных видов амфибий в одних биотопах. Обитание в условиях симбиотопии проявляется в фенологических различиях: особи *R. temporaria* на урбанизированных территориях появляются раньше, чем *R. arvalis*, у них ранее наблюдается выход головастиков. Эмбриогенез *R. temporaria* в среднем длиннее, чем для *R. arvalis*, размножаются особи при температурах воды и воздуха ниже, чем *R. arvalis*. Период спаривания и икрометания у *R. temporaria* длиннее (25 дней), чем у *R. arvalis*. Различны предпочтения в местах нереста: *R.*

temporaria откладывает икру в основном в мелководных участках старицы – с глубины 0,08-0,10 м, *R. arvalis* – предпочитает более глубокие участки – с глубины от 0,15 (0,35) м. *R. arvalis* при спаривании образует скопления на мелководных заросших водными растениями участках, *R. temporaria* откладывает икру в воду, которая в дальнейшем покрывается плейстофитной растительностью и использует для размножения водоёмы различного размера и происхождения.

4.6 Биотопическое распределение земноводных как биоиндикационный признак

Биотопическое распределение земноводных отражает гетерогенность местообитаний, а также степень антропогенной трансформации экологических факторов, необходимых для существования животных. Качественный анализ биотопического распространения амфибий указан в таблице 7.

Таблица 7 – Качественная оценка распространения преимущественно наземных форм земноводных в основных биотопах

Урбанизированные ландшафты и степень антропогенной нарушенности	Городские ландшафты		Сельские ландшафты	
	ТЛ	ОсЛ	ТЛ	ОсЛ
Мало урбанизированная зона				
Лесопарки	5	3	0	0
Урочища	5	3	0	0
Лесные массивы	0	0	5	4
Луга	0	0	5	3
Водоёмы	0	0	0	0
Водотоки	0	0	0	0
Родники	0	0	0	0
Интенсивно урбанизированная зона				
Сады	4	2	0	0
Приусадебные участки малоэтажной застройки	3	1	0	0
Скверы и небольшие городские парки	3	1	0	0
Пашня	0	0	1	0
Участки для содержания животных	0	0	2	1
Лесополосы	0	0	3	1
Сельская селитебная застройка	0	0	3	0
Наиболее интенсивно урбанизированная зона				
Зона многоэтажной застройки	3	1	0	0
Сельская селитебная застройка	0	0	2	1
Родники на селитебной сельской зоне	0	0	0	0
Частные приусадебные участки	0	0	2	1

Примечание. ТЛ – *R. temporaria*, ОсЛ – *R. arvalis*

R. arvalis характерна для мало урбанизированной зоны, *R. temporaria* приурочена в основном к лиственным лесам, которые наиболее распространены в большей части лесопарковой зоны Брянска. Во второй интенсивно урбанизированной зоне среди наземных форм амфибий доминирует *R. temporaria*. Всего в этой зоне зарегистрировано 7 видов земноводных, исключая *R. ridibunda*. Даже мелкие водоёмы, расположенные в сельских ландшафтах, населяет *R. lessonae*,

встречается и в глубоких лужах, которое долгое время не пересыхают. В третьей зоне наиболее интенсивной урбанизации обнаружены *Rana temporaria*.

Биотопическое распространение водных форм земноводных и личинок *P. fuscus* приведены в таблице 8. Сопоставление данных по биотопическому распределению двух видов зеленых лягушек и других земноводных показывает различие у видов предпочитаемых биотопов, что необходимо учитывать при организации системы биомониторинга. Доминирует по степени освоения биотопов *R. ridibunda* (25 баллов) и *Bombina bombina* (18 баллов). *R. ridibunda* чаще всего попадает в самых различных водоемах естественного и антропогенного происхождения. *R. lessonae* также встречается здесь, но в отличие от *R. ridibunda* ее численность всегда ниже (в сумме 15 баллов). *R. lessonae* обладает меньшей экологической валентностью по отношению к местообитаниям как в антропогенных, так и естественных ландшафтах. *R. lessonae* иногда встречается по берегам крупных рек и их затонам. *R. ridibunda* в основном обитает в естественных урочищах по руслам и заливам рек и в пойменных водоемах, достигая высокой численности (5 и 4 баллов на биотоп). В антропогенно измененных ландшафтах *R. ridibunda* доминирует по освоенным биотопам, предпочитая пруды (численность оценена в 4 балла). *R. lessonae* избегает канав у обочин дорог. Среди водоемов антропогенного происхождения, несомненно, лидируют пруды и карьеры, где обитают лягушки.

Таблица 8 – Качественная оценка распространения водных форм земноводных в основных биотопах

Виды биотопов в водных объектах	Виды земноводных		
	<i>R. ridibunda</i>	<i>R. lessonae</i>	<i>Bombina bombina</i>
Естественные			
Берега рек	5	1	0
Затоны рек	4	2	0
Озера	2	4	1
Болота	2	2	2
Родники и их русла	1	2	2
Искусственные			
Копани	1	1	3
Пруды	4	3	0
Канавы у обочин дорог	2	0	4
Карьеры	2	2	2
Колеи дорог	2	1	4
Всего баллов	25	18	18

4.7 Анализ состояния земноводных в районе объекта хранения и химического оружия (ОХХО)

9 видов земноводных, отмеченные в Брянской области, встречаются в исследуемом районе ОХХО. Их биотопическое распределение, количественная оценка встречаемости соответствует данным, полученным на территории Брянской области. Общая диагностическая карта распределения земноводных в районе ОХХО показана на рисунке 6. Во время существования ОХХО заметных влияний на фауну земноводных не наблюдалось. Однако при введении в строй объекта по

утилизации химического оружия (ОУХО) будут наблюдаться изменения в структуре фауны. Влияние ОУХО на земноводных скажется в изменении среды обитания из-за проведения строительных работ (перемещение грунта, уничтожение естественной растительности, изменение увлажненности), усиления прямого воздействия человека, интенсивной работы транспорта и строительной техники (в зоне прогнозного воздействия объекта УХО).

Химическое загрязнение не скажется существенно на этих животных из-за сравнительно небольшого количества выбросов, их распределения на значительной территории и мобильности самих животных.

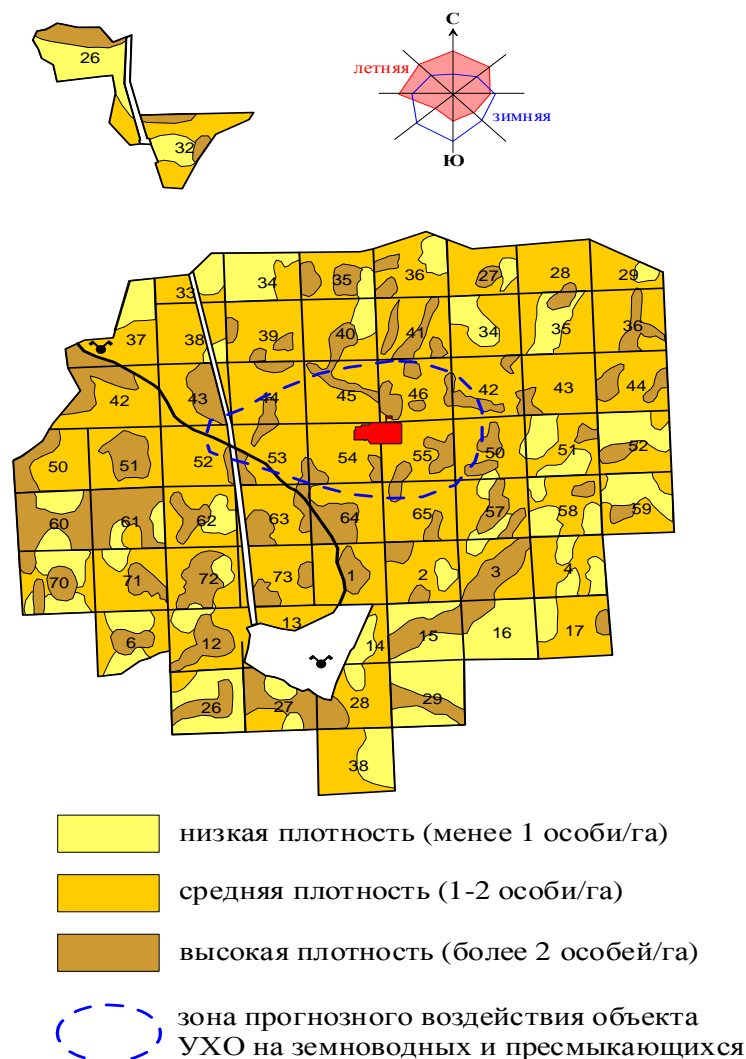


Рисунок 6 – Прогнозная зона воздействия ОУХО на земноводных

4.8 Содержание тяжелых металлов в тканях земноводных – биоиндикационный признак

Валовое содержание 12 элементов группы тяжелых металлов изучалось во внутренних органах, скелете и мышцах *R. lessonae* и *R. arvalis* в трех группах биотопов. Различия в валовом содержании тяжелых металлов вызваны существенным изменением микроэлементного фона среды в результате интенсивного антропогенного воздействия на местообитания в экосистемах. Выборки земноводных производились в черте города Брянска (в старичных водоемах района завода Ирмаш),

в охранной зоне заповедника (кв.1. около д. Чухраи), в кв. 87 заповедника Брянский лес из р. Нерусса.

Pb, As, Ni, Zn и Mn в концентрации, превышающей ОДК, встречается в основном у особей *R. lessonae* из городских выборок, что говорит об антропогенном загрязнении этими элементами в урбоэкосистемах. Установлены различия химического состава организма амфибий в природных биотопах и на урбанизированных территориях по Pb, As, Zn, Sr, Fe, Co и Mn, что дает право предполагать наличие связи между влиянием антропогенных факторов и физиологией этих животных. Это дает также возможность по их составу определять степень загрязнения среды в местах обитания

Отдельные органы и ткани земноводных также могут быть индикаторами загрязнения среды. У *R. arvalis* в скелете и мышцах преимущественно накапливается As и Sr, у *R. lessonae* – Fe и Mn. В дальнейшем полученные данные дадут возможность установить связи между химическим составом организма амфибий и их популяционной изменчивостью в условиях загрязненных биотопов на урбанизированных территориях.

Выводы

1 Различия в морфометрических признаках особей 4-х видов земноводных обусловлены их видовыми особенностями, половой принадлежностью, а также спектром адаптационных возможностей к конкретным естественным условиям биотопов. Достоверные различия для небольшого числа морфометрических индексов у видов амфибий в меньшей степени обусловлены антропогенной нагрузкой, поэтому морфометрические признаки и индексы в условиях Брянской области не рекомендуется использовать для биодиагностики и биоиндикации.

2 Демографическая структура популяций амфибий выступает как биоиндикационный признак сочетанного антропогенного воздействия для *R. ridibunda*, *R. arvalis*, *R. temporaria*. Возрастная структура популяций *R. arvalis* адекватно отражает степень рекреационной нагрузки на лесные экосистемы.

3 Фенодаты стадии размножения *R. arvalis*, *R. temporaria* обусловлены биологией видов, различием в их экологических нишах и позволяют диагностировать изменения абиотических факторов в условиях интенсивной урбанизации.

4 Фенетический полиморфизм популяций *R. ridibunda* и *R. lessonae* – следствие биотических условий биотопа. Изменение фенетики локальных популяций различно в зависимости от типа антропогенного воздействия. Для фоновых территорий показано большее число особей видов с фенами «стриата», «нон-стриата», «бурниси». Фен «стриата» в условиях Брянской области – фоновый признак земноводных, который обусловлен характером местообитаний.

5 *R. lessonae* и *R. temporaria* предлагается использовать как виды-индикаторы состояния экосистем по индексу стабильности развития.

6 Для достоверных и информативных данных о состоянии среды такие показатели как демографическая характеристика, фенетический полиморфизм популяций, уровень стабильности развития, разнообразие фенодат земноводных необходимо применять в комплексе. Биоиндикация состояния среды в районе ОХХО и УХХО с использованием земноводных не показала существенных изменений экологических условий.

7 Накопление в тканях *R. lessonae* Pb, As, Zn, Ni и Mn в зависимости от уровня антропогенной нагрузки – средство биоиндикации химического загрязнения среды.

Практические рекомендации

1 Рекомендовать методику качественной оценки биотопической приуроченности земноводных (Ручин и др. 2009) для диагностики освоенности местообитаний амфибиями в различных по антропогенной нагрузке территориях.

2 Включить в систему биомониторинга признаки демографической, фенетической структуры популяций амфибий и рекомендовать их природоохранным организациям Роспотребнадзору, Ростехнадзору для биодиагностики.

3 Представленные биоиндикационные материалы в картах дадут хорошие перспективы для оптимизации работ эколога-фаунистического направления в Брянской области, планирования перспективного развития хозяйственной деятельности исследованной территории на основе учета биомониторинговых данных.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Максимов, С.В. Асимметрия морфологических структур у травяных и комплекса европейских зеленых лягушек / С.В. Максимов // Вестник Брянского гос. университета. № 4 (2006): Биология. География. Математика. Медицина. Физика. Химия. – Брянск: РИО БГУ, 2006. – С. 66-71.

2. Максимов, С.В. Биотопическое распределение земноводных в сообществах лесных экосистем / С.В. Максимов, Л.Н. Анищенко // Вклад ученых и специалистов в национальную экономику. Научн. труды междунар.науч.-техн.конф БГИТА. – Брянск, 2006. – С. 128-130.

3. Кайгородова, Е. Ю. Встречи краснобрюхой жерлянки, веретеницы ломкой и медянки обыкновенной / Е.Ю. Кайгородова, С.В. Максимов // Изучение и охрана биологического разнообразия Брянской области. Материалы по ведению Красной книги Брянской области. Вып. 2. – Трубчевск, 2006. – С.73.

4. Максимов, С.В. Изучение признаков асимметрии в комплексе европейских зеленых лягушек (*Rana ridibunda*, *Rana lessonae*, *Rana esculenta*) / С.В. Максимов // Межвузовск.сб.научн.трудов «Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья» – Балашов-Николаев, 2007. – С. 93-96.

5. Максимов, С.В. Биотестирование на эталонных территориях заповедника «Брянский лес» с использованием земноводных / С.В. Максимов // Сб. трудов междунар. науч.-технич. конф., посвященной 140-летию со дня рождения Орлова М.М. «Вклад ученых и специалистов в национальную экономику». Т.1. Брянск, БГИТА, 2008. – С.70-74.

6. Максимов, С.В. Биотестирование качества среды обитания человека с использованием морфометрических показателей популяций краснобрюхой жерлянки / С.В. Максимов // Сб.статей VI Междунар. науч.-практ.конф. Пенза, 2006. – Пенза РИО ПГСХА, 2006. – С. 112-114.

7. Любимов, В.Б. К изучению биоразнообразия памятника природы «Озеро Солька» (Неруссо-Деснянское Полесье) / В.Б. Любимов, С.В. Максимов, Л.Н. Анищенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – № 3. – 2008.– Саратов, 2008. – С. 31-34.

8. Любимов, В.Б. К батрахофауне Ипуть-Деснянского междуречья (Брянская область) / В.Б. Любимов, С.В. Максимов // Сб.научн.трудов Всероссийской науч.-практ.конф. «Социально-экологические проблемы малого города» – Балашов, 2008. – С. 104-110.
9. Максимов, С.В. Возрастная структура популяций лягушек как биоиндикационный показатель (на примере популяции *Rana arvalis* в Брянской области) / С.В. Максимов // Сб.статей Междунар. науч.-практ.конф. естественно-географического факультета (Брянск, 21-22 октября 2010 г.). – Брянск: Изд-во «Курсив», 2010. – С. 109-112.
10. Поцепай, Ю.Г. О находках редких видов земноводных и пресмыкающихся в Брянской области / Ю.Г. Поцепай, С.В. Максимов, А.Н. Шумик // Изучение и охрана биологического разнообразия Брянской области. Материалы по ведению Красной книги Брянской области. Вып. 6. – Брянск, 2010. – С.183-185.
- 11. Максимов, С. В. Биотопическое распределение земноводных как биоиндикационный признак в условиях Брянской области (Южное Нечерноземье России) / С.В. Максимов // Вестник Брянского государственного университета. № 4 (2010). – Брянск: РИО БГУ, 2010. – С. 201-205.**
12. Максимов, С. В. Фенология травяной и остромордой лягушек в пределах г. Брянска / С.В. Максимов // Антропогенная трансформация природных экосистем: Матер. Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием (г. Балашов, 13-14 октября 2010 г.). – Балашов: Николаев, 2010. – С. 120-125.

Рукописные работы

1. Максимов, С.В. Исследования состояния популяций краснобрюхой жерлянки / С.В. Максимов //Летопись природы. Книга 19. Часть 1. – Нерусса, 2006. – С. 165-166.
2. Максимов, С.В. Изучение асимметрии признаков в комплексе зеленых европейских лягушек / С.В. Максимов //Летопись природы. Книга 19. Часть 1. – Нерусса, 2006. – С. 224-228.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Подписано в печать 10.12. 2010 г. Формат 60x84 1/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. – 1. Тираж – 100 экз. Заказ № 373.

