

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Уральское отделение
Институт экологии растений и животных

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ПОПУЛЯЦИОННОЙ, ИСТОРИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ**

ВЫПУСК 2

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

23–27 апреля 2001 г.



Екатеринбург
2001

рует практически идентичную картину изменения красной крови, что и изолированное введение Cd, что явилось неожиданным для нас, поскольку медь, как известно, обладает выраженным эритропоэтическим эффектом и препятствует развитию мембраногенного клеточного отека за счет стабилизации клеточных мембран.

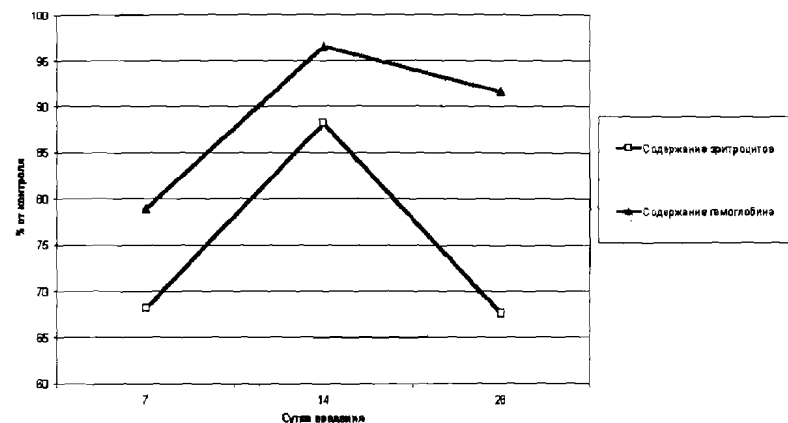


Рис. 2. Динамика содержания эритроцитов и гемоглобина в периферической крови животных под воздействием кадмия (в процентах от контроля).

Добавление в питьевую воду животным как Cd, так и смеси металлов приводит к развитию стойкой тромбоцитопении, начиная с 7-х суток введения. Кроме того, на кривой Прайса-Джонсона для тромбоцитов нами отмечено появление дополнительного пика, характеризующего нарастание среди тромбоцитов клеток необычно малых размеров, что свидетельствует о развитии тромбоцитопатии. И в том и в другом случае к исходу 28-и суток количество тромбоцитов снизилось до 8,46% под влиянием кадмия и 17,79% под влиянием смеси металлов. Следует отметить, что подобные цифры количества тромбоцитов представляют реальную угрозу для жизни животных. Средний срок циркуляции тромбоцита в периферическом кровеносном русле составляет семь суток, лейкоцита — 60–75 суток, а эритроцита — 120–130 суток. Если учесть, что причиной наблюдаемых изменений (развитие тромбоцитопатии и тромбоцитопении) является нарушение кроветворения, то первые изменения заметны именно в отношении тромбоцитов.

Итак, наиболее рано на введение исследуемых металлов реагирует тромбоцитарный росток крови. Общее количество тромбоцитов снижается, появляются тромбоциты меньших размеров, что практически однозначно свидетельствует о поражении мегакариоцитов и пролонгации данных процессов в костном мозге.

ЛИТЕРАТУРА

Ковальчук Л.А., Микшевич Н.В. Тяжёлые металлы в системе «почва-растение-животное» в зоне действия медеплавильного предприятия // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. М., 1988. С. 127–132.
 Сатонкина О.А., Тарханова А.Э. Тяжелые металлы в окружающей среде Среднего Урала и их влияние на организм // Биосфера и человечество: Материалы конф. молодых ученых памяти Н.В.Тимофеева-Ресовского (24–28 апр. 2000 г.). Екатеринбург, 2000. С. 235–236.

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ НЕМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЧЕРЕПА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ НЕСТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ ОКРАСОЧНЫХ МОРФ ОБЫКНОВЕННОЙ СЛЕПУШОНКИ (ELLOBIUS TALPINUS PALL.)

Н.В.Синева, А.Г.Васильев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г.Екатеринбург

Обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus* Pall.) ведет роющий, подземный образ жизни и является чрезвычайно малоподвижным видом с низкой миграционной активностью. В популяциях слепушонки наблюдается полиморфизм по окраске меха. Поселения слепушонки представлены отдельными изолированными семьями, длительно обитающими на своей территории (с естественной сменой поколений). Все это делает данный объект весьма удобной моделью для популяционно-экологических и популяционно-генетических исследований.

При популяционно-феногенетическом подходе флуктуирующая асимметрия может использоваться как показатель нестабильности развития, так как наблюдаемые при флуктуирующей асимметрии различия в проявлении признака на разных сторонах обычно рассматривают как следствие некоторых нарушений, происходящих в процессе индивидуального развития (Захаров, 1987).

Цель данной работы состояла в изучении изменения уровня флуктуирующей асимметрии неметрических признаков черепа у разных окрасочных



морф слепушонки в разные по условиям обитания годы в географически удаленных популяциях.

Перед нами стояли следующие задачи: сравнить уровень нестабильности развития у зверьков с разной окраской меха из курганской и башкирской популяций по проявлению флуктуирующей асимметрии черепных структур; оценить уровень флуктуирующей асимметрии (FA_{nm}) у животных разных окрасочных морф, взятых в разные годы в курганской популяции; провести дисперсионный анализ по величине показателя нестабильности развития с учетом факторов: «условия года отлова», «принадлежность к морфе» и «возраст животных».

Изучены две географически удаленные популяции: курганская (Куртамышский район Курганской области) и башкирская (Баймакский район Башкортостана), в которых присутствуют все три характерные для слепушонки окрасочные морфы: бурая, черная и переходная. Из курганской популяции взяты выборки за два разных периода отлова, отдаленных во временном отношении (1983 и 1998–1999). Всего изучено 234 черепа, проклассифицированных по 35 фенам билатеральных неметрических пороговых признаков (Васильев и др., 1992). Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica (Version 5.5). Применяли методы двухфакторного и трехфакторного дисперсионного анализа для оценки значимости межгрупповых различий по показателю нестабильности развития фенов черепа (FA_{nm}) — доля признаков с асимметричным проявлением фенов у особи (Leary et al., 1985). Чем выше уровень FA_{nm} , тем сильнее выражена нестабильность индивидуального развития (Захаров, 1987).

Сравнение показателя нестабильности развития у зверьков всех трех окрасочных морф в курганской и башкирской популяциях показало, что уровень нестабильности развития каждой окрасочной морфы в той и другой популяции в среднем одинаков. Небольшие различия величины этого показателя у бурой, черной и переходной морф в каждой из популяций не достоверны. Таким образом, на первый взгляд различия по уровню дестабилизации развития у зверьков разных окрасочных морф в географически удаленных популяциях не обнаруживаются.

Интересно было посмотреть, как ведет себя показатель FA_{nm} у животных трех морф в курганской популяции, отловленных в разные годы (рисунок). Видно, что в 1983 году показатель нестабильности развития бурой и черной морф по сравнению с группой животных переходной морфы относительно невысок. В другой период времени (1998–1999 гг.) уровень дестабилизации развития бурой и черной окрасочных морф несколько возрос, однако у зверьков переходной морфы значение этого показателя резко уменьшилось. Поскольку величина показателя FA_{nm} косвенно характеризует условия развития животных, можно следующим образом интерпретировать обнаруженный эф-



фект. Более низкий уровень FA_{nm} косвенно указывает на то, что условия обитания слепушонки в 1983 году были более благоприятны для зверьков бурой и черной морф, тогда как другой период времени (1998–1999 гг.), судя по величине показателя, оказался наиболее благоприятным для зверьков переходной окрасочной морфы. Таким образом, можно полагать, что в разные годы зверьки с различной окраской меха по-разному реагируют на условия среды.

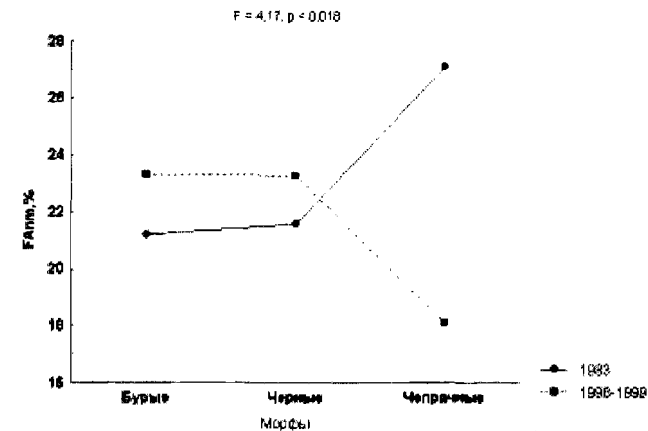


Рисунок. Сравнение уровня нестабильности развития (FA_{nm}) у зверьков разных окрасочных морф, взятых в разные годы в курганской популяции обыкновенной слепушонки.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что если рассматривать отдельно условия года отлова зверьков и принадлежность к окрасочной морфе, то различий в уровне нестабильности развития животных в курганской популяции не обнаруживается. Однако при взаимодействии двух этих факторов средний квадрат равен 233,66 при $p < 0,05$, а, следовательно, наблюдаются достоверные различия по уровню нестабильности развития у зверьков разных окрасочных морф в разные годы отлова. Далее мы провели трехфакторный дисперсионный анализ с учетом условий года отлова, принадлежности к окрасочной морфе и возраста животных, результаты которого представлены в таблице. Статистически достоверными оказались межгрупповые различия по показателю нестабильности развития при двух вариантах взаимодействия факторов: при взаимодействии «условий года отлова» и «принадлежности к морфе», а также при взаимодействии всех трех факторов: «условия года отлова» × «морфа» × «возраст».



Таблица. Трехфакторный дисперсионный анализ показателя нестабильности развития FA_{nm} , % в курганской популяции слепушонки с учетом года отлова, возраста и принадлежности к окрасочной морфе

Факторы и их взаимодействия	Средний квадрат	Число степ. свободы	Критерий Фишера F	Уровень значимости
1-год	0,1832	1	0,004	0,952771
2-возраст	147,8233	1	2,848	0,095209
3-морфа	18,6155	2	0,359	0,699700
12	51,2083	1	0,987	0,323446
13	252,7149	2	4,869	0,009987
23	105,4328	2	2,031	0,137578
123	169,1061	2	3,258	0,043385

Таким образом, трехфакторный дисперсионный анализ показателя нестабильности развития в аллохронных выборках из курганской популяции слепушонки показал, что животные разных окрасочных морф и разного возраста в разные годы характеризуются разным уровнем стабильности развития по проявлению флуктуирующей асимметрии фенов. Можно заключить, что в описанном нами случае проявляются эффекты взаимодействия генотип–среда.

В результате проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1. Показано, что животные одних и тех же окрасочных морф из разных популяций (башкирской и курганской) характеризуются сходными уровнями показателя индивидуальной нестабильности развития (FA_{nm}).

2. Уровень флуктуирующей асимметрии у животных разных окрасочных морф меняется в зависимости от условий года отлова. Установлено, что стабильность развития зверьков разных морф зависит от условий обитания и изменяется по годам.

3. На основе дисперсионного анализа выявлено значимое взаимодействие факторов «условия года отлова», «принадлежность к морфе» и «возраст зверьков», которое может быть интерпретировано как взаимодействие генотип–среда.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 01–04–49571.

ЛИТЕРАТУРА

- Васильев А.Г., Евдокимов Н.Г., Позмогова В.П. Популяционная структура обыкновенной слепушонки: многомерный морфометрический и фенетический аспекты сравнения поселений вида в Южном Зауралье // Морфологическая и хромосомная изменчивость мелких млекопитающих. Екатеринбург, 1992. С. 37–51.
- Захаров В.М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука, 1987. 213 с.
- Leary R.F., Allendorf F.W., Knudsen R.L. Developmental instability as an indicator of reduced genetic variation in hatchery trout // Trans. Amer. Fish. Soc. 1985. V. 114. P. 230–235.

КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШКУРОК ОБЫКНОВЕННОЙ СЛЕПУШОНКИ (*ELLOBIUS TALPINUS* PALL.) В ЮЖНОМ ЗАУРАЛЬЕ

Н.В.Синева, Н.Г.Евдокимов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г.Екатеринбург

Изучение полиморфных видов имеет большое значение в понимании процессов становления адаптации животных. Одним из таких полиморфных видов является обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus* Pall.), имеющая различные окрасочные морфы (Огнев, 1950; Евдокимов, Позмогова, 1984). Окраска меха слепушонки изменяется от светлой, желтовато-охристой до абсолютно черной в разных местах обитания и светлеет в направлении с севера на юг и с запада на восток. В связи с этим выделяют три хорошо отличные друг от друга окрасочные морфы: бурю, чепрачную, или переходную, и черную. Существуют как мономорфные, так и полиморфные популяции слепушонки. В полиморфных поселениях обычно представлены все три морфы в разном соотношении в зависимости от географического положения популяции. А.В.Покровский с соавторами (1962) предложили подход, позволяющий количественно оценить окраску шкурок с помощью универсального фотометра ФМ-58.

Цель данной работы состояла в количественном изучении внутривидовой изменчивости окраски обыкновенной слепушонки, взятых как из полиморфных, так и из мономорфных популяций, с помощью колориметрического анализа шкурок.

Мы ставили перед собой следующие задачи: оценить вероятное своеобразие количественных показателей окраски меха у одноименных окрасочных морф в разных популяциях обыкновенной слепушонки; выявить географическую изменчивость окраски у бурых и черных животных, взятых из разных популяций; оценить специфику окраски меха гибридных особей, полученных в результате ввоза бурых животных из оренбургской популяции в Челябинскую область и их естественного скрещивания в природе с черными челябинскими зверьками.

Материалом для настоящей работы послужила коллекция шкурок обыкновенной слепушонки, хранящаяся в музее Института экологии растений и животных УрО РАН, которая была собрана Н.Г. Евдокимовым и В.П. Позмоговой с 1981 по 1987 гг. в весенне-летние сезоны. Анализ проводили на 76 шкурках, взятых у животных, отловленных в трех географических точках Зауралья: Курганской, Челябинской и Оренбургской областях (таблица).

Таблица. Распределение материала, используемого в работе, по сравнимым популяциям обыкновенной слепушонки

Морфа	Популяции			Итого
	Курганская	Челябинская	Оренбургская	
Черная	26	8		34
Чепрачная		8		8
Бурая	12	14	8	34
Итого	38	30	8	76

Методика снятия количественной цветовой характеристики окраски шкурок с помощью универсального фотометра МФ подробно описана в работе А.В. Покровского с соавторами (1962, стр. 15–28). Использовали три измерения по красному, зеленому и синему фильтрам, снятых отдельно для спины и брюха животных, что позволило оценить четыре показателя: белизну спины, оттенок спины, белизну брюха и оттенок брюха, которые вычисляли в соответствии с указанной выше методикой (Покровский и др., 1962). Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 5.5. Использовали дисперсионный, дискриминантный и факторный методы анализа.

В ходе дисперсионного анализа в популяциях обыкновенной слепушонки не были обнаружены половые различия у животных разных окрасочных морф, что позволило объединить данные по самцам и самкам в дальнейшем анализе.

Общие результаты факторной ординации объектов по четырем показателям окраски: белизне спины, оттенку спины, белизне брюха и оттенку брюха представлены на рисунке 1. Первый фактор связан с различиями между морфами (ранговый коэффициент корреляции Спирмена $R = -0,81$; $p < 0,001$), наибольший вклад в эти различия вносят показатели белизны спины и брюха. Второй фактор отчасти отражает возрастные различия ($R = -0,25$; $p < 0,05$), которые в наибольшей степени проявляются по показателям оттенка спины и брюха. Таким образом, если вдоль первого фактора наблюдается изменчивость показателей белизны, то вдоль второго фактора — показателей оттенка. Факторный анализ всех трех морф во всех изучаемых популяциях выявил две хорошо различимые группы: бурых и черных зверьков. Координаты зверьков с чепрачной окраской (спина черная, а брюхо бурое) располагаются в промежутке между соответствующими значениями бурых и черных животных.

В этой связи важно было оценить межпопуляционные различия всех окрасочных морф в каждой отдельно взятой популяции. Для этого был проведен дискриминантный анализ окрасочных признаков в изученных популяциях слепушонки (рис. 2). Межгрупповые различия вдоль первой оси достоверны на уровне $p < 0,001$, а вдоль второй оси — на уровне $p < 0,05$. Вдоль пер-

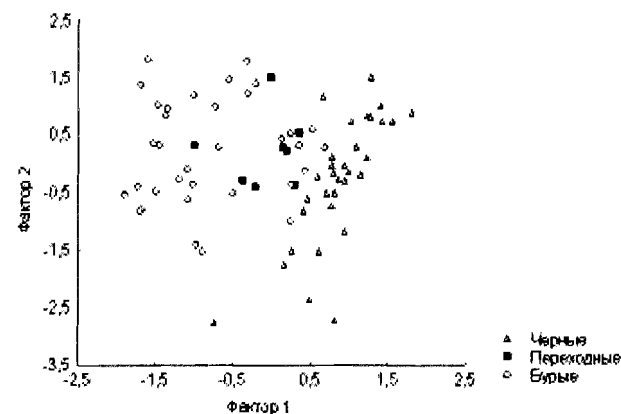


Рис. 1. Факторный анализ признаков окраски у трех морф обыкновенной слепушонки из курганской, челябинской и оренбургской популяций.

вой дискриминантной оси наблюдаются различия между зверьками бурой и черной окрасочных морф, вторая дискриминантная ось отражает специфику окраски животных переходной морфы. Видно, что черные животные из курганской и челябинской популяций занимают правое верхнее положение на плоскости, образованной первой и второй дискриминантной функциями, а бурые животные курганской и оренбургской группировок находятся слева. Пространство между группами черных и бурых зверьков принадлежит гибридным особям бурой окраски из челябинской популяции. Эти гибридные особи были получены в итоге естественного природного скрещивания черных челябинских слепушонок и бурых оренбургских, которое началось в 1976 году после экспериментального внедрения оренбургских зверьков в челябинскую популяцию. Гибридные животные с переходной окраской меха (такого же происхождения, поскольку в челябинской популяции до завоза бурых оренбургских встречались только черные зверьки) расположены отдельно и занимают правое нижнее положение. Таким образом, видно, что одноименные окрасочные морфы в разных популяциях отличаются друг от друга.

Гибридные челябинские слепушонки с бурой окраской меха в пространстве первых двух дискриминантных функций занимают особое положение, располагаясь между природными бурыми и черными животными. В результате скрещивания происходит существенное потемнение окраски меха. Последний раз бурые гибридные особи были найдены в челябинской популяции в 1987 году, то есть спустя 11 лет после выпуска исходных бурых оренбургских сле-

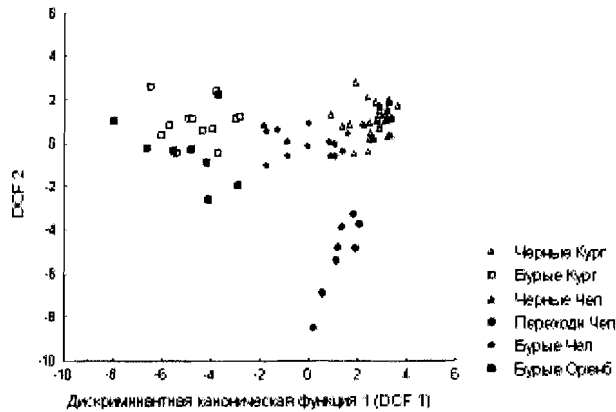


Рис. 2. Дискриминантный анализ признаков окраски у трех морф из курганской, челябинской и оренбургской популяций обыкновенной слепушонки.

пушонок. Со временем бурые зверьки вообще исчезли в челябинской популяции, так как в 1998 г. при специальном поиске не были обнаружены.

Интересно было провести отдельное сравнение черных зверьков из курганской и челябинской популяций. Анализ выявил достоверные межпопуляционные различия только по показателю белизны спины (рис. 3). Значение этого показателя больше у черных зверьков из курганской популяции, чем у челябинских животных одноименной морфы. Следовательно, курганские черные зверьки имеют более светлую окраску спины.

Аналогичное сравнение курганских и оренбургских животных с бурой окраской меха без учета гибридных зверьков бурой морфы из челябинской популяции показало, что достоверные межпопуляционные различия наблюдаются и по показателю белизны брюха (рис. 4). Окраска брюха у курганских слепушонок оказалось более темной по сравнению с животными оренбургской популяции.

Представляло интерес сравнить гибридных слепушонок чепрачной и бурой окрасочных морф из челябинской популяции по окраске брюха. В результате этого сравнения были обнаружены достоверные различия между чепрачными и бурыми животными по показателю белизны брюха. Брюшко бурых гибридных слепушонок оказалось намного темнее окрашено, чем брюшко чепрачных зверьков.

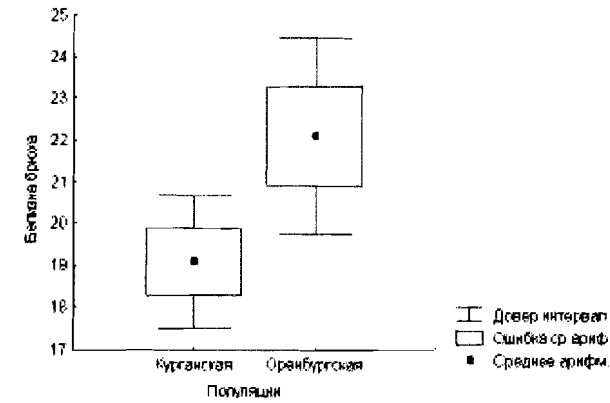


Рис. 3. Сравнение зверьков черной морфы из курганской и челябинской популяций обыкновенной слепушонки по показателю белизны спины.

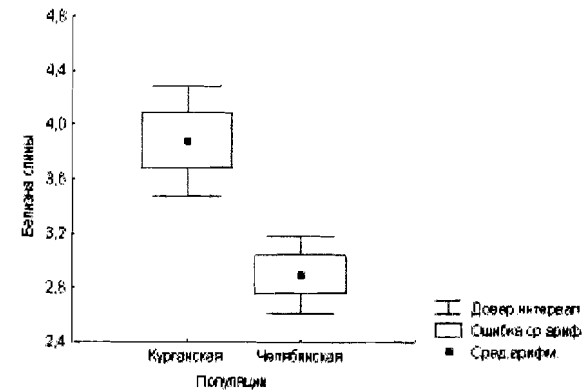


Рис. 4. Сравнение зверьков бурой морфы из курганской и оренбургской популяций обыкновенной слепушонки по показателю белизны брюха.

В результате проведенной работы по количественному изучению внутривидовой изменчивости окраски шкурок обыкновенной слепушонки можно сделать следующие выводы:

1. Выявлены достоверные межпопуляционные различия между животными, принадлежащими к одноименным окрасочным морфам в разных популя-



циях. Установлено, что зверьки черной морфы из разных популяций отличаются по показателю белизны спины, тогда как зверьки бурой морфы проявляют межпопуляционные различия по показателю белизны брюха.

2. Обнаружена географическая изменчивость окраски животных бурой морфы, которая проявляется в посветлении окраски с северо-востока на юго-запад от курганской области до оренбургской. Наблюдается потемнение животных черной окраски с юго-запада на северо-восток: от Курганской области до северной границы ареала в Челябинской области.

3. При искусственном завозе слепушенок бурой окраски из Оренбургской в Челябинскую область, где изначально обитают только черные слепушонки, в популяции появились гибридные особи бурой и чепрачной окраски. Обнаружена специфика окраски меха гибридных особей из челябинской популяции. Гибридные бурые слепушонки оказались существенно темнее по сравнению со зверьками типичной бурой морфы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 01-04-49571.

ЛИТЕРАТУРА

- Покровский А.В., Смирнов В.С., Шварц С.С. Колориметрическое изучение изменчивости окраски грызунов в экспериментальных условиях в связи с проблемой гибридных популяций // Вопросы внутривидовой изменчивости млекопитающих. Свердловск, 1962. С. 15–28. (Тр. Ин-та биол. УФАИ СССР; вып. 29).
- Евдокимов Н.Г., Позмогова В.П. Сравнительная характеристика трех популяций обыкновенной слепушонки (Южный Урал, Зауралье, Северный Казахстан) // Популяционная экология и морфология млекопитающих. Свердловск, 1984. С. 103–112.
- Огнев С.И. Звери СССР и прилежащих стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т.7. 706 с.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СПЕЦИФИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ КАК СЛЕДСТВИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ

Ю.Л. Старовойтенко

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Известно, что кровь хорошо отражает любые функциональные изменения, происходящие в процессе жизнедеятельности животного. В исследованиях, касающихся гематологии амфибий, обычно используются взрослые животные (Тарасенко, Тарасенко, 1988; Исаева, Вязов, 1997). В г. Екатеринбурге (2000 г.) были собраны данные по гематологии сеголеток трех видов (*Rana*



ridibunda, *R. arvalis*, *R. temporaria*). Одна выборка сеголеток *R. arvalis* с территории Восточно-Уральского следа предоставлена к.б.н. М.В. Чибиряком. Исследование проводилось по стандартным гематологическим методикам. Снимали стандартные морфофизиологические показатели. Общее число животных составляет 130 экз. Результаты обработаны многофакторным дисперсионным и регрессионным анализом в статистическом пакете Statgraf.

Анализ полученных данных выявил ряд значимых различий на межвидовом, генотипическом, интерзональном уровнях.

Межвидовые различия установлены по общему количеству лейкоцитов ($F=3,098$; $p=0,0487$), процентному содержанию нейтрофилов ($F=3,3$; $p=0,039$), процентному содержанию лимфоцитов ($F=9,233$; $p=0,0002$), а также по процентному содержанию предшественников эритроцитов ($F=6,83$; $p=0,0015$).

У *R. arvalis* различия, обусловленные внутривидовой изменчивостью полиморфизмом, связаны с наличием–отсутствием дорсомедиальной полосы (*striata*), обусловленной доминантным аллелем диаллельного гена (Щупак, 1977). Внутривидовые различия в лейкоцитарной формуле установлены для *R. arvalis* по процентному содержанию нейтрофилов ($F=4,710$, $p=0,0346$); кроме того, отмечены различия по соотношению незрелых и зрелых форм нейтрофилов ($F=7,099$, $p=0,0096$) и лимфоцитов ($F=5,538$, $p=0,0214$). Для *R. ridibunda* по общему количеству лимфоцитов ($F=4,758$, $p=0,0360$) и соотношению незрелых и зрелых форм различия оказались недостоверными, что, возможно, связано с малым числом особей данного вида в выборке.

На интерзональном уровне достоверные отличия получены для *R. arvalis* по процентному содержанию лейкоцитов в периферической крови ($F=2,803$, $p=0,0331$), эозинофилов ($F=3,908$, $p=0,0090$) и моноцитов ($F=7,189$, $p=0,0001$), а также по соотношению зрелых и незрелых форм лимфоцитов ($F=5,628$, $p=0,0006$); для *R. ridibunda* достоверны отличия по процентному содержанию предшественников эритроцитов ($F=4,912$, $p=0,0127$). Различия в соотношении незрелых и зрелых форм для озерной лягушки недостоверны, что может быть связано с недостаточно большой выборкой.

Регрессионный анализ выявил наличие ряда слабых ($R = -0,26-0,61$), но высокодостоверных (p изменяется в пределах от 0,049 до 0,00321) зависимостей между некоторыми гематологическими характеристиками и морфофизиологическими индексами, что, вероятно, является отражением скоординированности организменных и популяционных процессов и требует более глубокой проработки.

Установленные межвидовые различия, без сомнения, связаны с видовой спецификой изученных представителей рода *Rana*. Внутривидовые различия между «полосатыми» и «бесполосатыми» обусловлены глубокими генотипическими определенными физиологическими особенностями морфы *striata*, отмеченными как у *R. arvalis*, так и у *R. ridibunda*, но вместе с тем, не лишеными и