



**Уральский  
федеральный  
университет**

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

Институт  
естественных наук

# **АНОМАЛИИ И ПАТОЛОГИИ АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ:**

**Методология, эволюционное значение,  
возможность оценки здоровья среды**

**Материалы международной школы-конференции  
Екатеринбург, 23–26 сентября 2013 г.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА  
ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

# АНОМАЛИИ И ПАТОЛОГИИ АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ:

Методология, эволюционное значение,  
возможность оценки здоровья среды

Материалы международной школы-конференции  
Екатеринбург, 23–26 сентября 2013 г.

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2014

УДК [597.6+598.1]:574.2(063)  
ББК [28.693.33+28.693.34]:28.080я4  
А691

Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-04-06086) и Центра молодежной политики УрФУ (мероприятие № 2.1.3.1 «Ежегодная организация молодежных конференций и школ» программы развития УрФУ на 2010–2020 гг.)

Под общей редакцией

В. Л. В е р ш и н и н а, А. Д ю б у а, К. Х е н л е, М. П у к и

**Аномалии** и патологии амфибий и рептилий : методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды : материалы междунар. школы-конф., Екатеринбург, 23–26 сентября, 2013 г. / [под общ. ред. В. Л. Вершинина, А. Дюбуа, К. Хенле, М. Пуки]. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 192 с.

ISBN 978-5-7996-1168-2

Сборник содержит материалы докладов и стендовых сообщений, представленных на международной школе-конференции, открывающей новое для России направление, связанное с экологией морфогенеза и качеством среды обитания.

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

УДК [597.6+598.1]:574.2(063)  
ББК [28.693.33+28.693.34]:28.080я4

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| <i>Байтими́рова Е. А., Вершинин В. Л.</i><br>Оценка оплодотворяющей способности сперматозоидов<br>и случай гермафродитизма у озерной лягушки<br>( <i>Pelophylax ridibundus</i> , Pallas, 1771)<br>в условиях антропогенно-измененных ландшафтов ..... | 6  |
| <i>Безман-Мосейко О. С., Боркин Л. Я.,<br/>Розанов Ю. М., Литвинчук С. Н.</i><br>Массовые аномалии задних конечностей у зеленых лягушек<br>( <i>Pelophylax esculentus</i> complex) в Приднестровье:<br>проблема факторов и биоиндикации .....         | 13 |
| <i>Берзин Д. Л.</i><br>Аномалии у сеголеток обыкновенного тритона<br>( <i>Lissotriton vulgaris</i> L., 1758) на урбанизированных территориях .....  | 19 |
| <i>Боркин Л. Я.</i><br>Морфологические аномалии в природных популяциях амфибий:<br>что мы изучаем и как оцениваем? .....  | 25 |
| <i>Буракова А. В., Вершинин В. Л.</i><br>Паразитарные инвазии как потенциальный источник<br>скелетных аномалий амфибий .....  | 37 |
| <i>Вершинин В. Л.</i><br>Тераты как «зеркало эволюции» .....  | 45 |
| <i>Галицын Д. И.</i><br>Девиации в фолидозе уральских популяций прыткой ящерицы<br>( <i>Lacerta agilis</i> Linnaeus, 1758) .....  | 52 |
| <i>Ганцук С. В., Сивкова Т. Н.</i><br>Патоморфология тонкого кишечника<br>разноцветной ящурки ( <i>Eremias arguta</i> ) при гельминтозах .....  | 59 |
| <i>Гнетнева А. Н., Пестов М. В., Лебединский А. А.</i><br>Встречаемость аномалий фолидоза роговых щитков панциря<br><i>Testudo graeca nikolskii</i> на западном Кавказе .....   | 63 |

|  |     |
|--|-----|
| Гордеев Д. А., Прилико Н. И., Прилико С. К.<br>Оценка встречаемости асимметрии фолидоза головы<br>у обыкновенного ( <i>Natrix natrix</i> Linnaeus, 1758)<br>и водяного ( <i>Natrix tessellata</i> Laurenti, 1768) ужей<br>в антропогенно-модифицированных и естественных ландшафтах<br>Волгоградской области ..... | 70  |
| Гурвич А. Н.<br>Изменчивость скелета и аномалии сеголеток<br>сибирской лягушки ( <i>Rana amurensis</i> ) .....   | 75  |
| Данилова М. Н.<br>Аномалии амфибий в условиях имитации нефтяного загрязнения .....   | 81  |
| Dubois A.<br>Anomalies in natural populations of amphibians:<br>a general survey and methodological recommendations for study .....  | 87  |
| Dubois A.<br>The anomaly P in palaeartic green frogs of the genus <i>Pelophylax</i> (Ranidae) .....  | 96  |
| Замалетдинов Р. И.<br>Материалы по встречаемости морфологических аномалий<br>в природных популяциях бесхвостых амфибий<br>на территории Республики Татарстан .....   | 105 |
| Змеева Д. В.<br>О вариантах в строении конечностей в популяциях сибирского углозуба<br>( <i>Salamandrella keyserlingii</i> Dybowsky, 1870, Amphibia, Hynobiidae) .....   | 112 |
| Иванов А. А., Гуменный В. С., Бахарев В. А.<br>Эффект сиамских близнецов гадюки обыкновенной ( <i>Vipera berus</i> ) .....   | 119 |
| Корзиков В. А., Алексеев С. К.<br>К изучению морфологических аномалий бесхвостых амфибий<br>на территории Калужской области .....  | 123 |
| Литвинчук С. Н.<br>Аномалии у двух видов тритонов на северо-западе России:<br>сравнительный анализ .....   | 127 |
| Микитинец Г. И.<br>География встречаемости морфологических аномалий<br>в популяциях бесхвостых амфибий степной зоны Украины .....  | 136 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Некрасова О. Д.</i><br>Некоторые аспекты аномальных проявлений в окраске у амфибий .....  | 144 |
| <i>Puky M.</i><br>Diversity and frequency of amphibian anomalies in semi-natural<br>and anthropogenic habitats in the carpathian basin .....   | 149 |
| <i>Puky M., Faggyas S. Z., Mester B., Bíró P., Ács É.</i><br>Tail loss and anomaly in <i>Zootoca vivipara</i> and <i>Lacerta agilis</i> in Hungary   | 153 |
| <i>Свинин А. О.</i><br>Встречаемость морфологических аномалий<br>в популяционных системах зеленых лягушек ( <i>Pelophylax</i> Fitzinger, 1843)<br>с северо-востока ареалов .....   | 156 |
| <i>Северцова Е. А., Агильон-Гутиеррес Д. Р.,<br/>Никифорова А. И., Кормилицин А. А.</i><br>Спектрохимический и гистохимический анализ тканей<br>головастиков травяной лягушки ( <i>Rana temporaria</i> L.), развивавшихся<br>в условиях имитации загрязнения свинцом и железом ..... | 161 |
| <i>Смирнов Н. А.</i><br>О морфологических аномалиях у тритонов<br>рода <i>Lissotriton</i> (Salamandridae, Caudata) на западе Украины .....   | 165 |
| <i>Файзулин А. И.</i><br>Анализ морфологических аномалий в условиях антропогенной<br>трансформации местообитаний бесхвостых земноводных .....  | 171 |
| <i>Фурман А. А., Хайрутдинов И. З.</i><br>Аномалии развития новорожденной степной гадюки Башкирова<br>( <i>Vipera (Pelias) renardii bashkirovi</i> Garanin et al., 2004) .....   | 178 |
| <i>Henle K.</i><br>Anomalies in natural populations of amphibians overview,<br>patterns and causes, methodological recommendation .....  | 183 |

**ОЦЕНКА ОПЛОДОТВОРЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
СПЕРМАТОЗОИДОВ И СЛУЧАЙ ГЕРМАФРОДИТИЗМА  
У ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ  
(*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*, PALLAS, 1771) В УСЛОВИЯХ  
АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ**

**Е. А. Байtimiрова, В. Л. Вершинин**

Институт экологии растений и животных УрО РАН  
(Екатеринбург)

**THE ASSESSMENT OF IMPREGNATING SPERMATOZOID  
CAPACITY AND INCIDENT OF HERMAPHRODITISM  
IN MARSH FROG (*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*, PALLAS, 1771)  
IN ANTHROPOGENICALLY MODIFIED LANDSCAPES**

**E. A. Baytimirova, V. L. Vershinin**

Institute of Plant & Animal ecology, Russian Academy of Science,  
Ural division (Ekaterinburg)

*An assessment of impregnating spermatozoid capacity and histological examination of the testes in order to detect the lake frog oocytes in anthropogenically-modified landscapes. Males have the smallest size of the sperm heads in populations from the most transformed areas. Presence of oocytes in the tissue of the hermaphrodite's testis were revealed.*

*Проведена оценка оплодотворяющей способности сперматозоидов и гистологическое исследование семенников на предмет наличия ооцитов у озерной лягушки в популяциях антропогенно-модифицированных ландшафтов. Наименьший размер головок сперматозоидов отмечен у самцов из популяций наиболее трансформированных территорий. Отмечено наличие ооцитов в тканях семенников гермафродитной особи.*

В последнее время в литературе большое внимание уделяется влиянию на амфибий веществ, вызывающих эндокринный дисбаланс (эндокринных дизрапторов – endocrine disruptors). Способность связываться с рецепторами стероидных гормонов обусловлена структурным сходством ряда поллютантов (пестицидов, гербици-

дов, полихлорированных бифенилов и пр.) с фенолами [Никитин, 2008]. Их воздействие может приводить к отклонениям в гормональной регуляции репродуктивной функции и появлению интерсексуальных особей, характеризующихся одновременным присутствием женских и мужских признаков.

Примерно с середины прошлого века стало наблюдаться сокращение численности популяций многих видов амфибий. Это явление многие авторы связывали с нарушением полового развития, вызванным действием гормональных дизрапторов. Интерес к появлению интерсексуальных особей среди лягушек значительно возрос после публикаций о ненормальном сексуальном развитии, связанном с воздействием сельскохозяйственных гербицидов, таких как атразин [Hayes et al., 2003; McDaniel et al., 2008; Hecker et al., 2004; Murphy et al., 2006; Smith et al., 2005; Du Preez et al., 2009; Reeder et al., 1998]. При этом в литературе преобладают данные о присутствии ооцитов в ткани семенника. Некоторыми авторами было показано, что частота встречаемости ооцитов в семенниках амфибий в городских районах значительно выше по сравнению с сельскохозяйственными и районами без антропогенной нагрузки [Skelly et al., 2010].

Тем не менее в настоящее время интерпретация результатов исследований по действию на амфибий эндокринных деструкторов затрудняется из-за недостаточной изученности внутри- и межвидовых изменений в половой дифференциации, темпов развития, колебания уровней загрязнителей и отсутствия стандартизированных экспериментов для целей сравнения. Кроме того, у некоторых видов амфибий было показано не зависящее от загрязнений перепределение пола [Storrs-Mendez and Semlitsch, 2010]. Установление связи между интерсексуальностью и плодовитостью половозрелых лягушек, несомненно, нуждается в дополнительных исследованиях.

Причиной проведения данного анализа послужила поимка в 2012 г. на территории ЦПКиО в Екатеринбурге особи озерной лягушки (*Pelophylax ridibundus*, Pallas, 1771), которая имела вторичные половые признаки самца (брачные мозоли). При вскрытии были обнаружены признаки гермафродитизма: одновременное присут-



ствие семенников и яичников. Поскольку ранее подобные особи в выборках не отмечались, была проведена оценка оплодотворяющей способности сперматозоидов и гистологическое изучение семенников с целью обнаружения ооцитов у озерной лягушки в условиях антропогенно-измененных ландшафтов.

### **Материал и методы**

Дегенеративные процессы в семенных канальцах могут привести к формированию патологических и атипичных полиморфных сперматозоидов, которые не способны участвовать в оплодотворении. Одним из основных показателей оплодотворяющей способности сперматозоидов является размер головки. Вариабельность сперматозоидов по величине головки связана с различным содержанием в них ДНК, а также с особенностями конденсации и упаковки хроматина, определяющими степень зрелости сперматозоидов [Мамина, Жигальский, 2006].

В работе проведено изучение количества аномальных сперматозоидов озерной лягушки в 1 мм<sup>2</sup> мазкового препарата семенника и измерение площадей головок сперматозоидов. На серийных срезах семенников животных проведено исследование относительно присутствия ооцитов в ткани семенников.

В работе исследовались половозрелые самцы озерной лягушки (таблица), отловленные в двух местообитаниях на территории Екатеринбурга с разным уровнем антропогенной нагрузки. В соответствии с выработанной ранее типизацией [Вершинин и др., 2006] район ЦПКиО был отнесен к зоне малоэтажной застройки, лесопарк Калиновские разрезы – к лесопарковой зоне. В градиенте урбанизации отмечено увеличение общей минерализации, содержания хлорид- и сульфат-ионов, повышение эвтрофикации водоемов, изменение рН среды с кислой на нейтральную [Вершинин и др., 2006]. Вода в р. Малая Кушва, которая протекает по территории Нижнего Тагила, характеризуется специфическим загрязнением (превышение ПДК по нефтепродуктам в 12 раз, по фенолам – до 5 раз, по марганцу – в 3 раза) и относится к чрезвычайно грязным. Поступающие в реку нагретые сточные воды формируют тепловое загрязнение реки.

### Исследуемый материал

| Дата отлова   | Место отлова                                  | Количество, шт. |
|---------------|---|-----------------|
| 29.08.2009 г. | ЦПКиО, Екатеринбург                           | 6               |
| 03.07.2012 г. | ЦПКиО, Екатеринбург                           | 10              |
| 30.07.2009 г. | Лесопарк Калиновские<br>разрезы, Екатеринбург | 6               |
| 04.09.2009 г. | Р. Малая Кушва,<br>Нижний Тагил               | 5               |

### Результаты и обсуждение

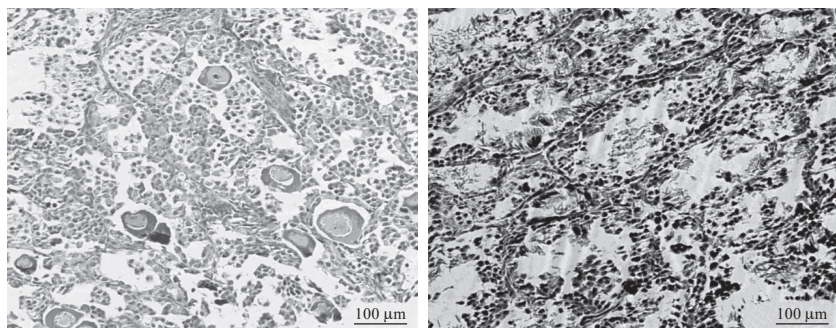
Статистический анализ полученных данных по количеству аномальных (измененная форма головки) сперматозоидов в 1 мм<sup>2</sup> мазкового препарата семенника в зависимости от уровня антропогенной нагрузки не выявил значимых различий (Kruskal Wallis Test,  $p > 0,05$ ). В целом количество аномальных сперматозоидов у животных не превышает 7 % в лесопарке, 3 % в ЦПКиО и 4 % в окрестностях р. М. Кушва.

При морфометрическом исследовании сперматозоидов озерной лягушки нами установлено, что размер головки сперматозоида варьирует от 20,1 до 68,1 мкм<sup>2</sup>. При анализе изменчивости площади головки сперматозоидов у озерной лягушки был использован однофакторный дисперсионный анализ. Показано, что головки сперматозоидов у озерных лягушек, населяющих лесопарк, статистически значимо больше в сравнении с лягушками других изучаемых районов. Средние значения площади головки сперматозоида в ЦПКиО, лесопарке Калиновские разрезы, окрестностях р. М. Кушва составили соответственно (среднее  $\pm$  ошибка среднего): 38,31  $\pm$  0,44 / 39,01  $\pm$  0,31 / 40,51  $\pm$  0,73 ( $F(2, 514) = 4,25, p = 0,01$ ). Наименьшая площадь головок, таким образом, отмечена в районе поймки гермафродитной особи – в ЦПКиО.

Дегенеративные изменения в герминативном отделе семенника вызывают элиминацию и дегенерацию хромосом, в результате чего образуются сперматозоиды с недостаточным содержанием хроматина (с малым размером головки) [Мамина, Жигальский,

2006]. Причиной появления подобных сперматозоидов могут быть нарушения деления сперматоцитов в семеннике, которые приводят к образованию многоядерных клеток. Можно сделать предположение, что самцы озерных лягушек, обитающие в ЦПКиО, обладают наименьшей оплодотворяющей способностью сперматозоидов.

При изучении гистологической структуры семенников животных ооциты были обнаружены только в ткани семенника гермафродита (рисунок). При этом ооциты были видны на срезах только в верхней части семенника. Наряду с присутствием ооцитов в этой части органа отсутствовали семенные каналцы, содержащие сперматозоиды. На срединных срезах органа присутствия ооцитов в ткани семенника не наблюдалось. Семенные каналцы содержали все типы клеток, включая сперматозоиды. В ткани других половозрелых самцов, отловленных на территории ЦПКиО, ооцитов обнаружено не было.



*a*

*б*

Поперечный срез семенника озерной лягушки (гермафродит) ув.  $\times 100$ :

*a* – верхняя часть органа, в семенных каналцах помимо клеток сперматогенного эпителия присутствуют ооциты; *б* – срединный срез органа, семенные каналцы содержат все типы клеток, включая сперматозоиды

Полученные данные согласуются с результатами изучения влияния атразина на гонады неполовозрелых леопардовых лягушек (*Rana pipiens* Schreber, 1782) на территории США. Авторами было показано неравномерное развитие гонад, при котором часть

органа даже внешне сходна по строению с яичником. Другая часть в своем строении наряду с семенными канальцами содержит ооциты [Hayes et al, 2003].

Учитывая то, что половое развитие регулируется не только генетическими, но и гормональными факторами, причиной появления гермафродитной особи озерной лягушки на территории Екатеринбурга, вероятно, стало влияние внешних антропогенных факторов: присутствие гормональных деструкторов в водоеме.

Результаты нашего исследования, несомненно, следует считать предварительными. Но они диктуют необходимость продолжения проведения полевых исследований по изучению воздействия комплекса факторов антропогенной дестабилизации среды, включая возможное влияние гормональных деструкторов на амфибий. На данном этапе исследования мы можем высказать определенные предположения. В зависимости от уровня антропогенной нагрузки количество аномальных сперматозоидов (измененная форма головки) у озерной лягушки изменяется незначительно. Размер головок сперматозоидов у озерной лягушки, вероятно, можно отнести к достаточно чувствительным к неблагоприятному воздействию параметрам. Причина появления гермафродитной особи озерной лягушки на территории ЦПКиО, вероятно, связана с действием урбанизации и требует проведения дополнительных исследований.

### **Библиографические ссылки**

*Вершинин В. Л., Сердюк С. Д., Черноусова Н. Ф., Толкачев О. В., Силс Е. А., 2006.* Пути адаптациогенеза наземной фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург : УрО РАН, Банк культурной информации. 182 с.

*Мамина В. П., Жигальский О. А., 2006.* Оценка оплодотворяющей способности сперматозоидов у рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) на разных фазах динамики численности // Успехи современной биологии. Т. 126, № 4. С. 413–420.

*Никитин А. И., 2008.* Вредные факторы среды и репродуктивная система человека. СПб. : ЭЛБИ-СПб. 237с.

*Du Preez L. H., Kunene N., Hanner R., Giesy J. P., Solomon K. R., Hosmer A., Van der Kraak G. J., 2009.* Population-specific incidence of tes-

ticular ovarian follicles in *Xenopus laevis* from South Africa: A potential issue in endocrine testing // Aquatic Toxicology. Nr 95. P. 10–16.

Hayes T., Haston K., Tsui M., Hoang A., Haeffele C., Vonk A., 2003. Atrazine-induced hermaphroditism at 0.1 ppb in American leopard frogs (*Rana pipiens*): Laboratory and field evidence // Environmental Health Perspectives. Vol. 111. P. 568–575.

Hecker M., Giesy J. P., Jones P. D., Jooste A. M., Carr J. A., Solomon K. R., Smith E. E., Van Der Kraak G., Kendall R. J., du Preez., 2004. Plasma sex steroid concentrations and gonadal aromatase activities in African clawed frogs (*Xenopus laevis*) from South Africa // Environmental Toxicology and Chemistry. Nr 23. P. 1996–2007.

McDaniel T. V., Martin P. A., Struger J., Sherry J., Marvin C. H., McMaster M. E., Clarence S., Tetreault G., 2008. Potential endocrine disruption of sexual development in free ranging male northern leopard frogs (*Rana pipiens*) and green frogs (*Rana clamitans*) from areas of intensive row crop agriculture // Aquatic Toxicology. Nr 88. P. 230–242.

Murphy M. B., Hecker M., Coady K. K., Tompsett A. R., Higley E. B., Jones P. D., Du Preez L. H., Solomon K. R., Carr J. A., Smith E. E., Kendall R. J., Van Der Kraak G., Giesy J. P., 2006. Plasma steroid hormone concentrations, aromatase activities and GSI in ranid frogs collected from agricultural and non-agricultural sites in Michigan (USA) // Aquatic Toxicology. Nr 77. P. 153–166.

Reeder A. L., Foley G. L., Nichols D. K., Hansen L. G., Wikoff B., Faeh S., Eisold J., Wheeler M. B., Warner R., Murphy J. E., Beasley V. R., 1998. Forms and prevalence of intersexuality and effects of environmental contaminants on sexuality in cricket frogs (*Acris crepitans*) // Environmental Health Perspectives. Nr 106. P. 261–266.

Skelly D. K., Susan R. Bolden & Kirstin B. Dion, 2010. Intersex Frogs Concentrated in Suburban and Urban Landscapes // EcoHealth. Vol. 7.I.3. P. 374–379.

Smith E. E., Du Preez L. H., Gentles A., Solomon K. R., Tandler B., Carr J. A., Van der Kraak G. L., Kendall R. J., Giesy J. P., Gross T. S., 2005. Assessment of laryngeal muscle and testicular cell types in *Xenopus laevis* (Anura Pipidae) inhabiting maize and non-maize growing areas of South Africa // African J. of Herpetology. Nr 54. P. 69–76.

Storrs-Mendez S. I., Semlitsch R. D., 2010. Intersex Gonads in Frogs: Understanding the Time Course of Natural Development and Role of Endocrine Disruptors // J. of Experimental Zoology Part B-Molecular and Developmental Evolution. 314B. P. 57–66.

**МАССОВЫЕ АНОМАЛИИ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ  
У ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК  
(PELOPHYLAX ESCULENTUS COMPLEX)  
В ПРИДНЕСТРОВЬЕ:  
ПРОБЛЕМА ФАКТОРОВ И БИОИНДИКАЦИИ**

**О. С. Безман-Мосейко<sup>1</sup>, Л. Я. Боркин<sup>1</sup>,  
Ю. М. Розанов<sup>2</sup>, С. Н. Литвинчук<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург)

<sup>2</sup> Институт цитологии РАН (Санкт-Петербург)

**MASS HINDLIMB DEFORMITIES OF GREEN FROGS  
(PELOPHYLAX ESCULENTUS COMPLEX)  
IN PRIDNESTROVIE:  
CAUSES AND BIOINDICATION**

**O. S. Bezman-Moseyko<sup>1</sup>, L. J. Borkin<sup>1</sup>,  
J. M. Rosanov<sup>2</sup>, S. N. Litvinchuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Zoological institute, Russian Academy of Sciences (St. Petersburg)

<sup>2</sup> Institute of cytology, Russian Academy of Sciences (St. Petersburg)

*Mass hindlimb abnormalities (above 60 %) were found in two localities with syntopic Pelophylax ridibundus and hybridogenous P. esculentus in Pridnestrovie. Individually, frogs can have 1–7 anomalies in P. ridibundus and 2–4 in P. esculentus. Some differences in variety of deformities and their frequencies were observed between both species and both localities. Importantly, water bodies inhabited by green frogs with mass abnormalities were characterized by absence of chemical pollution and any significant human impact.*

*Массовые аномалии задних конечностей (свыше 60 %) были отмечены у синтопических Pelophylax ridibundus и гибридных P. esculentus в двух локалитетах в Приднестровье. Особь P. ridibundus может нести 1–7 аномалий, а P. esculentus – 2–4. Для обоих видов и локалитетов отмечены различия в вариантах аномалий и их частотах. Важно отметить, что водоемы, населенные зелеными лягушками с массовыми аномалиями, характеризовались отсутствием химического загрязнения и какого-либо существенного антропогенного воздействия.*

В 2007–2012 гг. в ходе фаунистических исследований на левобережье р. Днестр в границах Приднестровской Молдавской Республики в более чем 30 водоемах было обследовано около 12 000 особей бесхвостых амфибий 9 видов. В двух пунктах на севере Приднестровья у зеленых лягушек (*Pelophylax esculentus* complex) была выявлена массовая встречаемость аномальных особей.

В урочище Бугорня Каменского района (47°55'24"N, 29°09'36"E) в 2007 г. отловлено 447 особей, в 2008–2011 гг. – еще 113. Помимо зеленых лягушек, в этом водоеме обитают и нерестятся еще 5 видов бесхвостых амфибий (*Bufo bufo*, *Hyla arborea*, *Bombina bombina*, *Rana dalmatina*, *R. temporaria*), однако никаких аномалий у них замечено не было. Вторая популяция найдена в окрестностях села Плоть Рыбницкого района (47°58'07"N, 28°51'35"E). Водоем был обследован в 2011 и 2012 гг. У других бесхвостых амфибий (*B. viridis*, *H. arborea*, *B. bombina*, *R. dalmatina*, *P. fuscus*) аномалии обнаружены не были.

Видовую принадлежность зеленых лягушек определяли как в полевых условиях (по внешним признакам), так и методом проточной ДНК-цитометрии (ссылка). Обе изученные популяции относятся к смешанной системе, где встречаются два вида: гибридный *P. esculentus* и *P. ridibundus* (R–E тип). Все цитометрически изученные особи *P. esculentus* были диплоидными гибридами. Измерение количества ядерной ДНК не выявило различий между нормальными и аномальными особями.

Первичная идентификация аномалий проводилась в месте наблюдений. Часть особей была зафиксирована в 70 % растворе этилового спирта и затем подвергнута рентгенологическому обследованию с помощью аппарата CNB2 (жесткое облучение). Большая часть исследованных особей были неполовозрелыми. Количественная обработка данных по аномалиям проведена в соответствии с нашими предложениями [Боркин и др., 2012].

В обоих водоемах был проведен химический анализ воды. Все показатели оказались не выше нормативов, установленных СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству центральных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».



Встречаемость аномальных особей ( $P_{as}$ ) в популяции Бугорня в 2007 г. составила 75 % у *P. ridibundus* ( $n = 235$ ) и 62 % у *P. esculentus* ( $n = 212$ ), в популяции Плоть в 2011 г. 61 % ( $n = 46$ ) и 62 % ( $n = 16$ ) соответственно.

Обнаруженные аномалии затрагивали лишь задние конечности лягушек и были связаны с отсутствием отдельных элементов, их полным или частичным срастанием, укорочением, утолщением либо другой деформацией. Лишь в немногих случаях наблюдалось увеличение числа отдельных элементов конечности. Проявление аномалий чаще имело асимметричный, чем симметричный характер – в популяции из Бугорни у *P. ridibundus* аномалии только правой лапы отмечены у 45 % амфибий, только левой – у 54 % и в 9 % случаев аномалии обнаружены на обеих конечностях; для *P. esculentus* эти показатели составили 41 %, 59 % и 29 % соответственно; в с. Плоть соответственно – у *P. ridibundus* – 29 %, 68 % и 3 %, у *P. esculentus* – 80 %, 20 % и 0 %.

Обнаруженные аномалии мы разделили на следующие 10 типов: бифуркация, брахимелия, деформация, дубликация, искривление, клинодактилия, полидактилия, синдактилия, эктродактилия, эктромелия. Эти категории аномалий в целом совпадают с предложенными в литературе [Borkin, Pikulik, 1986; Tyler, 1989, p. 165–168; Lannoo, 2008]. Варианты аномалий, зарегистрированные нами у зеленых лягушек в Приднестровье, были найдены и у разных видов хвостатых и бесхвостых амфибий в других регионах [Lannoo, 2008], что указывает на неспецифичность этих отклонений в строении.

Парциальная встречаемость отдельных категорий аномалий ( $A_p$ , %) в популяции Бугорня варьировала в пределах 5–66 % у *P. ridibundus* и 10–52 % у *P. esculentus*, в популяции Плоть 9–54 % и 6–50 % соответственно.

Относительная встречаемость различных аномалий составляла в популяции Бугорня 6–88 % ( $A_{rs}$ ) и 2–21 % ( $A_{ra}$ ) у озерной лягушки и 16–83 % ( $A_{rs}$ ) и 4–22 % ( $A_{ra}$ ) у съедобной лягушки. В другой популяции (Плоть) эти показатели были 14–89 % ( $A_{rs}$ ) и 5–29 % ( $A_{ra}$ ) у *P. ridibundus* и 10–80 % ( $A_{rs}$ ) и 5–40 % ( $A_{ra}$ ) у *P. esculentus*.



Спектр аномалий в целом оказался сходен как у озерной, так и у съедобной лягушек. Так, в обеих популяциях высока частота эктродактилии ( $A_p = 41\text{--}66\%$ ) и деформации (31–48 %). Однако в Бугорне полидактилия не была обнаружена у *P. esculentus*, а ее встречаемость у *P. ridibundus* составила лишь 5 %. В с. Плоть, наоборот, в 6 % данная аномалия наблюдалась у *P. esculentus* и отсутствовала у озерной лягушки. В этой же популяции у съедобной лягушки не выявлены брахидактилия и синдактилия, характерные для *P. ridibundus* ( $A_p = 9$  и 17 %).

Хотя всего выявлено 10 разных категорий аномалий, у особей в Бугорне может встречаться от 1 до 7 аномалий одновременно у *P. ridibundus* и от 2 до 4 – у *P. esculentus*, а в с. Плоть 1–5 и 2–3 соответственно. Индивидуальный спектр аномалий ( $S_{ai}$ ) был равен в Бугорне 4,1 у *P. ridibundus* и 3,7 у *P. esculentus*, в популяции Плоть 3,1 и 2,0 соответственно. Индекс Животовского ( $S_{ap}$ ) в Бугорне составил 8,35 у *P. ridibundus* и 7,49 у *P. esculentus*, в популяции Плоть 7,14 и 5,93 соответственно.

Наши данные показывают, что аномалии задних конечностей выражены преимущественно у сеголеток или неполовозрелых лягушек. Среди взрослых лягушек за весь период изучения обоих водоемов аномалии были зарегистрированы только у трех самцов *P. esculentus* из Бугорни.

Наш мониторинг популяции в Бугорне в течение 4 лет показал, что массовые аномалии в строении задних конечностей (более 60 %) у обоих видов зеленых лягушек случились здесь лишь в 2007 г., а позже отмечались лишь единичные случаи. Аналогичные случаи заметного снижения числа особей с деформациями с течением времени отмечены и в других регионах [напр.: Rostand, 1959; Flyaks, Vorikin, 2004; Некрасова и др., 2007]. Таким образом, аномальные особи могут внезапно в массе появляться и исчезать или, наоборот, проявляться в течение длительного времени. Причины этого неизвестны. Возможно, они связаны с разным влиянием аномалий на жизнеспособность особей, а также с разовым или ежегодно повторяющимся действием фактора, вызывающего эти аномалии.

В литературе обсуждается множество причин, которые могут обусловить появление массовых аномалий у амфибий в природе [напр.: Dubois, 1979; Tyler, 1989; Flyaks, Borkin, 2004; Lannoo, 2008]. Еще большее количество факторов, вызывающих те или иные отклонения, выявлено в многочисленных экспериментах. Нарушения в развитии конечностей могут быть вызваны наследственными факторами (мутации, хромосомные повреждения), межвидовой гибридизацией, воздействием хищников, вирусами, заражением паразитами, экстремальной плотностью головастиков, нарушениями в питании, гормональным дисбалансом, морфогенезом в условиях экстремальных температур, ультрафиолетовым облучением, закислением водоемов, загрязнением водоемов радиоактивными отходами, тяжелыми металлами, пестицидами и удобрениями, влиянием озона, воздействием магнитного поля, обитанием на краю ареала и др.

Из всех вышеперечисленных причин наиболее вероятными в нашем случае представляются наследственные факторы или заражение вирусами. Однако ни подтвердить, ни опровергнуть этого мы пока не можем. Действие остальных факторов, включая различного рода загрязнения, нами не обнаружено.

Ситуация в Приднестровье интересна тем, что высокая доля аномальных особей была найдена сразу у двух близкородственных видов зеленых лягушек в обоих водоемах. Полагают [Ouellet et al., 1997, p. 100], что одновременная встречаемость одинаковых аномалий у более чем одного вида амфибий в одном и том же водоеме говорит о действии экзогенного фактора. Считается также, что если раньше аномалии затрагивали в водоеме лишь один из видов, то в последние десятилетия регистрируется все больше случаев их проявления у синтопичных видов [Gardiner, Hoppe, 1999, p. 207].

Однако в нашем случае оба вида зеленых лягушек образуют смешанную популяционную систему R–E типа, в которой особи могут скрещиваться как в пределах своего вида, так и с особями другого, причем гибридные особи *P. esculentus* в данном случае передают только геном одного из родительских видов – *P. lessonae*. Поэтому если имеется некий генетический фактор, вызывающий

аномалии, который может передаваться от одного вида к другому, то, исходя из состава видов и особенностей наследования у *P. esculentus*, он может локализоваться только в геноме *P. ridibundus*. В таком случае передача этого фактора должна идти в направлении от *P. ridibundus* к *P. esculentus*.

Наши данные заставляют с осторожностью относиться к использованию аномалий амфибий в качестве биоиндикации загрязнения среды, так как массовые нарушения в строении задних конечностей у зеленых лягушек были зарегистрированы в водоемах, где не было отмечено явного антропогенного воздействия.

### Библиографические ссылки

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. СПб. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Некрасова О. Д., Межжерин С. В., Морозов-Леонов С. Ю., Сытник Ю. М., 2007. Случай массовой полимелии у озерных лягушек (*Rana ridibunda* Pall., 1771) Киева // Науковий вісник Ужгородського університету. Вип. 21. С. 92–95. (Сер. Біологія).

Borkin L. J., Pikulik M. M., 1986. The occurrence of polymely and polydactyly in natural populations of anurans of the USSR // Amphibia-Reptilia. Leiden. Vol. 7, Nr 3. P. 205–216.

Dubois A., 1979. Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana «esculenta»* complex (Amphibia, Anura) // Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin. Bd. 55, H. 1. S. 59–87.

Flyaks N. L., Borkin L. J., 2004. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // Applied Herpetology. Leiden. Vol. 1. P. 229–264.

Gardiner D. M., Hoppe D. M., 1999. Environmentally induced limb malformations in mink frogs (*Rana septentrionalis*) // J. of Experimental Zoology. Vol. 284. P. 207–216.

Lannoo M., 2008. Malformed Frogs. The Collapse of Aquatic Ecosystems. Berkeley ; Los Angeles ; London : University of California Press. 270 p.

Ouellet M., Bonin J., Rodrigue J., DesGranges J.-L., Lair S., 1997. Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats // J. of Wildlife Diseases. Vol. 33, Nr 1. P. 95–104.

*Rostand J.*, 1959. L'anomalie P chez la grenouille verte (*Rana esculenta* L.) // Bulletin Biologique de la France et de la Belgique. Paris. T. 93, 1er trimestre, fasc. 1. P. 7–15.

*Tyler M. J.*, 1989. Australian Frogs. Viking O'Neil, Penguin Books Australia Ltd, Ringwood. 220 p.

**АНОМАЛИИ У СЕГОЛЕТОК ОБЫКНОВЕННОГО ТРИТОНА  
(*LISSOTRITON VULGARIS* L., 1758)  
НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**Д. Л. Берзин**

Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

**ANOMALIES IN JUVENILES OF SMOOTH NEWT  
(*LISSOTRITON VULGARIS* L., 1758)  
IN URBAN AREA**

**D. L. Berzin**

Ural Federal University (Ekaterinburg)

*This work is a methodological analysis of the possibility of using morphological abnormalities in common newt's populations for environmental health assessment.*

*Настоящая работа представляет собой методологический анализ возможности использования морфологических аномалий в популяциях обыкновенного тритона для оценки здоровья окружающей среды.*

**Материал и методы**

В основе данного исследования лежат сборы сеголеток и взрослых особей обыкновенного тритона *Lissotriton vulgaris* L. В. Л. Вершинина и Д. Л. Берзина (2010–2013) на территории естественных и антропогенных ландшафтов Урала. Основная часть материала собрана на территории Екатеринбургской городской агломерации. Животные собраны в местообитаниях с разным уровнем урбанизации, в соответствии с ландшафтной типизацией [Вершинин,

1980]: II – зона многоэтажной застройки, III – зона малоэтажной застройки, IV – лесопарковая зона, K – загородный лес. Отлов животных проводился вручную в водных и наземных местообитаниях, сеголетки отлавливались вскоре после завершения метаморфоза. Гидрохимические анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа Уральского государственного горного университета.

### **Результаты и обсуждение**

Среди других позвоночных животных земноводные обладают наибольшей чувствительностью к загрязнениям, так как все этапы развития протекают вне организма самки [Большаков и др., 2001]. Кожа амфибий – чувствительный орган, так как через нее осуществляется дыхание животного, поэтому Caudata чувствительны к различным загрязняющим веществам (нефтепродукты, свинец), которые растворены в воде. Химикаты, загрязнение тяжелыми металлами и просто существенные нарушения химического фона среды приводят к увеличению доли морфологических аномалий у тритонов [Вершинин, 2007]. Концентрация земноводными, в том числе и тритонами, поллютантов позволяет обнаружить загрязнение до того, как оно окажется значительным [Большаков и др., 2001]. У обыкновенного тритона, кроме еще большей по сравнению с углозубами доли аномалий конечностей, имеется такой специфический компонент, как кожные новообразования, которые отражают уровень загрязненности среды канцерогенами [Breedis, 1952; Dumont et al., 1979] и используются как специальный «тритоновый тест» [Плисс, Худoley, 1979]. В связи с этим тритонов используют как индикатор состояния окружающей среды.

Использование тритонов для оценки качества природной среды позволяет сделать то, что не под силу измерительным приборам: с их помощью определяют не концентрацию того или иного загрязнителя, а дают общую оценку качества природной среды, ее пригодности для живых существ, в том числе для человека [Иванов, 2010]. Обыкновенный тритон в силу своих биологических особенностей – весьма удобный объект для оценки состояния экосистем (как наземных, так и водных). Его широкое распространение, мор-

фологический полиморфизм, способность аккумулировать поллютанты, тяжелые металлы, радионуклиды, возможность использования этого вида в условиях лабораторного эксперимента, хорошая изученность биологии и экологии позволяют использовать данное животное в качестве биоиндикатора [Пястолова и др., 1996].

Одной из качественных характеристик морфологической специфики популяций амфибий является наличие девиантных форм, а также их встречаемость. Анализ частот морфологических аномалий *L. vulgaris* показал, что имеется тенденция к увеличению их суммарной встречаемости у сеголеток и взрослых животных в популяциях, населяющих урбанизированные территории. Например, у сеголеток в зоне II наблюдается довольно высокая частота встречаемости морфологических аномалий. При исследовании животных ( $n = 113$ ) из зоны II было обнаружено 6,2 % аномалий, в зоне III ( $n = 86$ ) – 1,1 %, в зоне IV ( $n = 119$ ) – 9,2 %. В природных популяциях ( $n = 7$ ) не было обнаружено девиантных форм. У взрослых *L. vulgaris* в зоне II наблюдается более высокая частота встречаемости морфологических аномалий по сравнению с сеголетками. При исследовании животных ( $n = 179$ ) из зоны II было обнаружено 8,9 % аномалий, в зоне III ( $n = 103$ ) – 15,5 %, в зоне IV ( $n = 99$ ) – 13,1 %, в природных популяциях ( $n = 19$ ) – 5,2 %.

Наибольшее количество вариантов аномалий у сеголеток *L. vulgaris* встречается в зоне многоэтажной застройки. У сеголеток *L. vulgaris* встречаются: отеки, олигодактилия (меньшее число пальцев), эктромелия (укороченные или отсутствующие отделы конечности), аномалии осевого скелета, эктродактилия (отсутствие части элементов в строении пальцев). Чаще всего у сеголеток имеются следующие девиантные формы: эктроздактилия и олигодактилия.

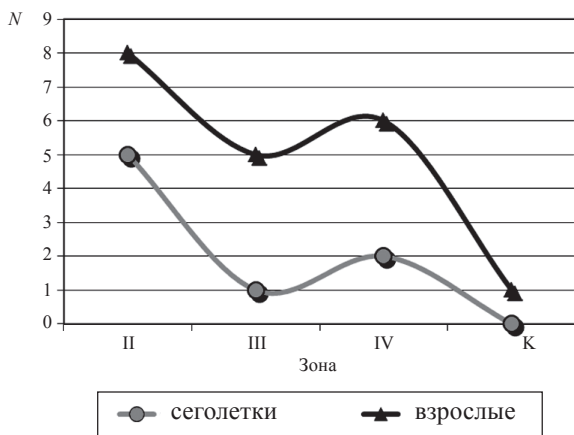
У взрослых особей *L. vulgaris* встречается следующий спектр аномалий: таумелия (сильное изменение плана строения конечности), полидактилия (наличие дополнительных пальцев), олигодактилия (меньшее число пальцев), клинодактилия (разветвление пальцев), эктроздактилия (отсутствие части элементов в строении пальцев), эктромелия (укороченные или отсутствующие отделы конечности), брахимелия (симметричные укороченные конечности), новообразования, аномалии осевого скелета, а также пигментные

отклонения. Наиболее часто встречаются следующие девиации: отеки, клинодактилия, полидактилия, аномалии скелета, что связано с аномальной регенерацией.

Высокая доля вариантов аномалий у взрослых особей обыкновенного тритона, вероятно, обусловлена не только отклонениями в ходе онтогенеза в условиях антропогенной трансформации среды, но также связана с явлением аномальной регенерации в условиях загрязнения среды обитания [Вершинин, 1997].

Меньшая встречаемость и разнообразие аномалий у сеголеток *L. vulgaris* в сравнении с половозрелыми животными обусловлены, по-видимому, высокой смертностью вариантов, характеризующихся отклонениями в формообразовательной потенции.

В целом для обыкновенного тритона число вариантов аномалий и их встречаемость имеют тенденцию к накоплению с возрастом (рисунок).



Число вариантов аномалий *L. vulgaris* в градиенте урбанизации

Вероятно, высокие концентрации загрязнителей в водоемах урбанизированных территорий способствуют увеличению частоты отклонений развития и аномальной регенерации. Так, широкий спектр вариантов и высокий процент аномалий характерен для животных, обитающих в местообитаниях с высокой минерализацией

поверхностных вод, являющейся интегральным показателем загрязнения (таблица).

### Изменение минерализации нерестовых водоемов в градиенте урбанизации

| Зона                      | Минерализация, мг/л | N (количество проб) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| II многоэтажной застройки | 547,9 ± 39,2        | 13                  |
| III малоэтажной застройки | 234,3 ± 30          | 22                  |
| IV лесопарковая зона      | 134,4 ± 25          | 32                  |
| K пригородный лес         | 109 ± 40,7          | 12                  |

Возможно, встречаемость аномалий у обыкновенного тритона зависит также от кислотности водоемов. *L. vulgaris* предпочитает водоемы с нейтральным или слегка щелочным рН [Вершинин и др., 2006]. Он отмечен в прудах с рН 6,0–9,0, но не встречается при рН < 6,0, хотя отдельные животные обнаружены и при рН 5,8. При значениях рН < 3,9 обыкновенные тритоны полностью отсутствуют. Возможно, в водоемах с предельным уровнем рН для данного вида наблюдается большее количество девиантных форм. В зоне II рН около 8,0, что близко к критическому значению для данного вида.

В результате данного исследования удалось установить, что ширина спектра и частота морфологических аномалий растут на урбанизированной территории как у сеголеток, так и у взрослых животных, что определяется как ростом отклонений развития, так и аномальной регенерацией в условиях загрязнения и антропогенной дестабилизации среды.

Меньшая встречаемость и небольшое разнообразие аномалий у сеголеток *L. vulgaris* в сравнении с половозрелыми животными обусловлены, по-видимому, высокой смертностью вариантов, характеризующихся отклонениями в формообразовательной потенции. Высокая доля вариантов аномалий у взрослых особей обыкновенного тритона, в сравнении с сеголетками, может быть вызвана аномальной регенерацией в условиях загрязнения.



## Библиографические ссылки

Большаков В. Н., Пястолова О. А., Вершинин В. Л., 2001. Специфика формирования видовых сообществ животных на техногенных и урбанизированных ландшафтах // Экология. № 5. С. 349–354.

Вершинин В. Л., 1980. Распределение и видовой состав амфибий городской черты Свердловска // Информ. материалы Ин-та экологии растений и животных. Свердловск : УНЦ АН СССР. С. 5–6.

Вершинин В. Л., 1997. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий : автореф. ... д-ра биол. наук / Ин-т ЭРИЖ УрО РАН. Екатеринбург. 49 с.

Вершинин В. Л., 2007. Амфибии и рептилии Урала. Екатеринбург : УрО РАН. 170 с.

Вершинин В. Л., Середюк С. Д., Черноусова Н. Ф. и др., 2006. Пути адаптациогенеза наземной фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург : Изд-во УрО РАН. 183 с.

Иванов А. А., 2010. Тритон гребенчатый (*Triturus cristatus*) как биоиндикатор чистоты водоема // Зоологические исследования в регионах России и в сопредельных территориях : материалы междунар. науч. конф. Саранск. С. 271–273.

Плисс Г. Б., Худoley В. В., 1979. Онкогенез и канцерогенные факторы у низших позвоночных и беспозвоночных животных // Экологическое прогнозирование. М. : Наука. С. 167–185.

Пястолова О. А., Вершинин В. Л., Трубецкая Е. А., Гатиятуллина Э. З., 1996. Использование амфибий в биоиндикационных исследованиях территории восточно-уральского радиоактивного следа // Экология. № 5. С. 378–383.

Breedis C., 1952. Induction of accessory limbs and of sarcoma in the newt (*Triturus viridescens*) with cancerogenic substances // Cancer Research. Vol. 12. P. 861–866.

Dumont J. N., Schultz T. W., Jones R. D., 1979. Toxicity and teratogenicity of aromatic amines to *Xenopus laevis* // Bull. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 22. P. 159.

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ АМФИБИЙ: ЧТО МЫ ИЗУЧАЕМ И КАК ОЦЕНИВАЕМ?**

**Л. Я. Боркин**

Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург)

## **MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES IN NATURAL POPULATIONS OF AMPHIBIANS: WHAT DO WE STUDY AND HOW DO WE MEASURE?**

**L. J. Borkin**

Zoological institute, Russian Academy of Sciences (St. Petersburg)

*Some problems of studies of morphological deformities in natural populations of amphibians are discussed. The frequency of malformed animals equal to 5 % of a sample is suggested for the separation between the background and mass occurrence. The distribution of deformity records across species and higher taxonomic groups of amphibians as well as across geographical regions is surveyed. The frequency of malformed animals is higher in aquatic rather than in semiaquatic or terrestrial species. Shared occurrence of deformities in some syntopic species is mentioned. Sampling, statistical methods, unification of terminology, and identification of deformities in cases of so called syndromes are also considered.*

*Обсуждаются проблемы изучения морфологических аномалий в природных популяциях амфибий. Для разделения фоновых и массовых аномалий предлагается 5 % уровень встречаемости аномальных особей в выборке для условного разделения на фоновые и массовые. Анализируется информация о распространении аномалий у разных видов амфибий и более крупных таксономических категорий, а также в различных географических областях. Частота аномалий у водных видов выше в сравнении полуводными и наземными. Сравнивается встречаемость аномалий у синтопических видов. Также обсуждаются отбор проб, статистические методы, унификация терминологии и идентификация аномалий в случаях так называемых синдромов.*

В Европе сведения о находках «монстров» среди амфибий появились еще в первой половине XVIII в. В России первый случай аномалии (полидактилия) был описан Н. А. Холодковским (1896) у двух особей зеленых лягушек *Rana esculenta* (= *Pelophylax ridibundus*), пойманных А. А. Силантьевым в Хреновском бору Воронежской губернии. В XIX и первой половине XX в. ряд ученых придавали «уродствам» важное значение, рассматривая их как проявление особого механизма эволюции организмов.

Начиная с середины прошлого века число зарегистрированных случаев аномалий в природных популяциях амфибий резко возросло, а само это явление привлекло к себе повышенное внимание ученых и вызвало сильную озабоченность населения, особенно в Северной Америке, в контексте качества среды. Признаком последних 50–60 лет стала также массовая встречаемость аномальных особей, чего не было ранее [Lanno, 2008; p. 126]. В СССР первый случай массовых аномалий (полимелия и др.) был обнаружен в 1947 г. у озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* в окрестностях Алма-Аты, Казахстан [Войткевич, 1948]. Он изучался затем в течение 15 лет [Woitkewitch, 1962, p. 754].

Нередко различают две группы отклонений в строении: а) связанные с нарушением морфогенеза; б) травматические. Однако на практике обособить две категории «нетипичной морфологии» подчас весьма трудно, особенно в полевых условиях, когда аномалии чаще всего регистрируются в ходе беглого внешнего осмотра пойманных особей. Поэтому многие авторы под аномалией понимают любое отклонение от нормы, независимо от причины, его вызвавшей. Нарушения могут затрагивать самые разные части и органы тела амфибий, как внешние, так и внутренние. В качестве примера можно привести массовую встречаемость у североамериканских леопардовых лягушек опухолей почки, которая вызывается вирусом Люке [McKinnell, 1973]. Этот же вирус может индуцировать хондросаркомы у амфибий [Mizgirev et al., 1984].

Поскольку теоретически аномалии могут появляться в любой популяции, не затронутой антропогенным воздействием, то важно оценить уровень такой *фоновой* встречаемости, чтобы отделить ее

от массовой. В качестве условного порога предлагались следующие значения: 1 % [Borkin, Pikulik, 1986], 2 % [e. g., Puky, Fodor, 2002; D'Amen et al., 2006] и 5 % [e. g., Боркин и др., 2012]. При частоте меньше этих значений аномалии относились к фоновым, а выше – к массовым [примеры см.: Боркин и др., 2012]. Однако даже в заповедниках ситуация может быть различной. Так, в США в 1997 г. аномальные Anura были обнаружены в 29 из 38 охраняемых территорий. При этом частота в 1 % была выявлена в 10 заповедниках, от 1 до 2 % – в 11 и от 2 до 5 % – также в 11, а от 5,5 до 9,9 % – в 4 охраняемых территориях [Converse et al., 2000]. В 1990-е гг. была замечена тенденция к явному повышению встречаемости фоновых аномалий – более 2 % [Johnson et al., 2003]. Поэтому было рекомендовано обращать особое внимание на случаи, когда частота аномальных амфибий в популяции достигает 10 %, поскольку это, по мнению авторов, указывает на наличие факторов среды, вызывающих аномалии [Fodor, Puky, 2002]. Рекордные значения массовых аномалий были выявлены у сеголеток норковой лягушки (*Rana septentrionalis*, ныне род *Lithobates*) в штате Миннесота, США – до 80 % [Gardiner, Hoppe, 1999], у зеленых лягушек комплекса *Rana esculenta* (ныне род *Pelophylax*) во Франции – до 77 % [Rostand, 1959] и у краснобрюхой жерлянки *Bombina bombina* в Венгрии – до 71 % [Puky, Fodor, 2002].

Сравнительный анализ данных показывает, что аномалии обнаруживаются не у всех видов амфибий. Более того, их встречаемость у бесхвостых амфибий явно выше, чем у хвостатых. Так, различные аномалии были обнаружены у 67 видов Anura в 159 местах и только у 26 видов Caudata в 43 местах. В фауне США аномальные особи зарегистрированы у 50 % (52 из 105) видов бесхвостых амфибий, тогда как у хвостатых амфибий лишь у 10 % (18 из 188) видов [Lannoo, 2008]. Возникает вопрос: чем вызвана такая разница между двумя отрядами амфибий?

В каждом из отрядов аномальные особи найдены также не у всех видов и родов [Ibid.]. Например, в фауне Anura США они отмечены в семействе Ascaphidae у *Ascaphus* (1 из 2 видов), среди Bufonidae у *Bufo* (10 из 23), среди Hylidae у *Acris* (2 из 2), *Hyla* (7 из 10),

*Osteopilus* (1 из 1) и *Pseudacris* (8 из 14), в семействе Microhylidae у *Gastrophryne* (2 из 2), среди Scaphiropodidae у *Scaphiopus* (2 из 3) и *Spea* (1 из 4), и, наконец, среди Ranidae у «*Rana*» sensu lato (17 из 31 вида). У хвостатых амфибий аномалии обнаружены в семействе Ambystomatidae у *Ambystoma* (8 из 17), в семействе Plethodontidae в родах *Desmognathus* (1 из 19), *Eurycea* (2 из 27) и *Plethodon* (5 из 54), а также в семействе Salamandridae среди тритонов *Noto-phthalmus* (1 из 3) и *Taricha* (2 из 3).

Аналогичная картина просматривается и при анализе фауны бывшего СССР. Случаи массовых аномалий выявлены у 4 из 12 видов хвостатых амфибий (33 %): *Salamandrella keyserlingii*, *Lissotriton vulgaris*, *Triturus cristatus* и *Triturus dobrogicus*. Среди бесхвостых амфибий число видов с аномалиями составляет 43 % (15 из 35 видов), в том числе с массовыми – 11 видов (*Bombina bombina*, *Bufo bufo*, *Bufo gargarizans*, *Bufo viridis*, *Pelophylax esculentus*, *Pelophylax lessonae*, *Pelophylax ridibundus*, *Rana amurensis*, *Rana pirica*, *Rana arvalis* и *Rana temporaria*). В пределах фоновой встречаемости находятся аномальные особи у еще 4 видов (*Pelobates vespertinus*, *Bufo turanensis*, *Hyla japonica* и *Hyla orientalis*). Почему аномалии известны не у всех видов, родов и даже семейств? Связано ли это с недостатком сведений или биологическими особенностями таксонов?

Географическое распределение массовых аномалий также очень неоднородно. Подавляющее число случаев зарегистрировано в умеренных широтах северного полушария. В Европе это следующие страны: Великобритания, Франция, Испания, Италия, Нидерланды, Германия, Венгрия, Черногория, Беларусь, Украина, Молдавия, Россия. В Азии: Россия (Сибирь и Дальний Восток), Казахстан, Монголия, Япония. В Африке: Марокко [Garcia-Mucoz et al., 2010] и Тунис [Ben Hassine et al., 2011]. Северная Америка (США, Канада) изобилует примерами массовых аномалий у амфибий. В южном полушарии они хорошо документированы в Австралии [Tyler, 1989], но в Южной Америке известны только в Аргентине [Peltzer et al., 2011]. Такой географический дисбаланс можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, Европа, Северная Америка и Австралия относятся к наиболее хорошо изученным территориям. Во-вто-

рых, это регионы с наибольшим техногенным воздействием человека и, соответственно, загрязнением среды. В-третьих, в умеренных широтах климат гораздо менее стабилен, в отличие от тропиков, что может влиять на амфибий. Тем не менее вопрос, действительно ли аномальные амфибии чаще встречаются в умеренных широтах, а если да, то почему, требует своего тщательного изучения, особенно в южных странах. Например, в Японии, где антропогенный пресс на природу весьма сильный, а герпетофауна хорошо изучена, такой широкой картины встречаемости аномалий, как в США, нет.

Имеется определенная связь между образом жизни и нарушениями в строении. Например, в США и Канаде чаще всего аномалиям подвержены водные амфибии (*Rana clamitans*, *Rana septentrionalis*), тогда как у наземных видов, например у лесной лягушки (*Rana sylvatica*), они значительно реже; леопардовая лягушка (*Rana pipiens*) с промежуточной экологией по встречаемости аномалий находится между ними [Gardiner et al., 2003]. Сейчас эти виды относят к роду *Lithobates* Fitzinger, 1843. Сходную тенденцию можно проследить и в европейской фауне, где массовые аномалии чаще всего и/или с наибольшей частотой сообщаются для водных лягушек (*Pelophylax*) или жерлянок и в меньшей степени – для группы наземных бурых лягушек (собственно *Rana*) или, например, для жаб [см. также: Flyaks, Borkin, 2004]. Зеленые лягушки комплекса *Pelophylax esculentus* вообще являются рекордсменами по числу публикаций и встречаемости аномалий.

Интересна также проблема неоднородной встречаемости аномалий внутри ареала вида. Известно много случаев, когда в массе они были отмечены у какого-либо вида в одном или нескольких регионах, а в других нет или вообще только в одном месте. Например, у сибирской лягушки (*Rana amurensis*) массовые аномалии найдены по краям ее огромного ареала – на острове Сахалин [Басарукин, 1984; Mizgirev et al., 1984] и в Курганской области [Гурвич, 2013]. У монгольской жабы (*Bufo raddei*), несмотря на ее также обширный ареал, массовые аномалии (эктромелия в разной форме) известны только в одной популяции на востоке Монголии [Боркин

и др., 2011]. Тем не менее, если вид «склонен» к аномалиям, то они обнаруживаются на разных участках его ареала. Хорошим примером может служить озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus*).

Любопытной и не до конца понятной проблемой следует считать проявление аномалий у так называемых синтопичных видов амфибий, т. е. живущих в одном и том же водоеме (биотопе). Например, на р. Тара в Черногории массовые аномалии обнаружили только у *Rana graeca*, а *Bufo bufo spinosus* и *Bombina variegata* были нормальными [Dubois, 1974]. С другой стороны, в Канаде (Квебек, водоем VE32) экстремелия и эктродактилия были выражены у метаморфизирующих особей *Rana clamitans*, *Rana pipiens* и *Bufo americanus* [Quellet et al. 1997, p. 97]. В Приднестровье массовые аномалии задних конечностей затронули оба вида зеленых лягушек, обитающих совместно [Безман-Мосейко и др., 2013]. Тем не менее вопрос, почему в случае синтопии аномалии встречаются не у всех видов, остается открытым.

В последние годы в нашей стране были предложены новые методы количественной обработки данных по аномалиям у амфибий [Спирина, 2009; Неустроева, Вершинин, 2011; Неустроева, 2012; Боркин и др., 2012]. Эти показатели можно разделить на три группы: а) встречаемость аномальных особей (*Pas*); б) встречаемость самих аномалий (*A*); в) спектр разнообразия аномалий (*S*). Поскольку этот вопрос достаточно детально рассмотрен Л. Я. Боркиным с соавторами (2012), которые разработали свою систему параметров, то здесь я его касаться не буду. Отмечу лишь, что параметр с одинаковым названием «среднее число аномалий на особь» был введен независимо в Екатеринбурге [Неустроева, Вершинин, 2011; Неустроева, 2012] и Санкт-Петербурге [Боркин и др., 2012], однако с разным методом подсчета. В первом случае количество вариантов аномалий надо делить на общее число особей в выборке (т. е. с аномалиями и без них), а во втором, – только на число особей с аномалиями. Для избежания путаницы я предлагаю варианты данного параметра называть *уральским* и *невским* соответственно.

Полагают, что разнообразие аномалий – более объективный показатель, чем встречаемость. Их спектр интересен сам по себе,

а также может использоваться для сравнительных целей (популяции, виды, воздействие различных факторов и т. д.). Например, в Среднем Поволжье у *P. ridibundus* было выявлено 13, у *Bufo bufo* – 5, а у *Rana arvalis* и *Bombina bombina* по 2 типа аномалий [Файзулин, Чихляев, 2006]. Важно также различать анализ разнообразия аномалий на *индивидуальном* и *популяционном* уровнях [Боркин и др., 2012, с. 333]. Сопоставление спектров можно производить с помощью индекса Мориситы, предлагаемого уральцами, или Чекановского – Сёренсена (наш подход).

Несомненно, важной проблемой является так называемая *сочетанность* аномалий. Действительно, если у особей встречается более одной аномалии, то существует ли какая-либо связь между этими аномалиями или их комбинирование имеет случайный характер? Чисто статистически это можно оценивать с помощью коэффициентов взаимной сопряженности. Однако еще больший интерес должен представлять биологический смысл такой сочетанности. В этом отношении полезен метод спектров Е. Е. Коваленко [1996а; 1996б], который в виде таблицы (решетки) позволяет сопоставлять потенциальный и реальный спектры, а также выявлять сочетанные аномалии и возможные синдромы. Получаемый при заполнении таблицы рисунок спектра будет указывать на характер связи между аномалиями. Например, мозаичное распределение заполненных ячеек скорее всего соответствует случайному (независимому) комбинированию нарушений в строении.

Полноценный количественный анализ встречаемости аномальных особей, самих аномалий и их спектра невозможен без адекватного сбора материала в поле. Полагают, что минимальная выборка не может быть менее 25 особей с одного места, лучше иметь 50, а в оптимуме 100, особенно в тех случаях, когда частота аномальных особей превышает 10 % [Fodor, Puky, 2002]. Естественно, чем больше выборка, тем надежнее будут статистические выводы. Поэтому мы советуем для обычных, массовых видов обследовать в популяции не менее 100 особей, что не сложно в случае личинок или сеголеток [Боркин и др., 2012]. Рекомендуют также производить отлов в период массовой активности вида с учетом сезона, вре-



мени суток и стадии развития, например в период размножения для взрослых или в период миграции (расселения) для сеголеток. Так как численность особей также может служить показателем состояния популяции, то желательно оценивать ее на площади не менее 400 м<sup>2</sup> или на 200 м береговой линии вдоль реки. Полезно также записывать дополнительные сведения, касающиеся водоема (тип, координаты, размеры, растительность, погода, другие амфибии, хищники и паразиты) и самих обследуемых амфибий. Для облегчения таких записей была даже разработана специальная анкета [Fodor, Puky, 2002, p. 40]. При обнаружении аномалий очень важно при возможности повторно обследовать популяцию в разные сезоны и годы.

Во многих работах было показано, что число аномальных особей падает с возрастом (но не всегда), что, по-видимому, связано с их пониженной выживаемостью. Поэтому очень важно указывать стадию развития. Для удобства работы в полевых условиях для бесхвостых амфибий можно использовать четыре главных стадии [Dubois, 1974; Боркин и др., 2012]: 1) головастики с двумя конечностями; 2) головастики с четырьмя конечностями, метаморфоз; 3) сеголетки, *juv.*; 4) особи после первой зимовки, т. е. неполовозрелые, *sad.* и половозрелые, *ad.* Естественно, что нельзя сравнивать частоту аномальных головастиков в одной популяции с аномальными взрослыми в другой.

Острой проблемой является скорейшая унификация терминов, используемых для обозначения аномалий. К сожалению, в литературе имеется заметная разнобой, когда одни и те же термины употребляются для разных аномалий и, наоборот, разные термины для одинаковых [Боркин и др., 2012]. Совершенно ясно, что необходимо разработать «полевой определитель аномалий» [Meteyer, 2000] для их предварительной регистрации на месте работы на основе внешнего вида. Не менее важна более детальная классификация на основе анатомии с помощью изготовления скелетов, рентгенографии, просветления мягких тканей и других методов, позволяющих обнаруживать внешне не выраженные аномалии [см.: Dubois, 1974; Borokin, Pikulik, 1986; Gardiner, Hoppe, 1999].

Сущностная идентификация аномалий – также не простая задача. Как выделять отдельные их категории? Например, считать ли разное число пальцев (или конечностей) в случае полидактилии (или полимелии) разными аномалиями или же относить к одной категории с разной степенью экспрессивности. Очень сложны для идентификации и последующего обсчета так называемые полиморфные синдромы, отражающиеся в разных частях скелета [Dubois, 1974; Коваленко, 2000; Боркин и др., 2012]. Что в таком случае считать за единицу учета (аномалию): весь синдром или его отдельные проявления? Широко известным примером служит аномалия *P* [Rostand, 1971; A. Dubois, 2013].

### Библиографические ссылки

*Басарукин А. М.*, 1984. О некоторых морфологических аномалиях у амфибий Сахалина и Курильских островов // Итоги исследований по вопросам рационального использования и охраны биологических ресурсов Сахалина и Курильских островов : тез. докл. II науч.-практ. конф. Ноябрь 1984 г. Южно-Сахалинск : Сахалинский отдел, Географическое общество СССР. С. 62–64.

*Безман-Мосейко О. С., Боркин Л. Я., Розанов Ю. М., Литвинчук С. Н.*, 2013. Массовые аномалии задних конечностей у зеленых лягушек (*Pelophylax esculentus* complex) в Приднестровье: проблема факторов и биоиндикации // Аномалии и патологии амфибий и рептилий : методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды : материалы междунар. школы-конф.: 23–26 сент. 2013 г., Екатеринбург. Екатеринбург : Изд-во УрФУ.

*Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н.*, 2012. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. СПб. Т. 316, № 4. С. 324–343.

*Боркин Л. Я., Литвинчук С. Н., Мунхбаяр Х., Мунхбаатар М., Золжаргал П.*, 2011. Амфибии и рептилии восточной части Монголии (некоторые результаты совместной российско-монгольской герпетологической экспедиции 2008 года) // Вопросы герпетологии : материалы Четвертого съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского, 12–17 окт. 2009 г. Казань ; Санкт-Петербург : «Русская коллекция». С. 36–47.

Войткевич А. А., 1948. Феномен наследственного извращения реализации формообразовательной потенции // Докл. АН СССР. Т. 60, № 2. С. 305–308.

Гурвич А. Н., 2013. Изменчивость скелета и аномалии сеголеток сибирской лягушки (*Rana amurensis*) // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды : материалы междунар. школы-конф., 23–26 сент. 2013 г., Екатеринбург. Екатеринбург : Изд-во УрФУ.

Коваленко Е. Е., 1996а. Анализ изменчивости крестца Anura. Сооб. 1. Метод анализа изменчивости крестца бесхвостых амфибий // Зоол. журн. Т. 75, вып. 1. С. 52–66.

Коваленко Е. Е., 1996б. Анализ изменчивости крестца Anura. Изменчивость крестца у представителей рода *Rana* // Зоол. журн. Т. 75, вып. 2. С. 222–236.

Коваленко Е. Е., 2000. Изменчивость посткраниального скелета бесхвостых амфибий (Amphibia, Anura) : дис. ... д-ра биол. наук в виде науч. докл. СПб. : Санкт-Петербург. гос. ун-т, 117 с.

Неустроева Н. С., 2012. Морфологическая изменчивость скелета представителей рода *Rana* в условиях антропогенной дестабилизации среды : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань. 22 с.

Неустроева Н. С., Вершинин В. Л., 2011. Скелетные отклонения бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. № 4 (123) / Изд. ГОУ ОГУ. Оренбург. С. 85–90.

Спирина Е. В., 2009. Морфологические аномалии *Rana ridibunda* Pall. как индикаторы качества окружающей среды // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. № 1 (21). С. 228–230.

Файзулин А. И., Чихляев И. В., 2006. Морфологические аномалии бесхвостых амфибий (Anura, Amphibia) Среднего Поволжья // Актуальные проблемы герпетологии и токсинологии. Тольятти. Вып. 9. С. 178–182.

Холодковский Н. А., 1896. Два примера полидактилии // Тр. Имп. С.-Петербург. об-ва естествоиспытателей. Т. 27, вып. 1 : протоколы заседаний. № 2. С. 74–80 и 86–87.

Ben Hassine J., de Buffrénil V. & Nouria S., 2011. First record of morphological abnormalities in natural populations of two amphibian species in Tunisia // J. of Herpetology. Vol. 45, Nr 4. P. 465–471.

Borkin L. J., Pikulik M. M., 1986. The occurrence of polymely and polydactyly in natural populations of anurans of the USSR // Amphibia-Reptilia. Leiden. Vol. 7, Nr 3. P. 205–216.

Converse K. A., Mattsson J., Eaton-Poole L., 2000. Field surveys of Mid-western and Northeastern Fish and Wildlife Service lands for the presence of abnormal frogs and toads // J. of the Iowa Academy of Science. Vol. 107, Nr 3. P. 160–167.

D'Amen M., Salvi D., Vignoli L., Bombi P., Bologna M. A., 2006. Malformation occurrence in two *Triturus* species (*T. carnifex* and *T. vulgaris*) from three localities in Central Italy: description and possible causes // M. A. Bologna, M. Capula, G. M. Carpaneto, L. Luiselli, C. Marangoni, A. Venchi (eds.). Riassunti del 6° Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica (Roma, 27 settembre – 1 ottobre 2006). Roma : Stilgrafica. P. 58–59.

Dubois A., 1974. Polydactylie massive, associée à la clinodactylie, dans une population de *Rana graeca*. Remarques sur la polydactylie faible et la clinodactylie chez *Bufo bufo*. (Amphibiens, Anoures) // Bulletin de la Société Zoologique de France. Paris. T. 99, Nr 3. P. 505–521.

Dubois A., 2013. The anomaly P in palaeartic green frogs of the genus *Pelophylax* (Ranidae) // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды : материалы междунар. школы-конф., 23–26 сент. 2013 г., Екатеринбург. Екатеринбург : Изд-во УрФУ.

Flyaks N. L., Borkin L. J., 2004. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // Applied Herpetology. Leiden. Vol. 1. P. 229–264.

Fodor A., Puky M., 2002. Herpetological methods: II. Protocol for monitoring amphibian deformities under temperate zone conditions // Opusc. Zool. Budapest. Vol. 34. P. 35–42.

Garcia-Muñoz E., Jorge F., Rato C., Carretero M. A., 2010. Four types of malformations in a population of *Bufo boulengeri* (Amphibia, Anura, Bufonidae) from the Jbilet Mountains (Marrakech, Morocco) // Herpetological Notes. Vol. 3. P. 267–270.

Gardiner D. M., Hoppe D. M., 1999. Environmentally induced limb malformations in mink frogs (*Rana septentrionalis*) // J. of Experimental Zoology. Vol. 84. P. 207–216.

Gardiner D. M., Ndayibagira A., Grün F., Blumberg B., 2003. Deformed frogs and environmental retinoids // Pure and Applied Chemistry. Vol. 75, Nr 11–12. P. 2263–2273.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Zelmer D. A., Werner J. K., 2003. Limb deformities as an emerging parasitic disease in amphibians: evidence from

museum specimens and resurvey data // Conservation Biology. Vol. 17, Nr 6. P. 1724–1737.

*Lannoo M.*, 2008. Malformed Frogs. The Collapse of Aquatic Ecosystems. Berkeley ; Los Angeles ; London : University of California Press. 270 p.

*McKinnell R. G.*, 1973. The Luckè frog kidney tumor and its herpesvirus // American Zoologist. Vol. 13, Nr 1. P. 97–114.

*Meteyer C. U.*, 2000. Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations // Biological Science Report USGS/BRD/BSR–2000–2005. P. [1–2]+1–16+1–2 (U.S. Geological Survey).

*Mizgirev I. V., Flax N. L., Borkin L. J., Khudoley V. V.*, 1984. Dysplastic lesions and abnormalities in amphibians associated with environmental conditions // Neoplasma. Vol. 31, Nr 2. P. 175–181.

*Ouellet M., Bonin J., Rodrigue J., DesGranges J., Lair S.*, 1997. Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free living anurans from agricultural habitats // J. Wildl. Dis. Vol. 33. P. 95–104.

*Peltzer P. M., Lajmanovich R. C., Sanchez L. C., Attademo A. M., Junges C. M., Bionda C. L., Martino A. L., Bassó A.*, 2011. Morphological abnormalities in amphibian populations from the mid-eastern region of Argentina // Herpetological Conservation and Biology. Vol. 6, Nr 3. P. 432–442.

*Puky M., Fodor A.*, 2002. Occurrence of amphibian deformities along the Hungarian section of the River Danube, Tisza and Ipoly // Brezeanu G., Ştiuc (eds.). Limnological Reports. Vol. 34. Proceedings of the 34<sup>th</sup> Conference, Tulcea, Romania. Tulcea: International Association for Danube Research. P. 845–852.

*Rostand J.*, 1959. L'anomalie *P* chez la grenouille verte (*Rana esculenta* L.) // Bulletin Biologique de la France et de la Belgique. Paris. T. 93, fasc. 1. P. 7–15.

*Rostand J.*, 1971. Les étangs à monstres. Histoire d'une recherche (1947–1970). Paris : Éditions Stock. 89 p.

*Tyler M. J.*, 1989. Australian Frogs. Viking O'Neil, Penguin Books Australia Ltd, Ringwood. 220 p.

*Woitkewitch A. A.*, 1961. Le développement des extrémités surnuméraires chez les amphibiens // Bulletin Biologique de la France et de la Belgique. Paris. Vol. 95, Nr 4. P. 569–600.

## ПАРАЗИТАРНЫЕ ИНВАЗИИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК СКЕЛЕТНЫХ АНОМАЛИЙ АМФИБИЙ

**А. В. Буракова, В. Л. Вершинин**

Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург)

## PARASITIC INFESTATION AS A POTENTIAL SOURCE OF SKELETAL ANOMALIES IN AMPHIBIANS

**A. V. Burakova, V. L. Vershinin**

Institute of Plant & Animal ecology, Russian Academy of Science,  
Ural division (Ekaterinburg)

*The possibility of parasite's infestation influence on amphibian skeletal morphology, were evaluated using of infestation parameters. Parasitic cyst's localisation and infestation parameters were analyzed in the Urals and South-Eastern Trans-Urals regions in populations of 4 Anura species. The largest variability in cysts localization were mentioned in P. ridibundus. In R. arvalis populations an increase of infestations parameters were found along with urbanization gradient. The most frequent variants of cyst localization in the specimens from forest-park and low story building area are along the spine and in the cavity of the body. Due this the biggestt frequency of deviations in skeleton morphology were found in populations from these areas.*

*На основе показателей инвазированности оценивается возможность влияния паразитарной инвазии на скелетную морфологию амфибий. Анализируется локализация цист паразитов и инвазированность в популяциях 4 видов бесхвостых амфибий Урала и Юго-Восточного Зауралья. Наибольшая вариативность в локализации цист отмечена для P. ridibundus. В популяциях R. arvalis отмечено усиление показателей инвазированности в градиенте урбанизации. Наиболее распространенные варианты локализации цист у особей из лесопарковой зоны и зоны малоэтажной застройки – вдоль позвоночника и в полости тела, что обуславливает наибольшую частоту скелетных аномалий в популяциях этих зон.*

Средовая компонента наряду с естественными причинами оказывает значительное влияние на ход онтогенеза и, как следствие, на морфогенез амфибий. Значительная часть исследований в этой области посвящена изучению изменчивости скелета, вызванной действием различного рода загрязнений [Вершинин, 1989; Замалетдинов, 2003; Спирина, 2009; Неустроева, Вершинин, 2011; Bionda, 2012].

Паразитарные системы играют значительную роль в формировании морфооблика амфибий. Возможность влияния паразитарной инвазии на морфологию скелета была отражена в работах зарубежных исследователей, таких как S. K. Sessions и S. B. Ruth (1990), P. T. J. Johnson et al. (1999, 2002), J. M. Kiesecker (2002), R. S. Rajakaguna et al. (2008). В России, в частности для Палеарктики, такая работа была проведена впервые В. Л. Вершининым и Н. С. Неустроевой на сеголетках *R. arvalis* [Неустроева, Вершинин, 2011]. В связи с этим целью работы является анализ зараженности животных цистами на территории Урала и Юго-Восточного Зауралья.

### **Материал и методы**

Объектами исследования являлись: остромордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson, 1842); травяная лягушка (*Rana temporaria* Linnaeus, 1758); сибирская лягушка (*Rana amurensis* Boulenger, 1886); озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771). Сбор материала произведен в период с 2010 по 2013 год на территориях Курганской, Оренбургской, Челябинской и Свердловской областей. В работе были использованы данные по Екатеринбург, любезно предоставленные В. Л. Вершининым и Н. С. Неустроевой.

Исследование выполнено методом полного гельминтологического вскрытия [Ивашкин и др., 1971]. Всего обработано: *R. arvalis* – 1118 экз.; *R. temporaria* – 268; *R. amurensis* – 160; *P. ridibundus* – 201 экз. Видовую принадлежность гельминтов устанавливали по определителю К. М. Рыжикова с соавторами (1980) и В. Е. Сударикова с соавторами (2002). В качестве основных характеристик инвазированности использовались следующие показатели: экстенсивность и интенсивность инвазии, индекс обилия паразитов.

Проведен анализ зараженности *R. arvalis* цистами трематод в градиенте урбанизации (на примере Екатеринбурга). В работе использовалась типизация, разработанная В. Л. Вершининым для урбанизированных территорий [Вершинин, 1983].

### Результаты и обсуждение

Исследуемые виды животных были инвазированы цистами, которые характеризовались определенной локализацией в организме хозяина. Обнаружены цисты: на желудке, кишечнике, сердце, под кожей (в мышцах), в хвостовой почке, вдоль позвоночного столба и в полости тела, а также в печени, почках, на легких и брыжейке. Наибольшим разнообразием по локализации цист характеризуется *P. ridibundus* с Южного Урала. Только у *R. arvalis* на Среднем Урале обнаружено скопление цист в хвостовой почке.

Не весь спектр локализаций цист может оказывать влияние на морфогенез амфибий. По данным В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой (2011) локализация цист в районе осевого посткраниального скелета (позвоночника и уростиля) в сочетании с антропогенной трансформацией местообитаний индуцируют аномалии этих структур. В связи с тем, что присутствие цист в зонах активного морфогенеза способствует формированию девиантных форм скелета, была изучена встречаемость различных вариантов локализации цист (вдоль позвоночного столба, в хвостовой почке и в полости тела) для трех аборигенных видов амфибий: *R. arvalis*, *R. temporaria*, *R. amurensis*.

Инвазированность цистами трематод с локализацией вдоль позвоночного столба и в полости тела значимо выше ( $t = 6,04, p < 0,001$ ;  $t = 17,48, p < 0,001$  и  $t = 13,79, p < 0,001$ ;  $t = 11,29, p < 0,001$ ) у *R. arvalis* со Среднего Урала в сравнении с Южным Уралом и Юго-Восточным Зауральем (рис. 1, а).

Индекс обилия с данными типами локализации также значимо выше у *R. arvalis* со Среднего Урала ( $t = 7,2, p < 0,001$ ;  $t = 7,3, p < 0,001$  и  $t = 4,1, p < 0,001$ ;  $t = 3,55, p < 0,001$ ) (рис. 1, б).

Исследованиями В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой (2011) показано, что самый широкий спектр аномалий отмечен у *R. arvalis*, где половина отклонений связана с осевым скелетом. Основное



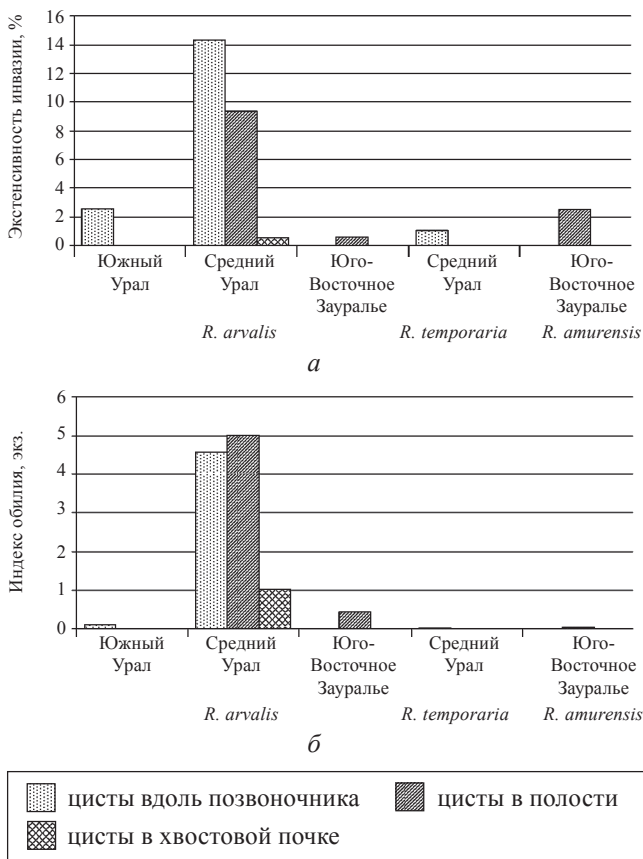


Рис. 1. Экстенсивность инвазии (а) и индекс обилия (б) для исследуемых видов амфибий с локализацией цист в полости, хвостовой почке и вдоль позвоночника

внимание на данном этапе работы было уделено *R. arvalis* как наиболее эвритопному, широко распространенному виду, с высокой частотой и наибольшим числом вариантов скелетных отклонений среди местных видов земноводных.

Показатели паразитарной инвазии для животных с локализацией цист вдоль позвоночного столба и в полости тела значительно больше в зоне малоэтажной застройки ( $t = 3,91, p < 0,001$ ;  $t = 3,21, p < 0,01$ ;

$t = 5,98, p < 0,001$  и  $t = 4,9, p < 0,001$ ;  $t = 4,97, p < 0,001$ ;  $t = 5,85, p < 0,01$  соответственно) и в лесопарковой зоне ( $t = 4,34, p < 0,001$ ). Зараженность на одну особь хозяина (интенсивность инвазии) для животных с локализацией цист в хвостовой почке достоверно выше ( $t = 14,9, p < 0,05$ ) в III зоне (см. таблицу).

**Показатели паразитарной инвазии цистами с локализацией в полости, вдоль позвоночника и в хвостовой почке у *R. arvalis* в зонах с разным уровнем урбанизации**

| Показатели зараженности/ локализация цист | II<br><i>n</i> = 173                  | III<br><i>n</i> = 130                     | IV<br><i>n</i> = 358                     | K<br><i>n</i> = 244       |
|---|---------------------------------------|---|--|---------------------------|
| Цисты в полости                           |                                       |   |  |                           |
| Э. И                                      | 8,09 ± 0,92                           | 21,53 ± 2,54 <sup>1♦3♦4♦</sup>            | 8,1 ± 1,01                               | 5,73 ± 1,05               |
| И. И /<br>Lim(min–max)                    | 8,57 ± 2,12<br>(1–31)                 | 108,5 ± 31,7 <sup>1♦3♦4♦</sup><br>(2–821) | 40,75 ± 11,17 <sup>1♦4*</sup><br>(2–290) | 14,5 ± 4,1<br>(1–50)      |
| И. О                                      | 0,69 ± 0,24                           | 23,36 ± 7,79 <sup>1♦3♦4♦</sup>            | 3,30 ± 1,06 <sup>3*4*</sup>              | 0,83 ± 0,31               |
| Цисты вдоль позвоночного столба           |                                       |   |  |                           |
| Э. И                                      | 12,72 ± 1,79 <sup>4*</sup>            | 25,38 ± 2,69 <sup>1♦3♦4♦</sup>            | 15,64 ± 1,35 <sup>4♦</sup>               | 7,78 ± 1,21               |
| И. И /<br>Lim(min–max)                    | 48,72 ± 11,4 <sup>3*</sup><br>(2–221) | 42,39 ± 7,3 <sup>3*</sup><br>(2–186)      | 21,96 ± 4,19<br>(1–143)                  | 23,47 ± 6,53<br>(1–112)   |
| И. О                                      | 6,19 ± 1,88 <sup>4*</sup>             | 10,76 ± 2,44 <sup>3♦4♦</sup>              | 3,43 ± 0,77                              | 1,82 ± 0,63               |
| Цисты в хвостовой почке                   |                                       |   |  |                           |
| Э. И                                      | –                                     | 0,76 ± 0,53                               | 0,55 ± 0,27                              | 0,81 ± 0,40               |
| И. И /<br>Lim(min–max)                    | –                                     | 288 ± 0 <sup>4*</sup><br>(0–288)          | 197,5 ± 92,5<br>(105–290)                | 116,5 ± 11,5<br>(105–128) |
| И. О                                      | –                                     | 2,21 ± 2,21                               | 1,10 ± 0,86                              | 0,95 ± 0,67               |

*Примечание:* II – зона многоэтажной застройки; III – зона малоэтажной застройки; IV – лесопарковая зона; K – загородная территория; *n* – объем выборки; Э. И – экстенсивность инвазии, %; И. И – интенсивность инвазии, экз./особь; И. О – индекс обилия, экз.; <sup>1</sup> – значимо выше в сравнении с зоной II; <sup>2</sup> – значимо выше в сравнении с зоной III; <sup>3</sup> – значимо выше в сравнении с зоной IV; <sup>4</sup> – значимо выше в сравнении с зоной K; ♦ –  $p < 0,01$ ; ◆ –  $p < 0,001$ ; \* –  $p < 0,05$ .

В зонах с разным уровнем урбанизации отмечено изменение соотношения цист с разной локализацией в организме хозяина. Доля животных с локализацией цист в полости тела максимальна в зоне малоэтажной застройки. Доля животных с локализацией цист вдоль позвоночного столба и в хвостовой почке, напротив, выше у животных на загородной территории. Установлено, что в лесопарковой зоне городской агломерации практически в равной степени у *R. arvalis* обнаруживаются животные с цистами в полости и вдоль позвоночного столба (рис. 2, а). Показано, что наибольшие частоты встречаемости скелетных аномалий отмечены для зоны малоэтажной застройки и лесопарковой зоны, где аномалии позвонков и уростиля занимают большую долю (рис. 2, б) [Вершинин, Неустроева, 2011].

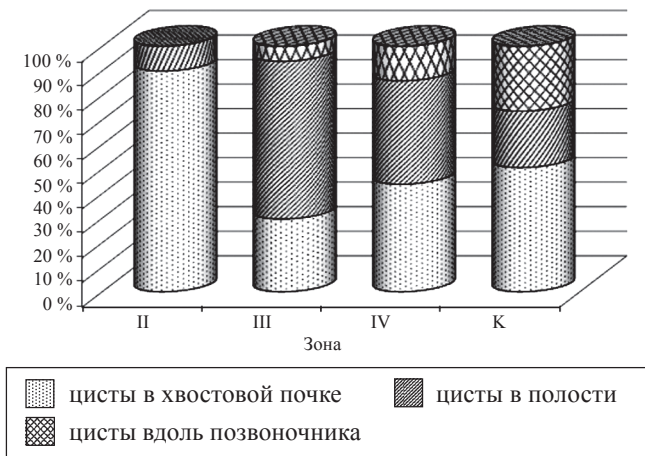
Таким образом, в условиях сочетания инвазированности цистами трематод с изменением химизма среды, эвтрофикацией и сменной температурного режима местообитаний растет вероятность появления девиантных форм скелета в районах присутствия цист.

### **Заключение**

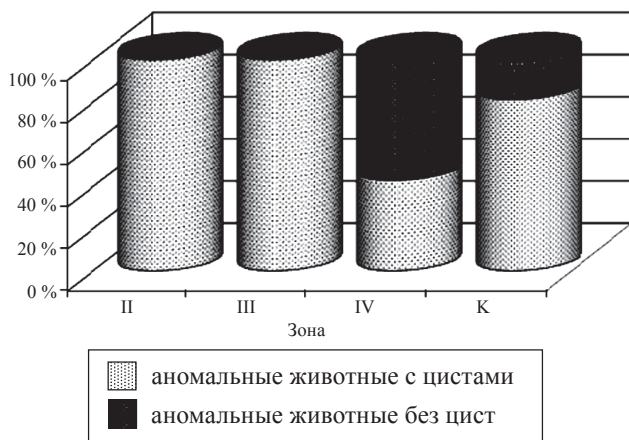
Наибольшим разнообразием локализации цист отличается *P. ridibundus* с Южного Урала. Показатели паразитарной инвазии максимальны в лесопарковой зоне и зоне малоэтажной застройки, где наряду с антропогенной трансформацией наличествуют достаточно полные паразитарные системы. Наибольшая зараженность животных с локализацией цист вдоль позвоночника и в полости отмечена в лесопарковой зоне и зоне малоэтажной застройки, где как раз отмечена высокая частота аномалий осевого скелета. Известно, что в популяциях с высокой степенью инвазированности амфибий цистами трематоды *Holostephanus volgensis* существенно растет вероятность формирования девиантных скелетных форм [Вершинин, Неустроева, 2011].

Авторы выражают благодарность канд. биол. наук Н. С. Неустроевой за предоставленные данные, а также канд. биол. наук С. Д. Вершининой, канд. биол. наук Е. А. Байтимировой, В. В. Сапронову и М. Е. Гребенникову за помощь в сборе герпетологического материала.

Работа выполнена при поддержке проекта № 13-4-НП-408.



а



б

Рис. 2. а – соотношение цист с локализацией в полости, хвостовой почке и вдоль позвоночника *R. arvalis* в зонах с разной антропогенной нагрузкой;

б – доля аномальных животных с цистами в градиенте урбанизации (по данным В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой). II – зона многоэтажной застройки; III – зона малоэтажной застройки; IV – лесопарковая зона; К – загородная территория

## Библиографические ссылки

Вершинин В. Л., 1989. Морфологические аномалии амфибий городской черты // Экология. № 3. С. 58–66.

Вершинин В. Л., 1983. Видовой состав и биологические особенности амфибий ряда промышленных городов Урала : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск. 24 с.

Вершинин В. Л., Неустроева Н. С., 2011. Роль трематодной инвазии в специфике морфогенеза скелета бесхвостых амфибий на примере *Rana arvalis* Nilsson, 1842 // Докл. РАН. Т. 440, № 2. С. 279–281.

Замалетдинов Р. И., 2003. Морфологические аномалии в городских популяциях бесхвостых амфибий (на примере г. Казани) // Современная герпетология. № 2. С. 148–153.

Ивашкин В. М., Контримавичус В. М., Назарова Н. С., 1971. Методы сбора и изучения гельминтов наземных позвоночных млекопитающих. М. : Наука. 123 с.

Неустроева Н. С., Вершинин В. Л., 2011. Скелетные отклонения бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. № 4 (123) / ГОУ ОГУ. С. 85–90.

Рыжиков К. М., Шарпило В. П., Шевченко Н. Н., 1980. Гельминты амфибий фауны СССР. М. : Наука. 275 с.

Спирина Е. В., 2009. Морфологические аномалии *Rana ridibunda* Pall. как индикаторы качества окружающей среды // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. Т. 1, № 21. С. 228–230.

Судариков В. Е., Шугин А. А., Курочкин Ю. В., Ломакин В. В., Стенько Р. П., Юрлова Н. И., 2002. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. М. : Наука. Т. 1. 298 с.

Bionda C., Salas N., Caraffa E., Baraquet M., Martino A., 2012. On abnormalities recorded in an urban population of *Rhinella arenarum* from central Argentina // Herpetology Notes. Vol. 5. P. 237–241.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Ritchie E. G., Launer A. E., 1999. The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship // Science. Vol. 284, Nr 5415. P. 802–804.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Thurman E. M., Richie E. G., Wray S. N., Sutherland D. R., Kapfer J. M., Frest T. J., Bowerman J., Blaustein A. R., 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the Western United States // Ecol. Monogr. Nr 72. P. 151–168.

Kiesecker J. M., 2002. Synergism between trematode infection and pesticide exposure: a link to amphibian limb malformations in nature? // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Nr 99. P. 9900–9904.

*Rajakaruna R. S., Piyatissa P. M. J. R., Jayawardena U. A., Navaratne A. N., Amerasinghe P. H.*, 2008. Trematode infection induced malformations in the common hourglass treefrogs // *J. of Zoology*. Vol. 275. P. 89–95.

*Sessions S. K., Ruth S. B.*, 1990. Explanation of naturally occurring supernumerary limbs in amphibians // *J. Exp. Zool*. Vol. 254. P. 38–47.

## **ТЕРАТЫ КАК «ЗЕРКАЛО ЭВОЛЮЦИИ»**

**В. Л. Вершинин**

Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург),  
Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

## **TERATS AS A «MIRROR OF EVOLUTION»**

**V. L. Vershinin**

Institute of Plant & Animal ecology, Russian Academy of Science,  
Ural division (Ekaterinburg), Ural Federal University (Ekaterinburg)

*The work represents the review, author's data and his original point of view on the problem of evolutionary significance of amphibian anomalies and possibility to use them for environmental quality assessment. The author suppose that spectrum of abnormalities can be used for understanding of the main directions of morphological evolution canalization because of global block principle of biological systems organization and hereditary basement.*

*Статья представляет собой обзор авторских данных и его точки зрения на проблемы эволюционного значения аномалий и возможности их использования для оценки качества среды. Автор полагает, что спектр аномалий может быть использован для понимания основных направлений канализации морфологической эволюции в соответствии с всеобщим принципом блочной организации биологических систем и наследственной основы.*

Эволюционный процесс преобразует замкнутые генетические системы (виды), приводя к новой норме через расшатывание и дестабилизацию прежних связей системы [Шишкин, 1988]. Момент

дестабилизации, выражающийся в росте доли уклоняющихся от прежней нормы вариантов, весьма информативен и привлекателен. Однако крайние (девиантные) варианты нередко оказываются обойденными вниманием исследователей, а в ряде случаев даже сознательно отброшенными [Майр, 1971]. Нередко все изучение морфологических признаков концентрируется на модальных классах кривой нормального распределения, в то время как они вместе с крайними значениями являются членами одного множества [Вершинин, 2009].

Аномалии признаков проявляются столь же закономерно, как и норма. Определенный диапазон отклонений от нормы, как на уровне признака, так и на уровне их комбинаций, – есть функция способа морфогенеза. Это потенциальные возможности вида, которые существуют до тех пор, пока существует и определенный способ развития [Коваленко, 2003]. Изучение редких, необычных вариантов – «тератов» – может помочь раскрыть степень филогенетической близости таксономических групп и прийти к пониманию закономерностей и механизмов морфологической эволюции [Коваленко, 2003; Черданцев, 2003], а также принципов морфогенеза. Именно пелории льнянки навели Линнея в 1776 г. на мысль о возможности появления новых видов.

Изучение аномалий в строении растений способствовало появлению книги В. Гете «Метаморфоз растений» [Goethe, 1790] с изложением гипотезы о происхождении органов высших растений. Жоффруа Сент-Илер [Saint-Hilaire, 1822] использовал сведения по тератологии для подкрепления своих трансформистских взглядов.

Понятие оптимума (нормы) имеет фундаментальное значение, когда речь идет о необходимости распознавания неблагоприятного состояния или же неблагоприятного процесса [Алтухов, 2003]. В условиях увеличения генетической отягощенности популяции уровень наследственной гетерогенности популяции за счет роста доли редких генотипов будет нарастать, что приведет к снижению ее приспособленности.

Отмечено, что девиантные или аномальные формы одних видов встречаются у близких видов того же таксона в качестве нор-

мы [Oster et al., 1988]. У генетически близких форм – видов одного рода – могут быть гомологичные гены, проявляющие одинаковую изменчивость [Вавилов, 1967]. Кроме того, в соответствии с законом гомологических рядов в близких таксонах многие признаки проявляются параллельно. Исследование гомологических рядов показывает, что они наиболее отчетливо прослеживаются на уровне родов [Розанов, 1973]. Гомологические ряды – отражение блочного модульного принципа структуры биологических систем, подразумевающего, что эволюционные преобразования одноименных структур связаны с перераспределением функциональных блоков близких или идентичных у различных организмов [Уголев, 1990].

Различия в спектрах и частотах девиантных форм связаны с особенностями репродуктивной стратегии конкретных видов, их филогенетическими и ценогенетическими особенностями [Vorobyeva, Hinchliffe, 1996], а также разницей между потенциальным и реализованным спектрами в конкретных условиях среды.

Изменчивость морфологически девиантных форм имеет определенные закономерности, подчиняющиеся принципу блочности биологических структур и их преобразования (полимеризация, дивергенция, олигомеризация, редукция, новообразование) [Догель, 1954; Северцов, 1939]. В этих закономерностях прослеживается параллелизм с особенностями преобразований на генетико-молекулярном уровне. Так, Сусуму Оно [Ohno, 1970] говорит об эволюции путем генных дупликаций.

Можно сказать, что закономерности формирования морфозов и эволюционных преобразований обладают «единой логикой», так как и те и другие базируются на одной материальной основе, определенным образом их канализирующей, поскольку в соответствии с принципом блочности все ныне существующее возникло за счет комбинаторики исходно возникшего небольшого числа неких инвариантных доменов, которые далее комбинировались в разных сочетаниях [Инге-Вечтомов, 2004]. Эволюция действует путем «перелицовки старого» [Jacob, 1977], так как ее возможности лежат в пределах биохимических особенностей вида [Тимофеев-Ресовский и др., 1973].



Амфибии по своим анатомическим особенностям являются прототипом всех наземных позвоночных. При этом они имеют голое яйцо, развивающееся в открытой среде. У хвостатых земноводных способность к регенерации сохраняется в течение всей жизни и регулируется теми же ключевыми регуляторными белками (оба процесса регулируются одними и теми же генно-регуляторными каскадами – Wnt/beta-catenin и BMP), которые управляют развитием конечностей у эмбриона [Kawakami et. al., 2006]. Относительные сроки различных процессов нередко можно изменять независимо друг от друга, не вызывая резких нарушений канализации отдельных процессов, но тем не менее это может привести в конечном итоге к значительным изменениям морфологии [Alberch, 1981]. Функциональная дезинтеграция морфогенеза конечностей у представителей двух таксонов хвостатых амфибий в условиях урбанизации и загрязнения среды видоспецифична и разнонаправленна. Так, для обыкновенного тритона характерна полимеризация дистальных элементов конечностей (появление поли- и клинодактилии), что, по-видимому, связано с аномальной регенерацией в условиях загрязнения. У сибирского углозуба отмечена олигомеризация карпальных и метакарпальных отделов, выражающаяся в сини и олигодактилии [Вершинин, 2012].

Сложность трактовки наблюдаемых явлений и отсутствие единой развитой методологии являются причиной представлений о том, что нельзя однозначно считать амфибий более эффективными, чем другие таксоны, для оценки состояния биоразнообразия или качества среды обитания [Beebee, Griffiths, 2005]. Тем не менее, несмотря на различные точки зрения, природные популяции амфибий представляют собой чувствительные индикаторы комплексного изменения среды, оказывающего влияние на репродуктивную систему, выживаемость, стабильность развития, генетическую структуру, экосистемные и коэволюционные связи.

Реальная картина частот и спектров аномалий в популяциях земноводных формируется как результирующая комплексного взаимодействия генетической специфики функциональных особенностей программы развития с условиями окружающей среды, сбалансированная регуляторными механизмами.

Поскольку спектр и частота встречаемости морфологических аномалий в популяциях земноводных – продукт взаимодействия онтогенеза и среды, в которой он протекает [Gilbert, 2000; Stocum, 2000], кроме полных знаний о возможных вариантах признака [Коваленко, 2003] важно знать соотношение потенциального и реализованного спектров девиаций как результата действия своеобразного «экологического сита» [Неустроева, Вершинин, 2011]. С. Ф. Гилберт оценивает тератогенез как важную область взаимодействия среды и развития [Gilbert, 2001], называя при этом трематод среди трех важнейших тератогенов. Так, синергетическое действие поллютантов и инцистированных метацеркарий трематод приводит к снижению стабильности онтогенеза остромордой лягушки в 3,26 раза [Вершинин, Неустроева, 2011].

Сходства и различия в спектрах девиантных форм у близких видов и таксонов, а также их частоте и степени выраженности (пенетрантности и экспрессивности) могут характеризовать норму реакции, вариабельность формообразовательной потенции, а также степень толерантности морфогенеза к дестабилизации среды. Характер ответа морфогенетической системы вида на популяционном уровне может определить его судьбу [Вершинин, 2007] при динамичных (антропогенных) флуктуациях среды и в условиях глобальных изменений.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Изменчивость морфологически девиантных форм имеет определенные закономерности, подчиняющиеся принципу блочности биологических структур и логике их преобразования.

2. В близких таксонах варианты аномальных форм проявляются параллельно в соответствии с законом гомологических рядов и филогенетической близостью формообразовательных потенций.

3. Аномалии могут быть использованы для расширения представлений об эволюции той или иной структуры.

4. Различия дефинитивных спектров девиаций во многом связаны с вариантами репродуктивной стратегии видов, уровнем (воспроизводства) выживаемости потомства и результатом прохождения потенциального спектра аномалий через «экологическое сито» определенной среды.

5. Гетерохронии как отклонения онтогенеза, менее влияющие на выживаемость особей, составляют значительную долю дефинитивного спектра аномалий.

6. Аномалии могут служить индикатором таких негативных изменений, как инбридинговая депрессия, а также нарушений в коэволюционной системе паразит – хозяин.

### Библиографические ссылки

*Алтухов Ю. П.*, 2003. Генетические процессы в популяциях / отв. ред. Л. А. Животовский. М. : ИКЦ «Академкнига». 431 с.

*Вавилов Н. И.*, 1967. Закон гомологичных рядов в наследственной изменчивости: Линнеевский вид как система. Л. : Наука. С. 1–92.

*Вершинин В. Л.*, 2008. Амфибии как индикаторы состояния экосистем // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития : материалы III междунар. науч.-практ. конф. Ишим : Изд-во ИГПИ им. Ершова. С. 171–173.

*Вершинин В. Л.*, 2009. Девиантные формы морфологической изменчивости амфибий как метод исследования микроэволюционных процессов // Экология в высшей школе: синтез науки и образования : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 30 марта – 1 апреля 2009 г. Ч. 1. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та. С. 13–19.

*Вершинин В. Л.*, 2007. Морфологические девиации в популяциях травяной лягушки (*Rana temporaria* Linnaeus, 1758) на урбанизированных территориях: спектр и частота // Биоразнообразие и роль животных в экосистемах : материалы междунар. науч. конф. Днепропетровск : Изд-во ДНУ. С. 360–361.

*Вершинин В. Л., Неустроева Н. С.*, 2011. Роль трематодной инвазии в специфике морфогенеза скелета бесхвостых амфибий на примере *Rana arvalis* Nilsson, 1842 // Докл. РАН. Т. 440, № 2. С. 279–281.

*Вершинин В. Л.*, 2012. Хвостатые земноводные Среднего Урала как индикатор антропогенных преобразований среды // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Н. Тагил, 26–29 марта 2012 г. Ч. 1 / отв. ред. Т. В. Жуйкова, О. В. Полявина, О. В. Семенова, О. А. Тимохина ; Нижнетагил. гос. соц.-пед. акад. Н. Тагил : НТГСПА. С. 81–82.

*Догель В. А.*, 1954. Олигомеризация гомологичных органов как один из главных путей эволюции животных. Л. : Изд-во ЛГУ. 338 с.

- Инге-Вечтомов С. Г.*, 2004. Блочный принцип в теории эволюции. Перспективы и парадоксы // *Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы*. М. ; СПб. : Т-во науч. изд. КМК. С. 74–87.
- Коваленко Е. Е.*, 2003. Эффект нормы признака и его теоретическое значение // *Эволюционная биология: история и теория*. Вып. 2. С. 66–87.
- Майр Э.*, 1971. Принципы зоологической систематики. М. : Мир. 454 с.
- Неустроева Н. С., Вершинин В. Л.*, 2011. Скелетные отклонения сеголеток бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // *Вестн. Оренбург. гос. ун-та*. № 4. С. 85–90.
- Розанов А. Ю.*, 1973. Закономерности морфологической эволюции археоциат и вопросы ярусного расчленения нижнего кембрия. М. : Наука. 164 с.
- Северцов А. Н.*, 1939. Морфологические закономерности эволюции. М. ; Л. : Изд-во АН СССР. 610 с.
- Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глотов Н. В.*, 1973. Очерк учения о популяции. М. : Наука. 278 с.
- Уголев А. М.*, 1990. Концепция универсальных функциональных блоков и дальнейшее развитие учений о биосфере, экосистемах и биологических адаптациях // *Эволюция биохимии и физиологии*. Т. 26, № 4. С. 441–454.
- Черданцев В. Г.*, 2003. Морфогенез и эволюция. М. ; СПб. : Т-во науч. изд. КМК. 346 с.
- Шшикин М. А.*, 1988. Эволюция как эпигенетический процесс // *Современная палеонтология*. М. : Недра. С. 142–169.
- Alberch P.*, 1981. Convergence and parallelism in foot morphology in the Neotropical salamander genus *Bolitoglossa*. 1. Function // *Evolution*. Vol. 35, Nr 1. P. 84–100.
- Beebe T. J. C., Griffiths R. A.*, 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? // *Biological Conservation*. Vol. 125. P. 271–285.
- Gilbert S. F.*, 2000. *Developmental Biology*. Sunderland : Sinauer. 761 p.
- Gilbert S. F.*, 2001. Ecological Developmental Biology: Developmental Biology Meets the Real World // *Developmental Biology*. Vol. 233. P. 1–12.
- Goethe J. W.*, 1790. Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. Gotha : C. W. Ettinger. 86 S.
- Jacob F.*, 1977. Evolution and tinkering // *Science*. Vol. 196. P. 1161–1166.
- Kawakami Y., Esteban C. R., Raya M., Kawakami H., Martí M., Dubova I., Belmonte J. C. I.*, 2006. Wnt/beta-catenin signaling regulates vertebrate limb regeneration // *Genes & Development*. Vol. 20. P. 3232–3237.

*Ohno S.*, 1970. Evolution by gene duplication. Springer ; Verlag ; New York. 160 p.

*Oster G. F., Shubin N., Murray J. D., Alberch P.*, 1988. Evolution and morphogenetic rules: the shape of the vertebrate limb in ontogeny and phylogeny // Evolution. Vol. 42, Nr 5. P. 862–884.

*Saint-Hilaire G.*, 1822. Philosophie anatomique. II. Paris. 372 p.

*Stocum D. L.*, 2000. Frog limb deformities: An «eco-devo» riddle wrapped in multiple hypotheses surrounded by insufficient data // Teratology. Vol. 62. P. 147–150.

*Vorobyeva E. I., Hinchliffe J. R.*, 1996. Developmental pattern and morphology of *Salamandrella keyserlingii* limbs (Amphibia, Hynobiidae) including some evolutionary aspects // Russian J. of Herpetology. Vol. 3, Nr 1. P. 68–81.

**ДЕВИАЦИИ В ФОЛИДОЗЕ УРАЛЬСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ  
ПРЫТКОЙ ЯЩЕРИЦЫ  
(*LACERTA AGILIS* LINNAEUS, 1758)**

**Д. И. Галицын**

Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

**SAND LIZARD (*LACERTA AGILIS* LINNAEUS, 1758)  
PHOLIDOSIS DEVIATIONS  
IN THE URALS POPULATIONS**

**D. I. Galitsyn**

Ural Federal University (Ekaterinburg)

*The sand lizard pholidosis spectra including some deviant forms are considered in this paper. The spectra of pholidosis variants in populations on the small territory of the widespread species as well as local micropopulations specific of the lizards were noticed.*

*В статье описывается спектр вариаций фolidоза прыткой ящерицы, в том числе несколько девиантных форм. Отмечается большое разнообразие вариантов щиткования на небольшом сплошном участке ареала, а также специфика локального поселения животных в фрагментированном ландшафте.*

Феноменология аномалий и патологий может и должна рассматриваться неоднозначно. Можно говорить как о фоновых девиантных формах, всегда наличествующих в популяциях, так и о единичных явлениях, которые могут влиять и влияют на жизнеспособность и биотический потенциал индивидуума в данных условиях. Кроме того, появление определенных отклонений можно рассматривать как проявление локального разнообразия форм, маркирующего определенные популяции или географические области. С этих позиций популяции вполне могут обладать своей «девиантной спецификой».

Исторически представления о разного рода девиациях у живых организмов формировались начиная с морфологического уровня. Общеизвестно, что, с одной стороны, морфология является видоспецифичной, а с другой, может быть очень изменчива в зависимости от ряда факторов. Особенно это касается широкоареальных эвритопных видов с экологически разнородными внутривидовыми группами разного иерархического уровня. Прыткая ящерица – один из таких примеров. Этот вид является важным компонентом природных и антропогенно преобразованных биоценозов лесостепной и степной зоны. Многообразие данных по структуре вида и разных групп прыткой ящерицы и в то же время слабая изученность уральских популяций позволяют рассматривать изменчивость в региональном аспекте, выделяя некоторые специфичные параметры и варианты. Исследований, связанных с подобными особенностями фolidоза прыткой ящерицы, в Уральском регионе ранее не проводилось.

Известно, что изменчивость ряда признаков фolidоза может быть использована как в таксономических целях [Даревский, 1976; Яблоков, 1985; Peters 1960; Peters, 1959], так и для межпопуляционных сравнений: в ряде работ по изменчивости и популяционной биологии рептилий особенности фolidоза используются как надежные показатели генотипического состава популяций [Peters 1960; Peters, 1959; Яблоков 1981]. Анализируются также спектры и закономерности варибельности этих признаков [Корнейчук, 2005].

Цель данной работы – на основании совокупности вариантов фолидоза выявить их девиантные формы в природных популяциях прыткой ящерицы на северной границе ее распространения в Уральском регионе.

В исследование были включены выборки прыткой ящерицы из популяций, населяющих западный и восточный макросклоны Среднего Урала. Географически это группировки животных, населяющие территорию Красноуфимской лесостепи, а также техногеннотрансформированные участки Каменского и Белоярского районов Свердловской области. Общий объем изученных животных – 312 особей. Из них взрослых (*ad.*) 233, неполовозрелых (*s. ad.*) 52 и сеголеток 27 (*juv.*).

Проанализированы варианты межносовых (*internasale*) и лобноносовых (*praefrontale*) щитков, форма и составные части лобных (*frontale*), лобнотеменных (*frontoparietale*), теменных (*parietale*), межтеменных (*interparietale*) и затылочных (*occipitale*) щитков у животных всех возрастных групп.

На основании этих данных выделены спектры и частоты вариантов фолидоза. Сравнение спектров между территориальными группами проведено с помощью модифицированного индекса Мориситы [Hurlbert, 1978]. Также был выполнен кластерный анализ (с учетом обобщенного Евклидова расстояния) для оценки дистанцированности данных групп по встречаемости форм фолидоза.

В ходе анализа меристических признаков была сформирована схема вариантов фолидоза головы прыткой ящерицы для изучаемых локалитетов. Данный подход позволил провести детальную их диагностику, результатом которой явилась схема из 34 вариантов фолидоза по 6 категориям (рис. 1).

Категории были выделены в соответствии с названиями щитков, форму и составные части которых отмечали.

Сравнительный анализ перекрытия спектров фолидоза головы по индексу Мориситы показал сходство спектров у животных Красноуфимской лесостепи и Белоярского района (рис. 2). Диапазон встречаемости этих вариантов и их комбинаций был довольно широк, однако даже минимальная частота не опускалась ниже 6,8 %.

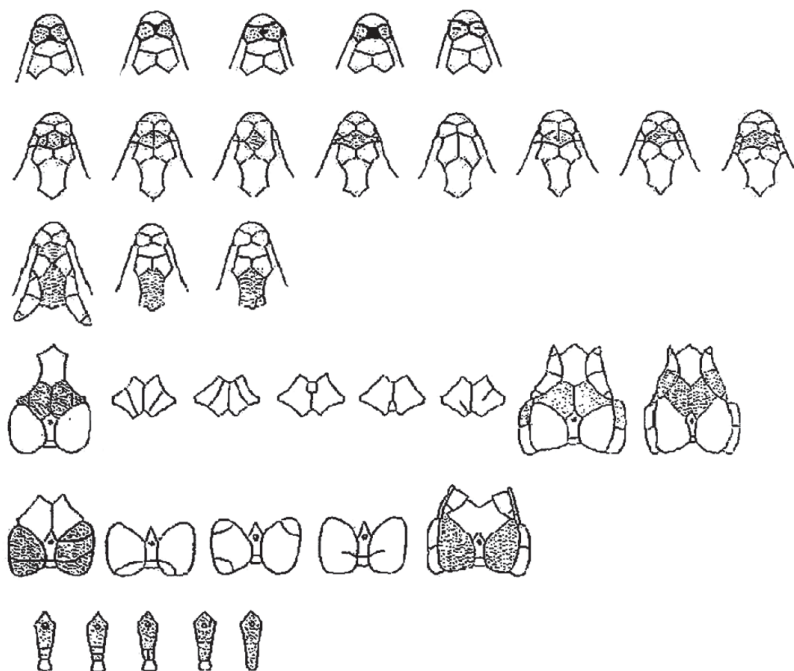


Рис. 1. Схема вариантов фоллидоза *L. agilis* изучаемых популяций

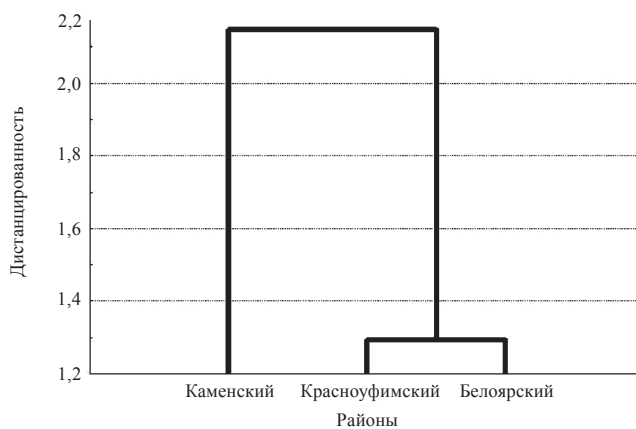


Рис. 2. Дистанцированность групп *L. agilis* по значениям модифицированного индекса Мориситы



Помимо этих вариантов также встречались несколько единичных форм фолидоза, которые были явно отличны от всех прочих. Для этих форм было характерно слияние смежных щитков, дробление или редукция щитков и их комбинации, что приводило к хорошо заметной асимметрии щиткования pileуса. Встречались следующие варианты (рис. 3).

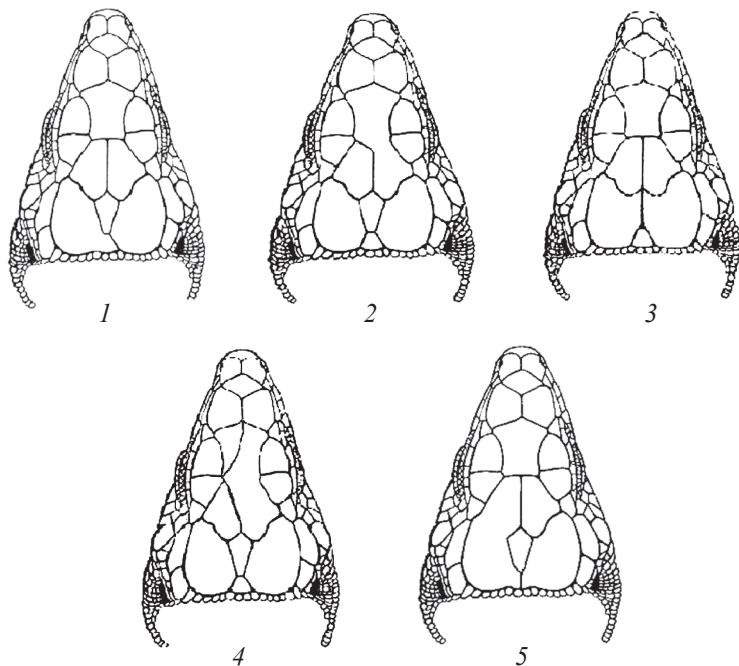


Рис. 3. Девиантные формы фолидоза *L. agilis* в данных популяциях:  
 1 – слияние *parietale* и *occipitale*; 2 – слияние *frontale* и одного из пары *frontoparietale*; 3 – редукция *interparietale*, при которой теменные щитки соприкасаются; 4 – деление *frontale* и частичное слияние его с *frontoparietale*; 5 – слияние *frontoparietale* с *parietale* и редукция *occipitale*

В общей сложности было отмечено 7 случаев встречаемости этих форм. Все они были встречены однократно, за исключением 2-й, отмеченной 3 раза. Носителями данных форм преимущественно были половозрелые самцы ящериц Каменского района (5 слу-

чаев из 7), в меньшей степени – Красноуфимской лесостепи (2 самки). У животных Белярского района подобных вариантов не отмечено.

Сравнительный анализ вариантов фолидоза с помощью кластерного анализа с учетом качественных характеристик выявил специфику животных Каменского района (рис. 4), что дает основание говорить о дистанцированности *L. agilis* из Каменского района от других сравниваемых популяций.

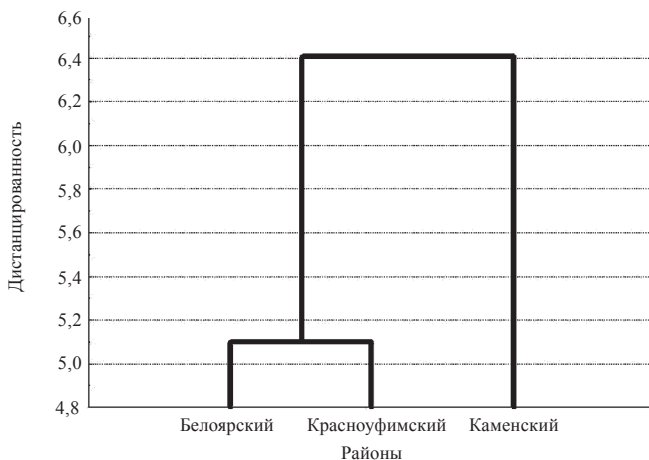


Рис. 4. Дистанцированность выборок *L. agilis* по данным вариантам фолидоза

Возможно, полученный результат определяется локальной спецификой данной популяции, связанной со спецификой местообитания. Большая часть данной популяции населяет фрагментированный ландшафт урбанизированной территории – зону многоэтажной застройки Каменска-Уральского. Встречаемость описанных форм фолидоза уральских популяций *L. agilis* выражена в разной степени и, вероятно, может быть сопряжена со спецификой пространственной структуры и локальных условий местообитаний.

Таким образом, можно заключить, что географическая и ландшафтно-экологическая специфика популяций отражается как на спе-

цифике спектров фолидоза, так и на совокупности морфологических признаков *L. agilis* данных территорий. Подход, основанный на анализе особенностей фолидоза по разработанной схеме с учетом разнообразия вариантов фолидоза, в том числе ряда девиантных, позволяет получить более глубокую и сложную картину на небольших сплошных участках ареала, на ограниченных территориях с высокой плотностью населения.

### Библиографические ссылки

Даревский И. С., 1976. Систематика и внутривидовая структура // Прыткая ящерица. М. : Наука. С. 53–92.

Яблоков А. В., Ларина Н. И., 1985. Введение в фенетику популяций. М. : Высш. шк. 159 с.

Яблоков А. В., Баранов А. С., Розанов А. С., 1981б. Популяционная структура вида (на примере *Lacerta agilis* L.) // Журн. общ. биол. Т. 42, № 5. С. 645–656.

Яблоков А. В., Баранов А. С., Розанов А. С., 1981в. Реконструкция микрофилогенеза вида (на примере изучения прыткой ящерицы – *Lacerta agilis*) // Вестн. зоологии. № 3. С. 11–16.

Корнейчук В. П., Чурикова М. А., 2005. О дискретных вариациях фолидоза прыткой ящерицы (*Lacerta agilis exigua* Eichwald, 1831) в Казахстане // Современная герпетология. Т. 3/4. С. 60–70.

Hurlbert S. H., 1978. The measurement of niche overlap and some relatives // Ecology. 1978. Vol. 59, Nr 1. P. 67–77.

Peters G., 1960. Die Grusinische Zauneidechse *Lacerta agilis grusinica* nomen novum // Zool. Anz. Vol. 65, Nr 7/8. P. 279–289.

Peters G., 1959. Zur Taxonomie und Okologie der Zauneidechsen zwischen Peipus- und Onega-See // Zool. Beitr. (N. F.). Vol. 4, Nr 2. P. 206–232.

**ПАТОМОРФОЛОГИЯ  
ТОНКОГО КИШЕЧНИКА РАЗНОЦВЕТНОЙ ЯЩУРКИ  
(*EREMIAS ARGUTA*) ПРИ ГЕЛЬМИНТОЗАХ**

**С. В. Ганшук<sup>1</sup>, Т. Н. Сивкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

<sup>2</sup>Пермская государственная сельскохозяйственная академия

**PATHOLOGY OF THE SMALL BOWEL  
OF STEPPE RACER (*EREMIAS ARGUTA*)  
AT HELMINTHIASES**

**S. V. Ganschuk<sup>1</sup>, T. N. Sivkova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm State Humanitary Pedagogical University

<sup>2</sup>Perm State Agricultural Academy

*It is known that parasitic worms are an integral part of the natural ecosystem, performing a complex regulatory function. The aim of our study was to investigate the pathological changes that occur in the tissues of lizards exposed to parasites. In histological specimens of small intestine we observed cross sections of nematodes. The bodies of parasites with vaguely expressed organ structure and rounded formations of a small size, were surrounded by a wide strip of acellular eosinophilic mass; in the central parts there was a single rounded basophilic inclusion. On this basis we can assume that there is a formation of fibrosis, a protection against the parasite. Intestinal nematode parasitism in the studied lizards causes building of a xenoparasite barrier. The formation of the xenoparasite barrier is due to the adaptation of a parasitic agent and the host.*

*Изучение патоморфологических изменений в организме хозяев под действием гельминтов является одним из актуальных вопросов, изучаемых современной паразитологией. Особое внимание уделяется проблеме исследования функционирования ксено-паразитарного барьера, а также адаптивных изменений в тканях хозяина. Данный вопрос в первую очередь привлекает внимание специалистов в области медицины и ветеринарии, в то время как изучение взаимоотношений паразита и хозяина в дикой природе явно освещено недостаточно. Тем не*

менее известно, что гельминты являются неотъемлемой частью природных экосистем, выполняя в них сложную регулирующую функцию. Целью нашего исследования стало выявление патологических изменений, возникающих в тканях ящериц под воздействием паразитов.

## Материалы и методы

Разноцветных ящурок *Eremias arguta* Pallas, 1773 ( $n = 50$ ) отлавливали в Астраханской области в весеннее время. Исследование проводилось с помощью неполного гельминтологического вскрытия. Собранных гельминтов определяли по В. П. Шарпило (1976). Определяли экстенсивность (ЭИ) и интенсивность (ИИ) инвазии.

Кусочки кишечника длиной примерно 1 см фиксировали в 10 %-ном нейтральном формалине, после чего обрабатывали по общепринятой гистологической методике. Материал заливали в парафин, готовили срезы толщиной 5–6 мкм, которые впоследствии окрашивали гематоксилином-эозином, а также по ван Гизон. Просмотр готовых препаратов производили с помощью микроскопа фирмы «Leica» и «Zeiss» при увеличении окуляра  $\times 10$ , с объективами  $\times 4$ ;  $\times 40$  и  $\times 100$  с подробным описанием имеющейся морфологической картины. Оценивали дисциркуляторные, дистрофические, склеропластические, воспалительные, гиперпластические, регенераторные процессы в органе. Наиболее интересные и показательные фрагменты микропрепаратов фотографировали.

## Результаты и обсуждение

Обнаружено 5 видов гельминтов, относящихся к двум систематическим группам: Cestoda – 1 вид и Nematoda – 4 вида. Из них 4 вида являются обычными и широко распространенными паразитами ящурок и 1 вид (*Agamospirura macracanthis* Sharpilo, 1963) – редко встречающийся и, по-видимому, локально распространенный паразит пресмыкающихся.

*Oochoristica tuberculata* (Rud., 1819) – паразит кишечника. Обнаружен нами в желудке и кишечнике. Один из самых обычных паразитов ящериц. Встречаемость этого паразита у разноцветной ящурки  $30,2 \pm 7,01\%$  ИИ –  $8,85 \pm 4,06$ .

*Spauligodon pseudoeremiasi* – паразит прямой кишки и клоаки. Встречаемость этого паразита у разноцветной ящурки  $18,6 \pm 5,93 \%$ , ИИ –  $2,4 \pm 0,56$ .

*Abbreviata abbreviata* (Rud., 1819) – паразитирует в желудке, обнаружена нами в ротовой полости, пищеводе и желудке. Обычный паразит ящериц, экстенсивность инвазии у разноцветной ящурки  $13,95 \pm 5,28 \%$ , ИИ –  $14,0 \pm 6,54$ .

*Thubunaea schukurovi* Annaev, 1973. Редко встречающийся и, по-видимому, локально распространенный паразит ящериц [Шарпило, 1976]. Хотя в данном исследовании это самый многочисленный вид паразита, ЭИ составила  $74,4 \pm 6,65 \%$ , ИИ –  $23,6 \pm 5,63$ .

*Agamospirura macracanthis* Sharpilo, 1963. Паразит локализуется в стенках желудка и кишечника. Встречено 3 экз. у одной ящурки. Редко встречающийся, локально распространенный паразит пресмыкающихся.

При микроскопическом исследовании окрашенных гистологических препаратов тонкого кишечника мы установили, что стенка органа была сохранена. Кишечные ворсинки у ящурок оказались тонкими, строма ворсинок находилась в состоянии отека. На большинстве препаратов от инфицированных ящурок прослеживается распространенная десквамация и дезорганизация эпителиальных клеток в просвет органа с обнажением базальной мембраны (рис. 1), что является отклонением от нормы. На ее поверхности – группы слущенных клеток, массы слизи, измененные пищевые частички. В слизистой оболочке хорошо просматривались бокаловидные клетки. На уровне подслизистого слоя был выражен отек (рис. 2), а также обнаружены небольшие по протяженности лимфоплазмочитарные инфильтраты.

Мышечная оболочка кишечника тонкая, двухслойная, миоциты в ней расположены рыхло. Межмышечные ганглии в  $75,0 \%$  случаев находились в состоянии дистрофии. Серозная оболочка умеренно отечна. Сосуды ее полнокровны, особенно вены, стенки их тонкие, в просветах видны небольшие группы эритроцитов.

В ряде случаев в просвете тонкого кишечника на гистологических препаратах были обнаружены поперечные срезы нематод. Тела паразитов с неотчетливо выраженной органной структурой,

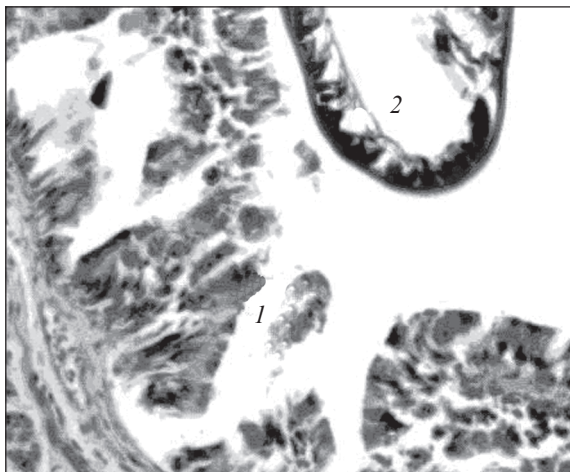


Рис. 1. Десквамация эпителиальных клеток. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение  $1 \times 40$ :

*1* – эпителий; *2* – поперечный срез нематоды

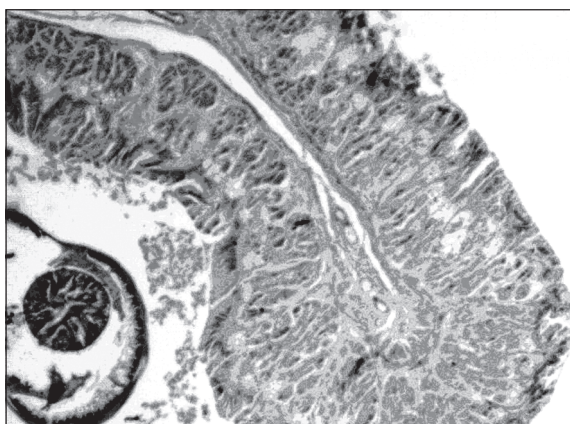


Рис. 2. Отек стромы ворсинки. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение  $10 \times 10$

а также округлые образования малых размеров, окруженные широкой полоской бесклеточной эозинофильной массы, в центральных отделах – округлое одиночное базофильное включение.

Полученные результаты позволяют предположить, что наличие в кишечнике ящериц паразитирующих нематод ведет к формированию фиброза. Таким образом, ответная адаптивная защитная реакция выражается в создании ксенопаразитарного барьера, формирование которого обусловлено коадаптивным взаимодействием паразита и хозяина.

### **Библиографические ссылки**

*Шарпило П. В.*, 1976. Паразитические черви пресмыкающихся фауны СССР. Киев : Наукова думка. 287 с.

### **ВСТРЕЧАЕМОСТЬ АНОМАЛИЙ ФОЛИДОЗА РОГОВОГОВЫХ ЩИТКОВ ПАНЦИРЯ *TESTUDO GRAECA NIKOLSKII* НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ**

**А. Н. Гнетнева<sup>1</sup>, М. В. Пестов<sup>2</sup>, А. А. Лебединский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ННГУ им. Н. И. Лобачевского (Нижний Новгород)

<sup>2</sup> Общество охраны амфибий и рептилий при экоцентре «Дронт»  
(Нижний Новгород)

### **THE OCCURRENCE OF PHOLIDOSIS DEVIATIONS OF THE SHELLS' CORNEOUS MAILS AMONG *TESTUDO GRAECA NICOLSKII* ON WESTERN CAUCASUS**

**A. N. Gnetneva<sup>1</sup>, M. V. Pestov<sup>2</sup>, A. A. Lebedinskii<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Nizhniy Novgorod State University (Nizhniy Novgorod)

<sup>2</sup> The Nizhniy Novgorod society for protection of amphibians and reptiles  
under ecocenter «Dront» (Nizhniy Novgorod)

*The obtained data of 3 territorial groups from various parts of an area of the Testudo graeca nicolskii, showed lack of reliable distinctions by frequency of occurrence of shells' pholidosis deviations and probable dependence between high percent of occurrence of young abnormal individuals and survival of their individuals.*



*Данные по 3 территориальным группировкам из различных частей ареала *Testudo graeca nicolskii* показывают отсутствие значимых различий в частоте отклонений фолидоза панциря и возможную зависимость между высокой встречаемостью аномальных молодых особей и их выживаемостью.*

## **Введение**

Для черепах (в том числе *Testudo graeca nicolskii* Chkhikvadze et Tuniyev, 1986) характерно наличие определенной мозаики щитков панциря, которая обладает высокой эволюционной стабильностью [Черепанов, 2005]. Уже у древнейших представителей отряда Testudines отмечается типичный рисунок щиткования (фолидоза), лишь деталями отличающийся от такового у современных форм. Вместе с тем замечено, что индивидуальная изменчивость фолидоза черепах имеет широкие пределы, причем как по числу вариантов отклонения от нормы, так и по их встречаемости [Ibid]. Врожденными аномалиями фолидоза называется изменение стандартного количества, взаимного расположения и пропорций отдельных щитков [Пестов и др., 2009]. При этом необходимо отметить, что подобные отклонения могут затрагивать как один, так и несколько щитков [Кармышев, 2005]. В монографии Г. О. Черепанова (2005) изменчивость фолидоза подразделяется на пять основных типов: необычная форма или размер щитков при нормальном их количестве; наличие дополнительных щитков; отсутствие одного или нескольких щитков; неполное разделение щитка; неполное слияние нескольких щитков. В проведенном исследовании процент встречаемости аномалий рассчитывался согласно данной классификации.

## **Материалы и методы**

Материал для настоящей работы был собран в 2011–2013 гг. в трех различных локалитетах: на территории ГПЗ «Утриш», расположенного между Анапой и Новороссийском (на северо-западной границе ареала подвида); в окрестностях Геленджика и на Пизунда-Мюссерской возвышенности в Республике Абхазия (на юго-восточной границе ареала). Территория от Анапы до Геленджика протяженностью около 60 км весьма однородна по своим природ-

ным условиям и относительно равномерно заселена черепахами. Территориальная группировка черепах из Абхазии, вероятно, является изолированной [Пестов и др., 2009].

Для выявления аномалий фолидоза рогового панциря черепах [Черепанов, 2005] анализировались три выборки по 111, 57 и 31 особей соответственно. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы STATISTICA V 10.0. Для оценки различий между тремя выборками был использован критерий  $\phi^*$  Фишера и критерий  $u$ , рассчитываемый с помощью показателя внутрипопуляционного разнообразия  $\mu$  и доли редких морф  $h$  [Животовский, 1980]. Для сопоставления по спектру аномалий применялся индекс сходства Чекановского – Серенсена. В ходе исследований были рассчитаны также частота встречаемости некоторых типов аномалий, среднее число аномалий на одну особь [Боркин и др., 2012].

### Результаты и обсуждение

При анализе данных был установлен относительно высокий процент встречаемости особей с аномалиями фолидоза рогового панциря во всех выборках (табл. 1). Статистическая обработка показала, что различия по данному критерию не являются достоверными. В то же время наименьшая частота аномалий отмечена в выборке из Абхазии, что согласуется с ранее опубликованными данными [Пестов и др., 2009].

Т а б л и ц а 1

**Частота встречаемости аномальных черепах  
от общего числа особей**

| Регион      | N   | Наличие аномалий |    | Отсутствие аномалий |    |
|-------------|-----|------------------|----|---------------------|----|
|             |     | Абс.             | %  | Абс.                | %  |
| Геленджик   | 111 | 38               | 35 | 73                  | 65 |
| ГПЗ «Утриш» | 57  | 23               | 40 | 34                  | 60 |
| Абхазия     | 31  | 7                | 22 | 24                  | 78 |

Особый интерес для изучения природы изменчивости фолидоза панциря вызывают результаты сравнения встречаемости аномалий взрослых и неполовозрелых особей. Это связано с тем, что причина возникновения подобных нарушений до сих пор неизвестна. Вероятно, на выявление изменчивости в щитковании панциря могут оказывать воздействие неблагоприятные внешние факторы, или же это фенотипическое проявление вариабельности генотипа [Брушко, Кубыкин, 1980; Кармышев, 2005]. На популяциях многих амфибий уже были проведены многочисленные исследования аномального строения скелета. Было выяснено, что процент летальности на личиночной стадии достаточно высок и далеко не все особи доживают до половозрелости [Боркин и др., 2012]. Для черепах подобной закономерности до настоящего времени не выявлено, поэтому для решения данного вопроса необходимо проведение детального изучения влияния аномалий на выживаемость разновозрастных особей.

В табл. 2 приведена доля встречаемости аномальных особей от общего числа половозрелых и молодых черепах. Несмотря на то, что среди неполовозрелых черепах процент изменчивости фолидоза значительно выше во всех выборках, достоверные различия между молодыми и половозрелыми особями установлены лишь для черепах с Утриша. Вероятно, это связано с недостаточным объемом выборки или с недостаточной «чувствительностью» рассчитанных критериев к анализируемым количественным данным. Достоверные различия по встречаемости аномалий у самцов и самок также отсутствуют.

Для оценки разнообразия аномалий в популяции был рассчитан общий спектр аномалий [Боркин и др., 2012]. Исследованные группировки имеют аналогичный набор и частоту встречаемости вариантов изменчивости роговых щитков панциря, поэтому ниже приведены средние проценты (от общего числа аномалий) трех выборок. Пластрон (15 %) меньше подвержен изменчивости щиткования, чем карапакс (60–70 %). Для вертебральных и костальных щитков характерно наличие дополнительных элементов (34 %).

Т а б л и ц а 2

**Доля встречаемости аномальных черепях  
с учетом половозрастной структуры**

| Регион                | Геленджик<br>( <i>N</i> = 111) |           | ГПЗ «Утриш»<br>( <i>N</i> = 57) |           | Абхазия<br>( <i>N</i> = 31) |           |
|-----------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|                       | ad                             | juv/subad | ad                              | juv/subad | ad                          | juv/subad |
| Возраст               |                                |           |                                 |           |                             |           |
| <i>N</i> с аномалиями | 18                             | 15        | 15                              | 4         | 4                           | 2         |
| % аномальных особей   | 27                             | 34        | 29                              | 67        | 15                          | 40        |

В количестве на один меньше или больше нормы могут встречаться маргинальные щитки (13 %). У части особей наблюдается разделение анального щитка карапакса продольной бороздой (20 %). У черепях из Абхазии подобная аномалия не выявлена. Интересным отклонением является полное или частичное отсутствие, или неправильная форма апикального щитка (19 %). У двух особей в Геленджике было обнаружено раздвоение ингуального щитка (5 %). Отмечены также аномалии, связанные с необычной формой или размером щитков (13 %).

Для более полной оценки встречаемости аномалий в ходе исследования были рассчитаны *Sai* – среднее число аномалий на особь [Боркин и др., 2012];  $\mu$  – показатель внутривидового разнообразия, среднее число морф в выборке; *h* – доля редких морф [Животовский, 1980]. Результаты представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

**Некоторые показатели,  
описывающие встречаемость аномалий**

| Регион      | <i>m</i> | $\mu$       | <i>H</i>    | <i>Sai</i>  |
|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Геленджик   | 5        | 3,35 ± 0,22 | 0,33 ± 0,04 | 1,12 ± 0,06 |
| ГПЗ «Утриш» | 4        | 3,17 ± 0,21 | 0,21 ± 0,05 | 1,26 ± 0,11 |
| Абхазия     | 4        | 2,79 ± 0,33 | 0,30 ± 0,08 | 1,17 ± 0,18 |

Примечание: *m* – количество обнаруженных вариантов аномалий.

Из данных табл. 3 следует, что выборки обладают близкими по величине показателями внутривидового разнообразия. Причиной служат аналогичные частоты встречаемости аномалий в выборках. Частоты морф утришских черепах распределены более равномерно, чем в остальных группировках. Доля редких морф в выборках относительно низкая. При сравнении трех группировок по среднему числу аномалий на особь было установлено, что показатели сходны по значениям.

В качестве индекса сходства между группировками был использован индекс Чекановского – Серенсена ( $K_s$ ), определяющий близость выборок по спектру разнообразия [Боголюбов и др., 2012]. У геленджикских и утришских черепах индекс сходства составил 93 %, т. е. выборки очень близки друг другу по спектру представленных аномалий вследствие незначительной территориальной удаленности (около 50 км) и отсутствия непреодолимых преград. Самый низкий индекс сходства – у абхазских и геленджикских черепах (67 %). Однако и в этом случае процент сходства превышает 50 %. Индекс Чекановского – Серенсена у группировок из ГПЗ «Утриш» и Абхазии занимает промежуточное значение (73 %).

## **Выводы**

1. Исследованные выборки принадлежат к одной генеральной совокупности по критерию частоты встречаемости аномалий фоллидоза, несмотря на их вероятную принадлежность к различным популяциям. Это подтверждается присутствием в группировках практически всех вариантов изменчивости ( $\mu$  принимает аналогичные значения), сходством выборок по спектру разнообразия аномалий и средним числом отклонений на особь, которое незначительно отличается во всех выборках.

2. Существенное, хотя и не всегда достоверное, преобладание частоты встречаемости неполовозрелых черепах с аномалиями фоллидоза по сравнению со взрослыми, вероятно, свидетельствует о снижении выживаемости (жизнеспособности) аномальных особей на ранних стадиях онтогенеза.

## Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству «Сафари-парка» и ГПЗ «Утриш» за возможность проведения исследований на их территории, а также доктору биологических наук Г. О. Черепанову за помощь в изучении проблемы изменчивости фоллидоза панциря черепах.

## Библиографические ссылки

*Боголюбов А. С.*, 1998. Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований. М. : Экосистема. С. 6–7.

*Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н.*, 2012. Оценка встречаемости морфологических аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

*Брушко З. К., Кубыкин Р. А.*, 1980. Изменчивость роговых щитков панциря у среднеазиатской черепахи (*Testudo horsfieldi* Gray) в Казахстане // Зоол. журн. Т. 59, вып. 6. С. 870–874.

*Животовский Л. А.*, 1980. Показатель внутривидового разнообразия // Журн. общ. биологии. Т. 41, № 6. С. 828–837.

*Кармышев Ю. В.*, 2005. Аномальное развитие роговых щитков панциря болотной черепахи (*Emys orbicularis*) на юге степной зоны Украины // Матеріали Першої конференції Українського Герпетологічного Товариства. Київ : Зоомузей ННПМ НАНУ. С. 57–59.

*Пестов М. В., Маландзия В. И., Мильто К. Д., Дбар Р. С., Пестов Г. М.*, 2009. Средиземноморская черепаха Никольского (*Testudo graeca nikolskii*) в Абхазии // Современная герпетология. Т. 9, вып. 1/2. С. 41–51.

*Черепанов Г. О.*, 2005. Панцирь черепах: морфогенез и эволюция. СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та. С. 69–78.

**ОЦЕНКА ВСТРЕЧАЕМОСТИ АСИММЕТРИИ  
ФОЛИДОЗА ГОЛОВЫ У ОБЫКНОВЕННОГО  
(*NATRIX NATRIX* LINNAEUS, 1758) И ВОДЯНОГО  
(*NATRIX TESSELLATA* LAURENTI, 1768) УЖЕЙ  
В АНТРОПОГЕННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
И ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ  
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Д. А. Гордеев<sup>1</sup>, Н. И. Прилипко<sup>2</sup>, С. К. Прилипко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Волгоградский государственный университет

<sup>2</sup>Волгоградский государственный социально-педагогический университет

**ASSESSMENT OF OCCURRENCE OF ASYMMETRY  
OF FOLIDOZ OF THE HEAD AT ORDINARY  
(*NATRIX NATRIX* LINNAEUS, 1758) AND WATER  
(*NATRIX TESSELLATA* LAURENTI, 1768) UZHEY  
IN ANTHROPOGENE-MODIFIED AND NATURAL  
LANDSCAPES OF THE VOLGOGRAD REGION**

**D. A. Gordeyev<sup>1</sup>, N. I. Prilipko<sup>2</sup>, S. K. Prilipko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Volgograd State University

<sup>2</sup>Volgograd State Social and Pedagogical University

*The real work represents the analysis of frequency of occurrence of asymmetry of bilateral structures of a scaly cover of ordinary and water ears in the territory of the Volgograd region in the anthropogene-modified and natural landscapes, based on original these authors. Manifestation of asymmetry of a folidoz of the head of these types most possibly in number of labial, supralabial and temporal guards. Close indicators of coefficients of asymmetry of different types of the sort *Natrix* tells about similarity of microclimatic conditions and influence of factors of destabilization of ontogenetic development.*

*Настоящая работа представляет собой анализ частоты встречаемости асимметрии билатеральных структур чешуйчатого покрова обыкновенного и водяного ужей на территории Волгоградской области в антропогенно-модифицированных и естественных ландшафтах, основанный на оригинальных данных авторов.*

В живых организмах как биологических системах отражаются все процессы, протекающие в экосистемах. В ходе эволюции у организмов сформировалась сложная система буферных гомеостатических механизмов приспособления к условиям обитания. При неблагоприятных воздействиях эти механизмы могут быть повреждены, что приводит к нарушению развития. Для объективного заключения о качестве среды необходима интегральная характеристика ее состояния. Возможность получить такую характеристику среды, объединяющей различные экологические факторы, позволяют биологические методы, поскольку именно живые организмы несут наибольшее количество информации об окружающей их среде обитания. Для характеристики качества среды, неблагоприятных воздействий факторов несомненный интерес представляет использование метода флуктуирующей асимметрии, которая является следствием несовершенства онтогенетических процессов [Захаров, 1987]. В настоящее время изучение процессов дестабилизации развития является широко распространенным [Вершинин, 1983, 1997; Ждокова, 2003; Смирнов, 2009; и др.] и актуальным в связи с интенсивным использованием человеком окружающей среды.

В связи с этим целью нашего исследования стало изучение асимметрии фоллидоза билатеральных структур головы обыкновенного (*Natrix natrix* Linnaeus, 1758) и водяного (*Natrix tessellata* Laurenti, 1768) ужей в популяциях антропогенно-модифицированных и естественных ландшафтов Волгоградской области.

### **Материал и методы**

Основой для данной работы послужили полевые исследования и сборы, проведенные на территории Волгоградской области в период 2008–2011 гг. Для оценки стабильности развития онтогенетических процессов проанализированы 8 типов щитков, расположенных на голове змеи билатерально: верхнегубные, нижнегубные, височные I и II ряд, предглазничные, заглазничные, надглазничные и скуловые. Анализ морфологических признаков проведен на 87 особях, из которых 29 – водяной уж, 58 – обыкновенный уж. Математическая обработка данных проведена в среде Statistica 6.1, Microsoft Excel.



## Результаты и обсуждение

Изучение особенностей морфологии обыкновенного ужа проводили в 2 биотопах: Волго-Ахтубинская пойма (ерик Судомойки) и на территории Волгограда (система озер около завода «Вторчермет»), а водяного ужа – в 3: окрестности станицы Трехостровская (р. Дон), устье р. Большая Голубая, Волго-Ахтубинская пойма (ерик Каширский). Указанные биотопы различаются природно-климатическими условиями и степенью антропогенной нагрузки. В частности, наибольшая рекреационная нагрузка приходится на первый (ер. Судомойки), второй (г. Волгоград), третий (ст. Трехостровская, р. Дон), тогда как последние два (устье р. Б. Голубая и ер. Каширский) относительно благоприятны. Наивысшая степень загрязнения поллютантами приходится на второй биотоп (г. Волгоград) в связи с нахождением в промышленной зоне, в непосредственной близости к заводу «Вторчермет».

Анализ материала показал, что асимметрия фolidоза головы обыкновенного и водяного ужей характерна для всех рассмотренных признаков за исключением скуловых щитков водяного ужа. Скуловые щитки относительно стабильны, у большинства особей обоих видов отмечена комбинация 1/1 (справа/слева), асимметрия данного показателя отмечена нами лишь во втором (*N. natrix*) биотопе у 7,5 %. У обыкновенного ужа наиболее подвержены асимметрии нижнегубные щитки: в первом биотопе аномалия признака отмечена у 33,3 % отловленных змей, во втором – у 40,0 %. Высока встречаемость асимметрии среди верхнегубных (22,2 % в первом биотопе; 27,5 % во втором) и височных щитков II ряда (33,3 % в первом и 20,0 % во втором биотопе). Асимметрии предглазничных и заглазничных щитков не выявлено.

Направленность дестабилизирующего фактора на формирование чешуйчатого покрова водяного ужа несколько отличается: в зависимости от биотопа доминирующий асимметричный признак в выборке может меняться. Так, 28,6 % и 57,1 % рептилий в выборке (третий и четвертый биотопы соответственно) содержат асимметричное количество височных щитков I ряда, тогда как для *N. tessellata*, обитающих в устье р. Б. Голубая (пятый биотоп),

аномалия развития по данному признаку встречается в 13,3 % случаев. Здесь наиболее велика вероятность обнаружения асимметрии верхнегубных щитков (40,0 %). Относительно стабильными признаками в изучаемых биотопах для водяного ужа являются предглазничные, надглазничные и скуловые щитки, асимметрии для которых нами не выявлено, за исключением заглазничных щитков в популяции ерика Каширский (14,3 %).

Асимметрию по тому или иному признаку (таблица) имеют 70,1 % отловленных нами особей. Наиболее часто асимметрия фоллидоза проявляется у водяного ужа, доля особей с проявлением дестабилизации развития которого составляет 71,4–85,7 % от общей выборки, тогда как для обыкновенного ужа она несколько ниже (55,6–70,0 %). Из двух обследованных местообитаний *N. natrix* аномалии развития наиболее подвержен второй биотоп, что, вероятно, связано с большим загрязнением среды обитания. Из трех рассмотренных биотопов *N. tessellata* доля асимметричных особей преобладает на ер. Каширский (85,7 %), причину чего на нашем материале выявить затруднительно, необходимо более детальное исследование микроклиматических условий и степени загрязненности среды.

Очень близки коэффициенты асимметрии щиткования головы обыкновенного и водяного ужей в выборках из Волго-Ахтубинской поймы (ер. Судомойки и ер. Каширский) и озер в окрестностях Вторчермета, а также в третьем и пятом биотопах. Данный факт, вероятно, можно объяснить схожестью условий обитания в биотопах № 1, 2 и 4, а также 3 и 5, поскольку первая группа относится к Волжскому бассейну, а вторая – к Донскому. Анализ данных с помощью методов непараметрической статистики (*U*-критерий Манна – Уитни, ранговый дисперсионный анализ Краскела – Уоллиса) не выявил зависимости коэффициента асимметрии от местообитания, что, вероятно, связано с недостаточной выборкой.

Таким образом, наиболее вероятно проявление асимметрии чешуйчатого покрова билатеральных структур у водяного и обыкновенного ужей естественных и антропогенно-модифицированных ландшафтов в количестве верхнегубных, нижнегубных и височ-

## Асимметрия билатеральных признаков фolidоза головой обыкновенного и водяного ужей Волгоградской области

| Вид                  | Биотоп                         | Выборка<br>( <i>n</i> ) | Количество особей с асимметрией |      | Коэффициент асимметрии<br>( $M \pm m$ ) |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------|---|
|                      |                                |                         | <i>n</i>                        | %    |   |
| <i>N. natrix</i>     | ер. Судомойки                  | 18                      | 10                              | 55,6 | 0,023 ± 0,0057                          |
|                      | г. Волгоград                   | 40                      | 28                              | 70,0 | 0,022 ± 0,0038                          |
| <i>N. tessellata</i> | р. Дон<br>(ст. Трехостровская) | 7                       | 5                               | 71,4 | 0,010 ± 0,0034                          |
|                      | ер. Каширский                  | 7                       | 6                               | 85,7 | 0,024 ± 0,0073                          |
|                      | устье р. Б. Голубая            | 15                      | 12                              | 80,0 | 0,010 ± 0,0019                          |
| Сумма                |                                | 87                      | 61                              | 70,1 | –                                       |

ных щитков II ряда. Близкие показатели коэффициентов асимметрии разных видов рода *Natrix*, вероятно, говорят о сходстве микробиотопических условий и влиянии факторов дестабилизации онтогенетического развития.

### Библиографические ссылки

*Вершинин В. Л.*, 1983. Видовой состав и биологические особенности амфибий ряда промышленных городов Урала : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск. 21 с.

*Вершинин В. Л.*, 1997. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург. 47 с.

*Ждокова М. К.*, 2003. Асимметрия в щитковании обыкновенного (*N. natrix*) и водяного (*N. tessellata*) ужей на территории Калмыкии // Змеи Восточной Европы : материалы междунар. конф., Тольятти, 3–5 февр. 2003 г. Тольятти : [б. изд-ва]. С. 16–19.

*Захаров В. М.*, 1987. Асимметрия животных (популяционно-фенетический подход). М. : Наука. 216 с.

*Смирнов Е. П.*, 2009. Сравнительный морфологический анализ лесостепной и степной популяций прыткой ящерицы *Lacerta agilis* в Новосибирской области // Самарская Лука. Т. 18, № 1. С. 127–233.

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ СКЕЛЕТА И АНОМАЛИИ СЕГОЛЕТОК СИБИРСКОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA AMURENSIS*)

**А. Н. Гурвич**

Уральский федеральный университет  
Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург)

## VARIABILITY OF A SKELETON AND ANOMALIES OF JUVENILIES SIBERIAN FROG (*RANA AMURENSIS*)

**A. N. Gurvich**

Ural Federal University  
Institute of Plant & Animal Ecology, Russian Academy of Science,  
Ural DIVISION (Ekaterinburg)

*The work represents analysis of deviations in skeleton variability of siberian frog – Rana amurensis juveniles. It was found that anomalies of axial skeleton predominate in sample under investigation. These results are differing from other three frog's species inhabiting Middle Urals by spectrum and frequency.*

*В работе представлен анализ вариантов скелетных аномалий сеголеток сибирской лягушки – Rana amurensis. Установлено, что в исследуемой выборке преобладают аномалии осевого скелета. Полученные результаты отличаются по спектру и частоте от данных по трем другим видам лягушек, населяющих Средний Урал.*

Формирование девиантных форм у земноводных обусловлено высокой зависимостью развития земноводных от внешних факторов среды. Причины возникновения аномалий различны (инбридинг, мутационные процессы, паразитарные инвазии, комплексное загрязнение среды и пр.) [Вершинин, Неустроева, 2011; Зарипова, 2010]. Многими авторами отмечается возможность использования специфики онтогенеза земноводных для оценки состояния окружающей среды [Osborn et al., 1981; Пястолова, Трубецкая, 1990]. Спектр и частота аномалий наиболее адекватно отражают стабильность развития амфибий [Вершинин, 1997]. К настоящему времени выполнен ряд исследований, касающихся спектра и встречае-

мости внешних аномалий ряда представителей семейства Ranidae [Замалетдинов, 2003; Файзулин, 2011] в европейской части их ареалов. Еще меньше информации получено по скелетным отклонениям в природных популяциях земноводных [Неустроева, Вершинин, 2011]. Сибирская лягушка *Rana amurensis* Boulenger, 1886 – вид с исключительно азиатским распространением – в этом отношении изучен слабо [Вершинин, 2007]. Поэтому изучение скелетных аномалий сибирской лягушки представляется важным и актуальным.

Цель нашего исследования – проанализировать спектр и частоту скелетных аномалий сибирской лягушки и провести сравнительный анализ с имеющимися данными по другим представителям семейства Ranidae.

### **Материал и методы**

Проанализирована выборка сеголеток сибирской лягушки, собранных в 2013 г. на территории Курганской области (пос. Кошелево и оз. Куртан). Просветление мягких тканей выполнено по методу Dawson [Dawson, 1926]. Общий объем материала составил 71 особь. В сравнительном анализе использованы данные по спектрам и встречаемости аномалий трех видов сеголеток из работ В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой (2011). Перекрытие спектров оценивалось с помощью модифицированного индекса Мориситы [Hurlbert, 1978].

### **Результаты и обсуждение**

Получены данные о спектре девиантных морфологических форм скелета сеголеток сибирской лягушки. Выявлено 4 варианта аномалий: асимметрия тела позвонка, асимметрия поперечных отростков позвонка, эктромелия, эктродактилия. Суммарная частота аномальных особей в новой генерации *R. amurensis* составила 38 %, а встречаемость аномалий – 44 %. Сравнение спектров девиантных форм скелета показало, что, в отличие от трех изученных видов (табл. 1), у *R. amurensis* преобладает асимметрия позвонка – 33,8 %, в отличие от остальных, у которых наиболее распространены разрывы тел позвонков.

Т а б л и ц а 1

**Встречаемость скелетных девиаций, %**

| Вариант отклонения                        | Вид               |                      |                      |                     |
|---|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|   | <i>R. arvalis</i> | <i>R. temporaria</i> | <i>P. ridibundus</i> | <i>R. amurensis</i> |
| Мандибулярная гипоплазия                  | 0                 | 0,73                 | 0                    | 0                   |
| Брахицефалия                              | 0,20              | 1,09                 | 0                    | 0                   |
| Разрыв позвонка                           | 18,27             | 7,27                 | 17,35                | 0                   |
| Асимметрия позвонка                       | 15,32             | 5,82                 | 14,29                | 33,80               |
| Асимметрия поперечных отростков позвонка  | 1,20              | 0,36                 | 3,40                 | 7,04                |
| Фрагментация позвонка                     | 0,79              | 0                    | 0,34                 | 0                   |
| Нарушение причленения таза к позвоночнику | 0,20              | 0                    | 0,34                 | 0                   |
| Слияние позвонков                         | 0,39              | 0                    | 0,34                 | 0                   |
| Отклонения в строении уростиля            | 4,91              | 1,09                 | 0,34                 | 0                   |
| Неполное окостенение позвонка             | 0,20              | 0                    | 0                    | 0                   |
| Эктромелия                                | 0,39              | 0,36                 | 0,68                 | 1,41                |
| Брахимелия                                | 0                 | 0,36                 | 0                    | 0                   |
| Выпадение фаланги                         | 0,20              | 0                    | 0                    | 0                   |
| Эктродактилия                             | 0,79              | 0,73                 | 1,02                 | 1,41                |
| Клинодактилия                             | 0,20              | 0                    | 1,02                 | 0                   |
| Олигодактилия                             | 0,20              | 0,73                 | 0,68                 | 0                   |
| Утолщение фаланг стопы                    | 0,20              | 0,36                 | 0,34                 | 0                   |
| Асимметрия длины стопы                    | 0,20              | 0                    | 0                    | 0                   |
| Асимметрия толщины фаланг кисти           | 0,39              | 0,36                 | 0                    | 0                   |
| Асимметрия пропорций бедра                | 0                 | 0,36                 | 0                    | 0                   |
| Асимметрия диаметра костей конечностей    | 0                 | 0,36                 | 0                    | 0                   |

| Вариант отклонения            | Вид               |                      |                      |                     |
|-------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|                               | <i>R. arvalis</i> | <i>R. temporaria</i> | <i>P. ridibundus</i> | <i>R. amurensis</i> |
| Искривление фаланг            | 0                 | 0,36                 | 0                    | 0                   |
| Деформация костей конечностей | 0,59              | 1,45                 | 0                    | 0                   |

Для сеголеток остромордой лягушки на третьем месте по встречаемости находятся отклонения в строении уростиля (4,08 %), травяной – мандибулярная гипоплазия, эктродактилия и деформация костей конечностей (по 0,89 %), озерной – клинодактилия (2,88 %) [Неустроева, Вершинин, 2011]. У сибирской лягушки на втором месте по встречаемости находится асимметрия поперечных отростков позвонка (7,04 %), а на третьем – эктромелия и эктродактилия – по 1,4 %.

В исследованной выборке обнаружены сочетанные аномалии, доля которых составила 5,63 %. Преобладающей сочетанной аномалией является асимметрия позвонка и асимметрия поперечных отростков позвонка (3 особи). Также была обнаружена особь с сочетанием эктродактилии и эктромелии. Наиболее распространенными вариантами скелетных отклонений у сибирской лягушки являются аномалии тел позвонков и их поперечных отростков.

Большинство аномалий сибирской лягушки затрагивает осевой скелет (40,84 % аномалий), что сходно с топографией скелетных аномалий у остромордой – 41,48 % и озерной лягушек – 36,4 % [Ibidem]. Доля аномалий периферического скелета у сибирской лягушки незначительна – 2,8 %. Инвазивности полости тела *R. amurensis* цистами трематод не отмечено.

Сравнительный анализ полученных данных с результатами работ Н. С. Неустроевой и В. Л. Вершинина (2011) позволил рассчитать степень перекрытия спектров скелетных девиаций для 4 видов (табл. 2). Установлено, что спектр скелетных отклонений сибирской лягушки на 59,3 % перекрывается с озерной и на 58,9 % – с остромордой.

**Перекрытие спектра аномалий сибирской лягушки  
с тремя видами семейства *Ranidae* (по индексу Мориситы)**

| Вид                  | <i>P. ridibundus</i> | <i>R. arvalis</i> | <i>R. temporaria</i> | <i>R. amurensis</i> |
|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| <i>P. ridibundus</i> |                      |                   |                      |                     |
| <i>R. arvalis</i>    |                      |                   |                      |                     |
| <i>R. temporaria</i> |                      |                   |                      |                     |
| <i>R. amurensis</i>  | 59,3 %               | 58,9 %            | 31,1 %               |                     |

Перекрытие с травяной лягушкой составило 31,1 %, что связано с топографической локализации скелетных аномалий у озерной, остромордой и сибирской лягушек – преобладают отклонения осевого скелета.

Таким образом, на данном этапе исследований выявлено 4 варианта аномалий скелета сибирской лягушки: асимметрия тела позвонка, асимметрия поперечных отростков позвонка, эктромелия и эктродактилия. Общая встречаемость животных с аномалиями составила 38 %. Наиболее часто у сибирской лягушки встречается асимметрия тела позвонка – 33,8 %. Большинство аномалий сибирской лягушки затрагивают осевой скелет (40,84 %), что совпадает по локализации с остромордой и озерной лягушками. Аномалии периферического скелета составили незначительную долю (2,8 %). Степень перекрытия спектров скелетных аномалий сеголеток сравниваемых видов показала высокое сходство спектров сибирской с остромордой (58,9 %) и озерной (59,3 %) лягушками. Перекрытие со спектром аномалий травяной лягушки составляет 31,1 %.

### Библиографические ссылки

*Вершинин В. Л.*, 1997. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург. 47 с.



Вершинин В. Л., 2007. Амфибии и рептилии Урала. Екатеринбург : УрО РАН. 261 с.

Вершинин В. Л., Неустроева Н. С., 2011. Роль трематодной инвазии в специфике морфогенеза скелета бесхвостых амфибий на примере *Rana arvalis* Nilsson, 1842 // Докл. Акад. наук. Т. 440, № 2. С. 279–281.

Замалетдинов Р. И., 2003. Морфологические аномалии в городских популяциях бесхвостых амфибий (на примере г. Казани) // Совр. герпетология. Т. 2. С. 148–153.

Зарипова Ф. Ф., 2010. Связь инвазии гельминтами озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 с уровнем антропопрессии // Биология будущего: традиции и инновации : материалы Всерос. междунар. конф. с участием молодых ученых, посв. 90-летию Урал. гос. ун-та им. А. М. Горького. Екатеринбург. С. 31–32.

Неустроева Н. С., Вершинин В. Л., 2011. Скелетные отклонения сеголеток бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. № 4. С. 85–90.

Файзулин А. И., 2011. О морфологических аномалиях бесхвостых земноводных (Anura, Amphibia) Волжского бассейна // Праці Українського герпетологічного товариства. № 3. С. 201–207.

Пястолова О. А., Трубецкая Е. А., 1990. Использование бесхвостых амфибий в биоиндикации природной среды // Биоиндикация наземных экосистем : сб. науч. работ. Свердловск. С. 18–30.

Dawson A. B., 1926. A note on the staining of the skeleton of cleared specimens with alizarin red S. // Stain. Technology. Vol. 1. P. 123–125.

Hurlbert S. H., 1978. The measurement of niche overlap and some relatives // Ecology. Vol. 59. P. 67–77.

Osborn O., Cooke A. S., Freestone S., 1981. Histology of a teratogenic effect of DDT on *Rana temporaria* tadpoles // Environ. Pollut. Ser. A. Vol. 25. P. 305–319.

# АНОМАЛИИ АМФИБИЙ В УСЛОВИЯХ ИМИТАЦИИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**М. Н. Данилова**

Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

## AMPHIBIAN ANOMALIES UNDER CONDITION OF OIL POLLUTION IMITATION

**M. N. Danilova**

Ural Federal University (Ekaterinburg)

*The matter of this article are anomalies of *Rana arvalis* Nilss., *Rana temporaria* L. and *Bombina orientalis* Boul. revealed in experiments where imitated different degrees of oil pollution in water environment of tadpoles. Visible morphological deviations included hydropsy, skeletal deformations, black eyes and abnormalities of hind limbs flexibility. All anomalies were sporadic. Evidences of special negative oil effect were not found.*

*Представленная статья посвящена описанию аномалий у *Rana arvalis* Nilss., *Rana temporaria* L. и *Bombina orientalis* Boul., выявленных в ходе экспериментов, имитировавших различные способы нефтяного загрязнения водоемов, где развиваются личинки амфибий. Внешние морфологические отклонения включали гидропсию, деформации скелета, депигментацию радужины и нарушения гибкости задних конечностей. Все аномалии были спорадическими. Специфического влияния нефти не выявлено.*

### **Материал и методы**

Эксперименты проводились в 1984–1988 гг. на базе лаборатории экологического мониторинга ИЭРиЖ УрО РАН.

Объектами эксперимента были головастики остромордой лягушки *Rana arvalis* Nilss., травяной лягушки *Rana temporaria* L. из природных кладок, добытых в незагрязненных местах Свердловской и Челябинской областей, и дальневосточной жерлянки *Bombina orientalis* Boul. из икры, полученной в лабораторных условиях.

## Результаты и обсуждение

В ходе культивации личинок экспериментальных и контрольных групп у ряда особей обнаруживались аномалии строения тела. Девииции становились особенно заметными перед метаморфозом и во время него, и тяжесть их могла влиять на смертность во время превращения.

Данные о наличии отклонений у особей, проходивших превращение, из разных экспериментов приведены в таблице.

Наиболее частой аномалией почти во всех экспериментах была гидропсия (полости тела, межжелудочного пространства, задних конечностей), наблюдавшаяся даже у животных из контрольных групп и приводившая к гибели большинства особей. Некоторые все же выживали и проходили превращение, возможно, благодаря индивидуальным способностям восстанавливать несбалансированный рост.

Довольно характерной аномалией было искривление осевого скелета. Наблюдались искривления в хвостовом и крестцовом отделах позвоночника. В 1985 г. обладатели этих аномалий погибли в ходе метаморфоза, в 1988 г. – выжили.

### Аномалии метаморфизирующих амфибий в эксперименте

| Вид          | Год  | Доза нефти, мл/л | Условия эксперимента | Тип аномалии                          | Доля доживших до метаморфоза, % | Доля прошедших метаморфоз, % |
|--------------|------|------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <i>R. a.</i> | 1984 | 0,000            | г–<br>нв             |                                       | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,005            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,010            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,025            |                      | Гидропсия задних конечностей          | 25                              | 0                            |
|              |      | 0,050            |                      | Гидропсия полости тела                | 50                              | 0                            |
| <i>R. a.</i> | 1985 | 0,000            | г–<br>нс             | Гидропсия межжелудочного пространства | 7,7                             | 0                            |

Продолжение табл. 1

| Вид          | Год  | Доза нефти, мл/л | Условия эксперимента | Тип аномалии                           | Доля доживших до метаморфоза, % | Доля прошедших метаморфоз, % |
|--------------|------|------------------|----------------------|--|---------------------------------|------------------------------|
|              |      | 0,005            |                      | Искривление хвоста + опухоль на хвосте | 7,7                             | 0                            |
|              |      | 0,010            |                      | Искривление в крестцовой области       | 9,1                             | 0                            |
|              |      | 0,025            |                      | Гидропсия межжелудочного пространства  | 7,7                             | 0                            |
|              |      | 0,050            |                      |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,100            |                      |  | 0                               | 0                            |
| <i>R. t.</i> | 1985 | 0,000            | г-нс                 |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,005            |                      | Гидропсия межжелудочного пространства  | 10                              | 0                            |
|              |      | 0,010            |                      |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,025            |                      |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,050            |                      |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,100            |                      |  | 0                               | 0                            |
| <i>R. a.</i> | 1985 | 0,000            | гп нв                |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,005            |                      |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,010            |                      | Депигментация левой радужины           | 6,7                             | 6,7                          |
|              |      | 0,025            |                      |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,050            |                      | Депигментация левой радужины           | 11,1                            | 11,1                         |
| <i>R. a.</i> | 1986 | 0,000            | г-нс                 |  | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,005            |                      |  | 0                               | 0                            |

Продолжение табл. 1

| Вид                              | Год  | Доза нефти, мл/л | Условия эксперимента | Тип аномалии                          | Доля доживших до метаморфоза, % | Доля прошедших метаморфоз, % |
|----------------------------------|------|------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|                                  |      | 0,010            |                      | Гидропсия полости тела                | 7,7                             | 7,7                          |
|                                  |      | 0,025            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,050            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
| <i>R. a.</i>                     | 1986 | 0,000            | г–нс                 |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,005            |                      | Гидропсия полости тела                | 7,1                             | 7,1                          |
|                                  |      | 0,010            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,025            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,050            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
| <i>B. o.</i>                     | 1986 | 0,000            | г–нс                 |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,025            |                      | Гидропсия межжелудочного пространства | 10                              | 0                            |
|                                  |      |                  |                      | Искривление в крестцовой области      | 10                              | 10                           |
|                                  |      | 0,050            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,100            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
| <i>R. t.</i>                     | 1987 | 0,000            | гп нс                |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,010            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,100            |                      |                                       | 0                               | 0                            |
| <i>R. a.</i>                     | 1988 | 0,000            | г–нс                 |                                       | 0                               | 0                            |
|                                  |      | 0,005            |                      | Гидропсия полости тела                | 15,4                            | 15,4                         |
| Искривление в крестцовой области | 3,9  |                  | 3,9                  |                                       |                                 |                              |
| Ригидность задних лап            | 15,4 |                  | 15,4                 |                                       |                                 |                              |

О к о н ч а н и е т а б л. 1

| Вид          | Год  | Доза нефти, мл/л | Условия эксперимента | Тип аномалии                         | Доля доживших до метаморфоза, % | Доля прошедших метаморфоз, % |
|--------------|------|------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|              |      | 0,050            |                      |                                      | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,500            |                      |                                      | 0                               | 0                            |
| <i>R. a.</i> | 1988 | 0,000            | г-нс                 | Гидропсия межчелюстного пространства | 6,7                             | 6,7                          |
|              |      | 0,005            |                      |                                      | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,050            |                      |                                      | 0                               | 0                            |
| <i>R. a.</i> | 1988 | 0,000            | гп-нс                |                                      | 0                               | 0                            |
|              |      | 0,050            |                      | Гидропсия полости тела               | 8,3                             | 0                            |
|              |      | 0,500            |                      | 0                                    | 0                               | 0                            |

*Примечания:* *R. a.* – остромордая лягушка; *R. t.* – травяная лягушка; *B. o.* – дальневосточная жерлянка; г – грунт отсутствует; гп – грунт-песок; нс – нефть свежая; нв – нефть выветренная; Места добычи кладок *R. arvalis* и *R. temporaria*: 1984, 1986 г. – окрестности д. Меркитасиха (Свердловская обл.); 1985 – Новосвердловская ТЭЦ (окрестности г. Свердловска); 1987 – окрестности д. Таватуй (Свердловская обл.); 1988 – окрестности оз. Уфимское (Челябинская обл.).

В одном из экспериментов 1985 г. были выявлены особи с депигментацией радужной оболочки левого глаза. Успешному метаморфозу этот дефект не помешал.

В 1988 г. помимо гидропсии и искривления осевого скелета были отмечены случаи ригидности задних конечностей в форме русской буквы П в сочетании с укороченной голенью, не мешавшие благополучному метаморфозу.

Аномалии строения обнаруживались и у особей, вообще не участвовавших в экспериментах. В 1986 г. у одного представителя *B. orientalis* была отмечена полная двойная передняя правая конечность. В 1988 г. зафиксированы два случая ригидности задних ко-

нечностей у головастиков *R. arvalis*: вдоль оси тела и «шпагат» – животные погибли в ходе метаморфоза.

Отклонения в строении амфибий могут возникать как в результате внешних влияний, так и вследствие того, что генетическая программа не справляется с управлением процессами роста [Gollman et al., 1984]. В природных популяциях амфибий доля аномальных особей колеблется от 0,12 % до 71 % [Боркин и др., 2012].

У травяной лягушки нарушения осевого скелета составляют в среднем 16–17 %, а в экстремальных условиях (повышенная плотность) их число доходит до 35 % [Коваленко, 1985; Неустроева, Вершинин, 2011]. Появление различных уродств у головастиков может быть вызвано и естественными причинами, например, нарушениями оплодотворения яйца [Терентьев, 1950], генетическими особенностями кладки [Gollman et al., 1984; Flindt, 1985]. Отклонения в строении вызываются и действием поллютантов [Rostnad, 1958; Gelnarova, 1987; Агильон, 2012; Боркин и др., 2012]. Под действием химических веществ может появляться ригидность (несгибаемость) задних конечностей в области коленного или голеностопного суставов [Rostnad, 1958].

### **Заключение**

Появление аномалий у головастиков было спорадическим, не превышавшим природных норм и наблюдалось не только у экспериментальных особей. Анализ обнаруженных дефектов строения не позволяет с уверенностью утверждать, что все они вызваны влиянием нефти, поскольку часть их может иметь наследственную природу (метаморфическая гидропсия, депигментация радужины глаз). Возможно, что эффект особенностей кладки был более сильным, чем действие доз загрязнителя.

### **Библиографические ссылки**

*Агильон Г. Д. Р.*, 2012. Исследование влияния антропогенного загрязнения нерестовых водоемов на постэмбриональное развитие трех видов бесхвостых амфибий : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 21 с.

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости морфологических аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Коваленко Е. Е., 1985. Строение, развитие и изменчивость позвоночника травяной лягушки (*Rana temporaria* L.) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л. 17 с.

Неустроева Н. С., Вершинин В. Л., 2011. Скелетные отклонения бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. № 4 (123) / ГОУ ОГУ. С. 85–90.

Терентьев П. В., 1950. Лягушка. М. : Сов. наука. 346 с.

Flindt R., 1985. Latenter Albinismus und Mißbildungen bei Kaulpquappen von Wechselkröten *Bufo viridis* LAURENTI, 1753 (Salientia: Bufonidae) // Salamandra Vol. 21, Nr 4. S. 293–303.

Gelnarova J., 1987. Effect of Pesticides on the Development of Frogs // Res. Activity. Rep. 1984–1986. Inst. Landsc. Ecol. České Bud jovice, Czechoslovakia. P. 18–21.

Gollman G., Hödl W., Ohler A., 1984. A Tadpole from *Bombina* hybrid population – a hopeless monster // Amphibia – Reptilia. Vol. 5, Nr 3–4. P. 405–407.

Rostnad J., 1958. Les anomalies des amphibian. P. 100 p.

**ANOMALIES IN NATURAL POPULATIONS  
OF AMPHIBIANS:  
A GENERAL SURVEY AND METHODOLOGICAL  
RECOMMENDATIONS FOR STUDY**

**A. Dubois**

Museum National d'Histoire Naturelle, Systematique & Evolution,  
Paris, France

*The article presents a methodological review and analysis of the occurrence and nature of the anomalies in populations of amphibians. possible methodical and methodological approaches of researches in this direction were discusses.*

*Статья представляет собой методологический обзор и анализ встречаемости в природе аномалий в популяциях амфибий. Обсуждаются возможные методические и методоло-*



*логические подходы при проведении исследований в данном направлении.*

### **Monsters and anomalies**

The term «monster» comes from the Latin name *monstrum*, from the Latin verb *monstro, monstrare*, «to show». A monster is something that one shows, because it is unusual, strange or frightening. The term conveys a wide variety of meanings.

Anomalies and monstrosities have long interested humans, since the antiquity. Of course, the interest was greatest for human «monsters»: albinos, twin monsters, synophthalmals, etc. They were often interpreted as punishments or messages from the gods, maledictions, consequences of transgression of human laws (e. g., incest), of traumatic events in the life of the mother, of developmental troubles or so-called «atavisms».

Who says «monster» also says «non-monster» or «normal». But what is «normal» in biology? Biology has now left its «essentialistic» stage behind. Organisms and species are no more viewed as expressing an «essence», but as resulting from a permanent process of evolution. And evolution is possible only because there exists within each species and population a variability, a polymorphism. According to this point of view, «deviants» from the norm should not be considered as «monsters», but as an expression of the natural variability of organisms.

### **Variation in natural populations**

The progress in studies of anomalies followed several steps: (1) description of isolated cases (considered anecdotal), inventory and classification of anomalies; (2) search for anomalies in natural populations; (3) search for the causes of anomalies, in particular through the production of abnormal individuals by biologists.

The work of inventorying and describing monsters was the purpose of descriptive teratology, a discipline which developed in the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries.

The search for the causes of anomalies resulted in the distinction between two main categories of causes of anomalies: (1) genetic causes (genotypic anomalies), such as exceptional genetic mutations or compo-

site organisms (hybrids); (2) non-genetic causes (phenotypic or epigenetic anomalies), resulting from traumatism during development, physico-chemical aggressions (e. g., by pesticides or radiations), biological aggressions (e. g., by hormones or viruses), parasitism, or composite organisms (chimeras). But the distinction between the two categories is sometimes not straightforward. For example, some violent aggressions (mostly by radiations or by some chemicals) may entail mutations in the DNA of organisms submitted to them, but the result will be different according to the cells concerned: mutations in somatic cells may induce anomalies, but these are not transmissible to the offspring, whereas mutations in gametes or their primordial cells will be transmitted to the offspring, which will have very different consequences on the populations concerned. In the first case we will speak of «teratogenic factors», and in the second one of «mutagenic factors», although in both cases the distal cause was the same, a violent aggression on the DNA of the cells, and both often occur together.

Qualitative variation results in the regular appearance within populations or species of rare phenotypes (albinos, polydactyls, cyclops, etc.), whereas quantitative variation in measurable or countable characters results from the existence in each population and for each character of a curve of variation which often follows a «normal» law (the Gauss bell curve), with some «extreme» individuals appearing very deviant.

Terms are important in science and a few words about terminology are in order here. Among the various terms that have been used to describe «monsters», some are preferable. The terms *monstrosities* and *monsters* should be avoided as they carry the teleological notion of «mistake of nature». The terms *deformities* and *malformations* carry the notion of «form» and are too restrictive, because they exclude variants in coloration, developmental chronology or sex characters. The terms *mutations* and *mutants* carry the notion of genetic transmission and are therefore not appropriate for phenotypic anomalies. The terms *anomalies*, *abnormals* or *deviants* are to be preferred because they are the most neuter and general, being just descriptive and carrying the notion of «normality» (which also implies the recognition of some individuals as «normal»).

Intraspecific variation within populations or species, mostly due to genetic causes (although these are usually also moderated by epigenetic factors), is called *polymorphism* (a misleading term also, as it seems to refer only to form, although it can also concern other characters such as coloration). Each population displays an internal variability, so where should be placed the barrier between polymorphism and rare mutation? The reply is simple: there is no such barrier; this is only a matter of convention. Population biologists usually admit that an allele present at a frequency below 1 % in a population is not considered as polymorphism but as an exceptional anomaly or mutation, which is not maintained over generations in the population but can occur again at each generation. But in fact, in most studies of natural populations, the samples studied are usually too low (below 100 specimens) for allowing to ascertain such a rate, so the convention has moved to 5 % for purely practical, not theoretical, reasons. However, some natural anomalies (such as the anomaly P in European green frogs), due to aggressions to which the animals were submitted, can be present, in some populations and some years, in high proportion (up to 70 %). The same «anomaly» that may be present in less than 1 % of the individuals in one population may be present in 20 % of the specimens in another population. Therefore the separation between «*anomaly*» and «*polymorphism*» results from an arbitrary convention.

### **Studies of anomalies in amphibians**

Amphibians are a privileged material for the study of anomalies. They are vertebrates (like mammals and man), of a good size (neither too small not too large), which usually occur in large populations, usually have a high fertility, and lay large and easily accessible eggs and embryos. They have therefore been used, since the end of the 19<sup>th</sup> century, in innumerable studies which have followed all the way from descriptive embryology to evo-devo, through experimental embryology and developmental genetics.

The descriptive embryology of amphibians has allowed understanding in all their details the processes of gametogenesis, fertilisation, and the main stages of embryological development.

The experimental embryology and teratology of amphibians developed with the idea that producing monsters and studying them would allow to understand the processes of ontogeny. An anomaly derives often from a «mistake» in development, so that understanding this mistake may help us to analyse the «normal» development. Experimental teratology therefore developed as the science of «producing and understanding monsters». For this purpose it made use of a wide variety of techniques, including grafts, chimeras, hybridization, transfer of a nucleus from a cell to an ovum, injections, etc.

The relationships between anomalies and evolution, although very interesting, have been less explored, probably because for a long time the specialists of the two questions had different cultures and little contacts, but this is now changing. It is striking to note that, what is an anomaly in one species, genus or family, will be the norm in another group. For example, the blue coloration of body, which occurs as exceptional phenotypes in Eurasian ranids and hylids, is the norm in some tropical species, e. g. of dendrobatids. Translucent belly, which results from rare pigmentary mutations in all groups of amphibians, has been «fixed» as the norm in some groups like the centrolenids. Ectrodactyly (absence of digits), which is a rare mutation in many amphibian species, has been «fixed» as the norm in some species, e. g. *Brachycephalus tridactylus*.

Of particular interest are the developmental anomalies usually called heterochrony but that should rather be called aneuchrony (abnormal chronology of development) because aneuchrony can be either heterochronic (with dissociation between traits, like in neoteny or paedogenesis) or homochronic (with a simple synchronic acceleration or slow-down of the tempo of development of all characters). Rare anomalies involving aneuchrony include adult anurans having kept their larval tail or coiled intestine, or one arm still below the skin. More common are the cases of reproduction of specimens having kept their branchiae and many other larval characters, but the gonads of which have become functional, a phenomenon which has become «fixed» in some populations, species or groups of Urodela but which does not exist in Anura.

Pigmentary anomalies (albinism, white frogs; melanism, black frogs; flavism, yellow frogs; «caeruleism», blue frogs; translucent skin; etc.),

which on the whole are rather frequent in amphibian populations, are due to the absence of some pigmentary cells or of some pigments in the skin or iris of amphibians. They are usually caused by simple (monogenic) genetic determinisms, but external (virus) or internal (hormonal) factors can also interfere with pigmentation. A phenotype which is quite common in many populations of amphibians is that of the «black eyes», due to the absence of iridiophores in the iris, and usually caused by a single recessive mutation.

Another large and diversified category of anomalies touches the structure and characteristics of limbs and digits. Rather common in natural populations are the polydactyly (supernumerary digits), ectrodactyly (missing digits), syndactyly (fused digits) and clinodactyly (bent digits), but others do exist. All these anomalies can have both genetic (mutations) and various non-genetic proximal causes. In contrast, the anomalies concerning the whole limbs, such as polymely (supernumerary limbs) and ectromely (missing limbs), rarely have genetic causes, being usually due to various kinds of aggression on the organisms.

### **Anomalies as warning signals**

For a long time, the study of amphibian anomalies has been the matter of rather few studies, because it appeared «anecdotal» and of little interest to many biologists. In the recent decades however, the attention has been called on several cases of mass anomalies in natural populations of amphibians, and anomalies have become to be seen as warning signals regarding the «health» of amphibian populations, and by way of consequence, as indicators of environmental health and potential human hazards. This is justified, in view of the fact that, during the successive phases of their life cycle, amphibians, whose naked skin makes them particularly sensitive to some aggressions, occupy several habitats where they can be in contact with various pollutants and other perturbing factors. For this purpose, it is of prime importance to distinguish between the various causes of anomalies, and above all between genetic and epigenetic anomalies. Such distinctions are important for prospective evaluation of the fate of the populations concerned: somatic mutations caused by teratogenetic factors will not be transmitted to the offspring,

whereas gametic mutations caused by mutagenic factors will or may be so, sometimes through complex mechanisms. After a long period of lack of interest, amphibian anomalies have suddenly arisen high level of media attention, perhaps too much, because some of the researchers interested in these mass anomalies lacked the necessary background to interpret correctly the facts. A number of studies published in the recent years on these questions contain some methodological flaws, such as absence of distinction between a correlation and a cause, between genetic and non-genetic anomalies, between teratogenic and mutagenic factors, etc. It is therefore appropriate to provide a few warning words in this respect.

### **Methodological recommendations and warnings for the study of anomalies in natural populations of amphibians**

#### *Field survey*

(1) Study as many localities as possible in an area (not only those where abnormals were found).

(2) Study all amphibian species in each locality (not only the «target» species).

(3) Always practice random sampling (do not look specially for abnormals).

(4) Study numbers of specimens as large as possible (at least 100 if possible, preferably above 1000). Night survey by teams of researchers are more efficient in this respect.

(5) Note everything: the number of individuals of each stage and sex examined; all phenotypic anomalies, including «tiny» anomalies and apparently «accidental» ones (wounds); make detailed descriptions, photographs, sketches, etc.

(6) Keep alive and bring to the laboratory all «interesting» specimens.

(7) Release all others on spot of capture only after having examined them all (which requires equipment for stocking specimens alive in good conditions for a while in the field).

(8) Survey the same locality regularly, over years or decades if possible, to obtain data on the trends of prevalence and nature of anomalies over long periods.

*Search for the causes of the anomalies*

Detailed phenotypic study of all abnormal

- (1) Harmony (result of spontaneous development, not of wounds).
- (2) Particularities of the phenotype (which may be specific of some syndromes).
- (3) Bilaterality and symmetry (which usually eliminates the possibility of a random cause such as wounding by predator).
- (4) Gradients of severity: postero-anterior, axial-postaxial, proximo-distal (specific of some syndromes).
- (5) Anomalies associated in syndromes (variability within syndrome).
- (6) Detailed phenotypic study of all abnormal.
- (7) Association of anomalies that do not constitute a syndrome, in individuals and in populations.
- (8) Similar anomalies in sympatric species.

*Cautions in phenotypic study:* (a) beware of phenocopies; (b) a correlation is not a cause; (c) beware of statistics: probabilities may be misleading; (d) a cause must be demonstrated (e. g., by reproducing an anomaly in controlled laboratory conditions) before being accepted as responsible for the phenotypes and phenomena observed.

Breeding and crossings

Breeding of abnormal individuals in captivity can be very informative. For example, some abnormal colorations tend to change with time, sometimes over years.

Crossings should use artificial fertilisation. They should be done between abnormal, between abnormal and normal, and between normal. Following standard methodological procedures in crossing studies, the gametes of each individual should be divided into several samples and these samples used in several crosses, including controls (involving only normal individuals). As many mutations are recessive, in many cases clarification of the genetic cause of an anomaly will require back-cross of the offspring among themselves or with the parents, therefore facilities for long-term breeding of amphibians.

*Cautions in crossings:* (a) beware of phenocopies: both in pigimentary anomalies (albinism, melanism, etc.) and in digital anomalies

(polydactyly, ectrodactyly, etc.), similar anomalies may result from different mutations or from other causes; (b) beware of variability and incomplete expression (variation in penetrance).

#### Experimental parthenogenesis and gynogenesis

Experimental parthenogenesis and gynogenesis, associated with techniques duplicating the number of chromosomes before the start of development, allow to obtain diploid offspring homozygous for all alleles, and therefore to discover, in one generation only, recessive alleles that may be responsible for some anomalies.

*Cautions in parthenogenesis and gynogenesis:* the ploidy of the offspring should be checked (by cytogenetic or other methods) in order to ascertain that these specimens are indeed diploid.

#### Regeneration experiments

Carried out in tadpoles of Anura, or in Urodela at all stages of life, they may allow to show that the factor responsible for a digit or limb anomaly is no more active in an individual, and therefore was not a genetic factor: for example, a polydactylous limb may regenerate normal. Such experiments should be carried out on a single side of body in specimens showing a bilateral limb anomaly.

*Caution in regeneration experiments:* beware of hyperregeneration, a common phenomenon in amphibians after amputation.

#### Survey of potential external factors in the habitat

The following list of factors potentially involved in anomalies in amphibian populations is in no way restrictive: sunlight; temperature; oxygen; pH; radioactivity; chemicals; fertilizers; hormones; viruses; bacteria; parasites; predators... Of course, they cannot (and should not) be studied in all localities, but if there are clues for possible unusual particularities in the water or aspect of the habitat they should be explored in detail.

*Caution in survey of external factors:* (a) a correlation is not a cause; (b) beware of statistics: probabilities may be misleading; (c) a cause must be demonstrated (e. g., by reproducing an anomaly in controlled laboratory conditions) before being accepted as responsible for the phenotypes and phenomena observed.



## **Conclusion**

In amphibians, anomalies observable by external survey are very diverse and may touch many parts of the organism (limbs, head, body). But, like in all animals, the development of amphibians is very constrained at each stage by the ontogenetic stages already covered. After a given stage in development, the number of possibilities offered to an embryo is limited. After the stage blastula, an embryo roughly has the «choice» only between gastrulation, exogastrulation, or degeneration and death. The same applies, with varying degrees of freedom, at all stages of development and for all organs: a hand can have four fingers (normal number in most amphibian species), three fingers (ectrodactyly), five fingers (polydactyly), but certainly not 30 fingers. The ontogenetic possibilities being limited, similar phenotypes can result from different causes (phenocopies). Therefore, except in rare cases, the mere examination of the phenotype is not sufficient to establish the cause of an anomaly. This word of caution (beware of phenocopies), as well as a few others (a correlation is not a cause; probabilities may be misleading; a cause must be demonstrated; etc.) must be kept in mind for studies aiming at ascertaining the causes of anomalies in natural populations of amphibians, with potential consequences the fate of these populations as well as on the environment as a whole.

## **THE ANOMALY P IN PALAEARCTIC GREEN FROGS OF THE GENUS *PELOPHYLAX* (RANIDAE)**

**A. Dubois**

Museum National d'Histoire Naturelle, Systematique & Evolution,  
Paris, France

*An article describing history and specific of anomaly P syndrome. So called «anomaly P» first discovered by Jean Rostand. He found that polydactyly was just a mild form of a complex syndrome which included much more severe anomalies, such as very high numbers of toes and fingers, brachymely or oedemas in the inguinal region. He gave the name of «anomaly P» to this syndrome and*

*started to study its particularities and to try to understand its determinism. The anomaly P was found or suspected to occur in many other populations of green frogs (Pelophylax) of the Palearctic region. Rostand supposed that the anomaly P related with an infectious agent, which could be a teratogenic virus. The hypothesis agrees with the data published so far, but this factor has not yet been isolated. The syndrome involves facts of abnormal cellular multiplication and tissue differentiation and growth.*

*Статья описывает историю и специфику аномалии P. Так называемую аномалию P впервые обнаружил Жан Ростан. Он установил, что полидактилия – это легкая форма сложного синдрома, который включает более сложные отклонения: очень высокое число пальцев конечностей, брахимелию и отеки паховой области. Он дал название этому синдрому: «аномалия P». Аномалия P, как предполагается, встречается в популяциях ряда видов палеарктических зеленых лягушек (рода Pelophylax). Ростан полагал, что аномалия P связана с инфекционным агентом, который может быть тератогенным вирусом. Синдром включает в себя феномен аномальной клеточной пролиферации, дифференцировки и тканевого роста.*

### **Discovery of the anomaly P**

The discovery of the anomaly P is an interesting and informative chapter of the history of science, which shows that research, if left to the freedom of researchers and not prisoner of «programs» imposed from above or outside, can lead to unexpected discoveries. The French biologist Jean Rostand (1894–1977) was interested in the phenomena of «reproduction by females alone», i. e., parthenogenesis. He used frogs to try to obtain embryos from unfertilized eggs. He first repeated Eugène Bataillon's (1864–1953) experiences on traumatic parthenogenesis, in which the egg is triggered to start its development by a small glass needle, but this technique is very heavy to use, because only a small proportion of eggs develop successfully. Rostand then used a much more efficient technique, that of gynogenesis, in which the egg's development is induced by an inactivated (irradiated) sperm, whose genetic material does not enter the egg and does not participate in the development. Such unfertilized eggs develop harmoniously only if the second polar body resulting from

the meiosis is reincorporated into the egg to make it diploid before the start of the divisions. The embryo then turns out to be homozygous for all its alleles (except for *de novo* mutations). Rostand then observed that a high proportion of the imagos (just metamorphosed froglets) that resulted from gynogenesis were showing pigmentary (such as albinism) or morphological (such as polydactyly) anomalies. This was the result of having rendered homozygous some rare recessive genes which seldom express themselves in natural populations, because they rarely happen to be homozygous. Rostand then was the first to realise that gynogenesis was a technique allowing to explore the genetic heritage of individuals in frogs, and he started building a discipline which was then new, the «genetics of batrachians». This prompted him to go out of his laboratory and to start exploring natural populations of amphibians, with the help of many correspondents from all over France. He then discovered many natural pigmentary and morphological anomalies in several common species. He made crossings involving these abnormal and was then able to show that some of these anomalies, such as «black eyes» in green frogs or polydactyly in the common toad, were determined by recessive or dominant mutations.

In this process, he discovered a new kind of polydactyly in green frogs (now the genus *Pelophylax*), touching sometimes only the hind limbs but sometimes also the fore limbs, which was quite common in some populations. When he studied the tadpoles in these populations, he realised that polydactyly was just a mild form of a complex syndrome which included much more severe anomalies, such as very high numbers of toes and fingers, brachymely or oedemas in the inguinal region. He gave the name of «anomaly P» to this syndrome and started to study its particularities and to try to understand its determinism. This work occupied much of his time in the last years of his life, but he was not able to bring it to its conclusion, and today the mystery of the anomaly P is still unsolved, because no laboratory yet decided to devote the appropriate means to trying to solve it.

### **The anomaly P syndrome**

The mildest form of the anomaly is polydactyly (presence of supernumerary digits). This polydactyly shows a postero-anterior gradient:

in all abnormal specimens, the hind limbs are touched by polydactyly (from 6 to 9 toes), whereas the fore limbs are touched only when polydactyly on hind limbs is strong (more than 6 toes). Other morphological peculiarities of this syndrome include a good, although not always perfect, bilateral symmetry: i. e., the number of additional digits is always roughly the same on both sides, with sometimes one more toe or finger on one side, but never an excess of several digits on one side (e. g., 6–7, 7–7 or 7–8 toes, but never 6–8). The first additional toe is usually longer than the «first» normal toe, which gives the feet of these frogs a very special aspect, quite different from that of usual polydactyly in other amphibian species. But this polydactyly is only the weakest form of a very polymorphic syndrome, which can take much more severe forms in tadpoles, including stronger polydactyly (up to 15 toes), polymely (presence of small supernumerary hind limbs), brachymely (shortened limbs), and various types of bony excrescences and tumors, especially in the inguinal region. These severe manifestations of the syndrome have an impact on the survival of the individuals: most affected tadpoles die during or just after metamorphosis, mostly from internal haemorrhages due to mechanical problems caused by their supernumerary or malformed bones, so that only the mildest forms of the syndrome (simple polydactyly) are present in the adults.

### **Frequency in populations and ecological impact**

The anomaly P may touch a very high proportion of the larvae in a population, but most of them do not survive metamorphosis, which explains why the rate of anomalies is much higher in tadpoles than in adults.

At the scale of a whole population, the anomaly shows a strong variability over time, being very frequent some years and very rare or absent in other years, with a possible return after several years of absence. Observed variations in frequency of anomaly P range from 0 to 80 % in tadpoles and from 2,6 to 14,5 % in adults, from 1949 to 1967 in the Trévignon population from Brittany, and from 14 to 70 % in tadpoles, from 1961 to 1970 in the Lingé population from Indre. The frequency of the most severe forms, lethal at metamorphosis, is also variable from year to year (e. g., from 26,9 to 47,1 % in Trévignon from 1952 to 1958),

but is not higher when the frequency of abnormal specimens is higher. The frequency of the anomaly is also different, within the same year, at different dates, and seems to grow when the temperature in the ponds gets higher.

First discovered by Rostand in a Brittany pond, the anomaly P was found or suspected to occur in many other populations of green frogs of the Palearctic region. The complete syndrome in adults and larvae was observed in several regions of France, in the Netherlands and Morocco. Mass polydactyly, or polydactyly which on morphological grounds closely resembles that of anomaly P, was reported from various other regions of France and from Austria, Belarus, Germany, Switzerland and European Turkey. Finally, isolated cases of polydactyly, possibly also belonging in anomaly P, were reported from France, Germany, Greece, the Netherlands, Poland and Russia.

### **The search for the cause**

All crossings between specimens affected by anomaly P produced only normal offspring, even if both parents were polydactylous, some of them severely.

In a crucial series of experiments, Rostand showed that amputation, in young tadpoles, of the distal part of a hind limb touched by anomaly P, was followed by regeneration of a normal limb, which demonstrated that the teratogenic factor, whatever it may have been, had stopped being active at the time of regeneration. Such a result, associated with those of the crossings, strongly suggested that the anomaly was caused by an exogenous teratogenic factor having a precocious and temporary action on the limbs of tadpoles. As many such factors could be suspected, Rostand carried out varied experiments in the hope of reproducing artificially, in the laboratory, polydactyly and the other anomalies observed in the anomaly P syndrome. However, he did not succeed in reproducing such anomalies by the action of various chemicals, by raising eggs and larvae in brackish water or in water taken in the ponds where the anomaly was present, by the action of various physical shocks including thermal shocks, long exposure to high or low temperature or to sun, dehydration, etc., or in provoking overmaturity of egg before fertilization.

Artificial radioactivity linked either to civil or military human activities can be dismissed as the possible cause of anomaly P, as isolated cases of the latter have been reported since the beginning of the 19<sup>th</sup> century, and mass occurrence of polydactyly clearly now referable to anomaly P has been known since before the Second World War (1937).

All these observations led Rostand to think that the anomaly P was not due to a chemical or physical agent, and to favour the hypothesis of an infectious agent, which could be a teratogenic virus, and which would be active between hatching and the appearance of the hind limb buds.

At the end of his research activity, Rostand reported a series of experiments realised first in the field and then in the laboratory. Tadpoles raised in large cages directly submerged in a pond where the anomaly P was present, and with fishes (tenches and eels) collected in this pond, showed severe anomalies belonging to the anomaly P syndrome, whereas tadpoles in cages without fishes did not show any anomaly. The sensitive period for the induction of anomalies in such conditions turned out to be limited to the first days of free larval life. Finally, Rostand reported having obtained highly abnormal specimens in the laboratory, by feeding just hatched tadpoles with intestinal contents of fishes from the pond, which suggested that the factor responsible for the anomaly P seems to be present in the digestive tract of such fishes. The hypothesis that it could be a teratogenic virus agrees with the data published so far, but this factor has not yet been isolated.

On several occasions, rather heavy experimental protocols, involving the comparison of control tadpoles with tadpoles fed with fish intestinal contents, either intact or submitted to ebullition, freezing, filtration or chromatographic fragmentation, did not give any results, so prudence is in order, in particular since the last works of Rostand were made in collaboration with an unreliable «amateur» lacking scientific training and now known to have made methodological mistakes, if not deliberate frauds, in the protocol of some works.

As of today, the teratological virus appears the best hypothesis to account for the various observations summarized above, but it is still not demonstrated. If it proved true, and if this virus could be isolated,

it would provide research with a very powerful teratogenic factor, which could throw some lights on problems of cell proliferation and differentiation, with possible impacts on research on cancers and other pathologies that imply uncontrolled cell multiplication.

### **Ecological significance**

Whatever its causes, anomaly P is an important phenomenon for the populations of green frogs where it occurs, as it reduces the survival of frogs. Before metamorphosis, the survival of strongly abnormal larvae does not seem to be affected, and artificial or spontaneous prolongation of the larval condition allows to keep these specimens alive very long, up to one year and a half. However, even in protected conditions in captivity, specimens exhibiting the most severe forms of the anomaly (with brachymely and various supernumerary bony formations) all die within the first weeks after metamorphosis, merely because of the internal injuries caused by the bony excrescences in the hind limbs. Thus, for purely mechanical reasons, the anomaly in its severe forms is totally lethal at metamorphosis or just after, and only the frogs showing the benign form of the anomaly (simple polydactyly) do survive. Since the frequency of the severe forms often reaches 40 or 50 % of the abnormal specimens, which in turn may represent up to 80 % of the tadpoles of a population, in some cases about 40 % of the tadpoles of a given pond may die at metamorphosis. Such a mortality rate, especially if repeated for several years, might have a significant impact on the dynamics of these natural populations. However, until now no study has been devoted to this question.

### **Species affected**

Most of the observations on the anomaly P summarised above were done before the discovery that Palearctic green frogs consist of several «normal species» and of several *kleptons*, i. e., particular species derived from hybridization between two «normal species» but with a particular meiosis that allows the maintenance of «first generation hybrids» over many generations. Therefore it is currently unknown which of these species and kleptons are touched by the anomaly, but the distribution

of the latter is large enough to be sure that it concerns at least several taxa, if not all European green frogs, currently placed in the genus (or subgenus of *Rana*) *Pelophylax*. Currently, 20 species and 3 kleptons are recognized by taxonomists in this genus, among which 9 species and 3 kleptons occur in Europe and northern Africa. From the distributional data on anomaly P, at least the species *Pelophylax lessonae*, *P. ridibundus*, *P. perezi* and *P. saharicus*, and the kleptons *P. kl. esculentus* and *P. kl. grafi*, appear to be affected by the anomaly, but possibly other taxa might also be involved in some cases.

No report of anomalies clearly belonging to anomaly P in other groups of frogs traditionally referred to the genus *Rana* but now placed in several subgenera or genera has been published so far. In particular, this syndrome is unknown in Palearctic brown frogs (genus *Rana* s. str.) and in North American green frogs, now placed in the genus or subgenus *Lithobates*. Anyway, the data available now are enough to state that anomaly P is not species-specific and can touch several taxa in the *Pelophylax* group. Almost everything remains to be done to answer the following questions: (1) are some of the taxa of *Pelophylax* more sensitive than others to the anomaly P, and are some of them immune from it?; (2) more specifically, in the mixed populations involving two or more distinct taxa of *Pelophylax*, does the anomaly P touch them indiscriminately, or not?; (3) does the sensitivity to the anomaly P depend in any way on the special kind of meiosis that occurs in kleptons?

These questions make sense especially as no hard data exist to document the fact that amphibian species of groups other than the genus *Pelophylax* can be touched by the anomaly P, even in the habitats where this anomaly is present in green frogs.

### **Similar anomalies**

Various kinds of anomalies have been described so far in natural populations of many amphibian species. Most of them were found only in isolated individuals. In a rather limited number of cases, evidence has been gathered regarding the rates in populations and/or the causes of anomalies. Two major categories of causes exist for anomalies: genetic and non-genetic. Genetic anomalies due to spontaneous mutations are



usually observed at low (a few percents) or very low (a few per thousands) rates in populations. Non-genetic anomalies may have very diverse causes, and in some cases may occur at very high rates. Some of these epigenetic causes, e. g., pesticides or parasitism, have been elucidated, but in a few cases the causes, although shown or supposed to be non-genetic, are still mysterious and in this respect remind anomaly P. Few of them have been studied as thoroughly as anomaly P, but, for a solution of the latter problem, re-examination of these few cases might prove rewarding, although some of them might later be found to have very different kinds of causes. A review of the cases of mass anomalies so far reported in amphibian populations, which have certainly or probably non-genetic causes and which remind anomaly P in some respect, will be provided elsewhere.

### **Conclusion**

The variability, and hence the unpredictability, of the appearance, frequency, and severity of the anomaly P in a given pond and at a given spot is a serious handicap for the study of its causes. In the world of contemporary research, where obtaining rapidly publishable results is a constraint for obtaining funding for research, this difficulty is a major one for pursuing such studies. Much still remains to be known about anomaly P: its cause, its geographic distribution, exactly which taxa are affected and why, what is the impact of this syndrome on frog populations, etc. This problem attracted the attention mainly of a single biologist, Jean Rostand, in the years 1950–1970, but no studies are apparently under way nowadays, in any laboratory or European country, to elucidate these questions. This is surprising and even shocking, especially in view of the strong interest raised in the recent years by amphibian anomalies in conservation biology. Given the fact that this syndrome involves facts of abnormal cellular multiplication and tissue differentiation and growth, its understanding might throw interesting or important lights on some developmental biology problems. It might also have unexpected implications in conservation biology. More attention should certainly be paid to this unsolved problem by the international scientific community.

**МАТЕРИАЛЫ ПО ВСТРЕЧАЕМОСТИ  
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ  
В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ  
БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ  
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

**Р. И. Замалетдинов**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

**MATERIALS ON THE OCCURRENCE  
MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES  
IN NATURAL POPULATIONS  
OF ANURANS IN TATARSTAN REPUBLIC**

**R. I. Zamaletdinov**

Kazan (Volga region) Federal University

*This paper is an initial report on the distribution of morphological abnormalities in natural populations of anurans in the territory of the Republic of Tatarstan. Existence of three types of anomalies observed in natural populations on the basis of examination 643 individuals of five species of anurans.*

*Настоящая работа представляет собой первичное сообщение о распространении морфологических аномалий в природных популяциях бесхвостых амфибий на территории Республики Татарстан. На основании обследования 643 животных пяти видов бесхвостых амфибий выявлено наличие в природных популяциях трех типов аномалий.*

Тератологические явления в животном мире – объект исследования с древних времен. Аномалии, или крайние варианты развития, как всякое отклонение от нормального строения, вместе с нормой составляют спектр индивидуальной изменчивости структуры, или, как теперь называют, «пространство возможностей».

В настоящее время морфологические аномалии отмечены у значительного числа видов животных. Среди наземных позвоночных большой интерес вызывает изучение аномалий у амфибий. Существ-

вует несколько предположений о причинах возникновения морфологических аномалий у земноводных [Боркин и др., 2012], однако единодушного мнения среди специалистов на этот счет нет.

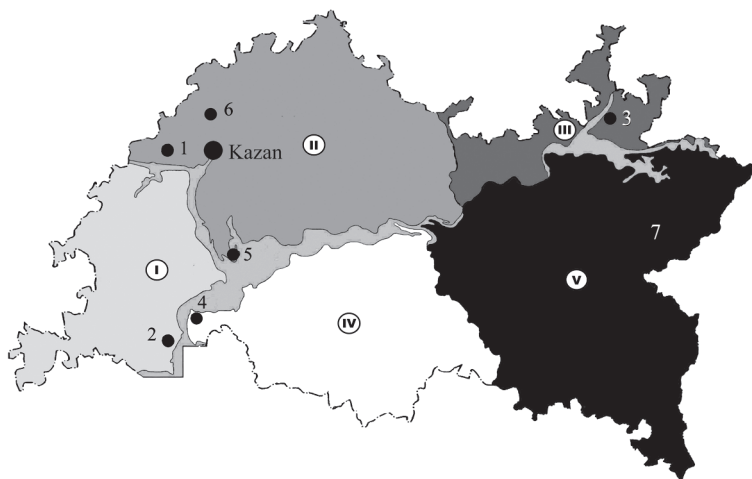
По мнению М. А. Шишкина (1984), на основании данных о встречаемости аномалий можно сделать вывод, что на самом деле в каждой исследованной выборке одинаковых аномалий мы имеем лишь часть звеньев непрерывной градации генотипов, различающихся по степени устойчивости в реализации аномалий в потомстве от 0 до 100 % в данном диапазоне условий. Очевидно, мы имеем дело с поисками границ, которых нет в природе.

Среди множества публикаций об аномалиях амфибий значительная доля принадлежит работам, посвященным анализу встречаемости особей с аномалиями в природных популяциях. Именно такого рода работы дают общее представление о том, какой может быть изменчивость морфологических признаков в естественных условиях обитания.

Ранее нами были описаны особенности распространения морфологических аномалий в условиях г. Казани [Замалетдинов, 2003; Замалетдинов, Хайрутдинов, 2005]. Настоящая статья посвящена обзору встречаемости морфологических аномалий бесхвостых амфибий в природных популяциях, не подверженных антропогенному воздействию на территории РТ.

### **Материал и методы**

Материал был собран в течение комплексных полевых исследований в 2000–2011 гг. на территории различных природно-территориальных комплексов (рисунок). В общей сложности нами было собрано 643 особи пяти видов бесхвостых амфибий: *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) – 21 (взрослые особи), *Pseudepidalea viridis* (Laurenti, 1768) – 85 (27 взрослых особей и 58 сеголеток), *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) – 260 (71 взрослых и 189 сеголеток), *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882) – 110 (взрослые особи), *Rana arvalis* (Nilsson, 1842) – 167 (85 взрослых и 82 сеголетка). Нами было выявлено 3 типа морфологических аномалий по классификации О. Д. Некрасовой (2008): L4. А. Эктродактилия (Ectrodactyly): отсутствие некоторых целых пальцев, аномалии в виде клешни; L5 В. Полифа-



Карта-схема Республики Татарстан.

Условные обозначения: I–V – обозначения природно-территориальных комплексов; I – Предволжье; II – Западное Предкамье; III – Восточное Предкамье; IV – Западное Закамье; V – Восточное Закамье. Места сбора материала: 1. Раифский участок ВКГПЗ (Зеленодольский р-н); 2. Заказник Долгая поляна (Тетюшский р-н); 3. Заказник «Кичке-Тан» (Агрызский р-н); 4. Окрестности г. Булгар (Спаский р-н); 5. Саралинский участок ВКГПБЗ (Лаишевский р-н); 6. ГКПЗ Чулпан (Высокогорский р-н); 7. Урочище Чекан (Азнакаевский р-н)

лангия (Polyphalangy): частичное дублирование фаланг пальцев (асимметричное и симметричное проявление); Н8. А. Анофтальмия (Anophthalmia): недостающий глаз. Из всех особей, у которых были обнаружены какие-либо аномалии, нами ни разу не были отмечены сочетания крайних вариантов развития.

В качестве показателей при оценке частоты аномалий в пределах одной популяции мы оценивали показатель встречаемости особей с аномалиями  $P_{as}$ . Данный показатель мы рассчитывали как долю особей с конкретной аномалией от всех особей в выборке. Для чистоты мы отдельно оценивали данные по сеголеткам и взрослым особям.

Важнейшим аспектом в изучении морфологических аномалий у амфибий в природных популяциях является оценка частоты спектров или вариантов отклонения от нормы. Подобный подход спра-

ведлив при наличии значительного числа выявленных аномалий. В нашем случае не удалось применить ни один из статистических приемов, которые используются в аналогичного рода работах. В этой связи мы сочли возможным оценить только количество аномалий, которые были отмечены у различных видов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Разнообразие морфологических аномалий  
в природных популяциях бесхвостых амфибий  
на территории Республики Татарстан**

| Вид                        | Тип аномалии                |
|----------------------------|-----------------------------|
| <i>B. bufo</i> (ad)        | Полифалангия симметричная   |
| <i>Ps. viridis</i> (ad)    | Эктродактилия асимметричная |
| <i>Ps. viridis</i> (juv)   | Полифалангия асимметричная  |
| <i>Ps. viridis</i> (juv)   | Полифалангия симметричная   |
| <i>P. ridibundus</i> (ad)  | Полифалангия асимметричная  |
| <i>P. ridibundus</i> (juv) | Полифалангия асимметричная  |
| <i>P. ridibundus</i> (juv) | Полифалангия симметричная   |
| <i>P. lessonae</i> (ad)    | Полифалангия асимметричная  |
| <i>P. lessonae</i> (ad)    | Полифалангия симметричная   |
| <i>P. lessonae</i> (ad)    | Антофталмия                 |
| <i>R. arvalis</i> (ad)     | Полифалангия асимметричная  |
| <i>R. arvalis</i> (ad)     | Эктродактилия асимметричная |
| <i>R. arvalis</i> (juv)    | Полифалангия асимметричная  |
| <i>R. arvalis</i> (juv)    | Полифалангия симметричная   |
| <i>R. arvalis</i> (juv)    | Эктродактилия асимметричная |

Наименьшее число аномалий нами было выявлено у серой жабы – 1. Более широкий спектр аномалий был зафиксирован у зеленой жабы – нами был выявлен один вариант у взрослых особей и два – у сеголеток.

Примечательным моментом, на наш взгляд, является то, что у озерной лягушки нами был выявлен только один тип аномалий – полифалангия. Необходимо отметить, что симметричное проявление было отмечено исключительно у сеголетов.

У прудовой лягушки нами обнаружено два типа аномалий (были выявлены асимметричный и симметричный вариант полифалангии). Необходимо отметить, что все варианты были отмечены у взрослых особей.

Наиболее показательная картина нами обнаружена в популяциях остромордой лягушки. Мы выявили два типа аномалий у этого вида. Необходимо отметить, что асимметричная эктродактилия и асимметричная полифалангия отмечены как у взрослых особей, так и у сеголетов.

В табл. 2 представлены данные по встречаемости аномалий.

Т а б л и ц а 2

**Показатель встречаемости  $P_{as}$  морфологических аномалий  
в природных популяциях бесхвостых амфибий  
на территории Республики Татарстан**

| Местообитание | Вид<br>(возрастная группа) | Объем<br>выбор-<br>ки, $n$ | Тип аномалии  | $P_{as}$<br>асиммет-<br>ричных<br>вари-<br>антов | $P_{as}$<br>симмет-<br>ричных<br>вари-<br>антов |
|---------------|----------------------------|----------------------------|---------------|--|---|
| Раифа         | <i>B. bufo</i> (ad)        | 21                         | Полифалангия  | 0  | 4,76  |
| Раифа         | <i>R. arvalis</i> (ad)     | 68                         | Полифалангия  | 2,94   | 0   |
|               |                            |                            | Эктродактилия | 1,47   | 0   |
| Раифа         | <i>R. arvalis</i> (juv)    | 82                         | Полифалангия  | 2,44   | 1,22  |
|               |                            |                            | Эктродактилия | 1,22   | 0   |
| Раифа         | <i>P. lessonae</i> (ad)    | 78                         | Полифалангия  | 2,56   | 1,28  |
|               |                            |                            | Антофтальмия  | 1,28   | 0   |
| Долгая Поляна | <i>Ps. viridis</i> (ad)    | 27                         | Эктродактилия | 3,7  | 0   |
| Долгая Поляна | <i>Ps. viridis</i> (juv)   | 31                         | Полифалангия  | 16,1   | 6,45  |
| Долгая Поляна | <i>P. ridibundus</i> (juv) | 64                         | Полифалангия  | 59,4   | 14,1  |

| Местообитание | Вид<br>(возрастная группа) | Объем<br>выборки, <i>n</i> | Тип аномалии | $P_{as}$<br>асимметричных<br>вариантов | $P_{sym}$<br>симметричных<br>вариантов |
|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--|--|
| Кичке-Тан     | <i>P. ridibundus</i> (juv) | 58                         | Полифалангия | 1,72                                   | 0                                      |
| Болгары       | <i>P. ridibundus</i> (ad)  | 42                         | Полифалангия | 2,38                                   | 0                                      |
| Болгары       | <i>P. ridibundus</i> (juv) | 67                         | Полифалангия | 4,48                                   | 1,49                                   |
| Болгары       | <i>Ps. viridis</i> (juv)   | 27                         | Полифалангия | 3,7                                    | 0                                      |
| Саралы        | <i>R. arvalis</i> (ad)     | 17                         | Полифалангия | 5,88                                   | 0                                      |
| Чулпан        | <i>P. lessonae</i> (ad)    | 32                         | Антофталмия  | 3,13                                   | 0                                      |
| Чекан         | <i>P. ridibundus</i> (ad)  | 29                         | Полифалангия | 3,45                                   | 0                                      |

Наиболее массовой аномалией, которая была отмечена у всех исследованных видов, является полифалангия. За исключением одного случая, все остальные случаи полифалангии были отмечены на задних конечностях. Проявлением полифалангии являлось удвоение дистальной фаланги первого пальца. Преимущественно были отмечены асимметричные проявления.

Единственным исключением из общего правила стал случай полифалангии у серой жабы *B. bufo*. Только у этого вида было отмечено симметричное проявление полифалангии на передних конечностях.

Существенным моментом также является то, что суммарная частота встречаемости полифалангии в природных популяциях оказалась в ряде случаев выше, чем в условиях урбанизации среды обитания. Наиболее показательным в данном случае является выборка сеголеток озерной лягушки *P. ridibundus*, собранных на территории заказника Долгая поляна. Встречаемость асимметричного проявления полифалангии достигает 59,4%. В литературе отмечаются более высокие частоты встречаемости аномалий. Вероятно, здесь мы можем уже говорить о массовых аномалиях [Коваленко, 2000].

Эктродактилия нами была отмечена у зеленой жабы *Ps. viridis* и остромордой лягушки *R. arvalis*. Во всех случаях нами обнаружены асимметричные варианты на задних конечностях. Суммарное проявление данной аномалии не превышало 3,7 %. Это соответствует понятию фоновой встречаемости [Боркин и др., 2012].

Антофтальмия была отмечена только у прудовой лягушки *P. lessonae*. Примечательно, что данная аномалия отмечена исключительно у взрослых особей. Встречаемость не превышала 3,13 %.

Полученные нами результаты мы рассматриваем исключительно в качестве первичной информации по встречаемости аномалий в природных популяциях в пределах Республики Татарстан.

### Библиографические ссылки

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости морфологических аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Замалетдинов Р. И., 2003. Экология земноводных в условиях большого города (на примере г. Казани) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань. 24 с.

Замалетдинов Р. И., Хайрутдинов И. З., 2005. 3.2.3. Земноводные и пресмыкающиеся // Экология города Казани. Казань : Фэн. С. 191–204.

Коваленко Е. Е., 2000. Массовые аномалии конечностей у бесхвостых амфибий // Журн. общ. биологии. Т. 61, № 4. С. 412–427.

Некрасова О. Д., 2008. Классификация аномалий бесхвостых амфибий // Праці Українського герпетологічного товариства. № 1. С. 55–58.

Шишкин М. А., 1984. Фенотипические реакции и эволюционный процесс // Экология и эволюционная теория. Л. : Наука. С. 196–216.



**О ВАРИАНТАХ В СТРОЕНИИ КОНЕЧНОСТЕЙ  
В ПОПУЛЯЦИЯХ СИБИРСКОГО УГЛОЗУБА  
(*SALAMANDRELLA KEYSERLINGII* DYBOWSKY, 1870,  
AMPHIBIA, HYNOBIIIDAE)**

**Д. В. Змеева**

Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург)

**VARIANTS OF ANATOMY STRUCTURE  
IN SIBERIAN SALAMANDER POPULATIONS  
(*SALAMANDRELLA KEYSERLINGII* DYBOWSKY, 1870,  
AMPHIBIA, HYNOBIIIDAE)**

**D. V. Zmeeva**

Institute of Plant & Animal Ecology, Russian Academy of Science,  
Ural division (Ekaterinburg)

*Were analyzed variants of the structure of Siberian salamander juvenile's limbs from natural populations. It was found that share of individuals with structure deviated from standart is 79,2 %. It was mentioned variants with polymerization and oligomerization of the constituent elements. Polimerization is more frequent variant. To clarify the concepts of normal limb structure of Siberian salamander is needed more researches.*

*Анализируются варианты строения конечностей сеголеток сибирского углозуба из природных популяций. Установлено, что доля особей с вариантами строения, отклоняющимися от стандартных, составила 79,2 %. Отмечены как полимеризация, так и олигомеризация составляющих элементов. Чаще встречаются варианты с полимеризацией. Требуется проведение дополнительных исследований для уточнения представлений о норме строения конечностей сибирского углозуба.*

Сибирский углозуб относится к числу наиболее примитивных представителей низших наземных позвоночных, является при этом монофилетической ветвью [Поляков, 2010]. Однако имея такие «несовершенные» признаки, вид занимает самый широкий ареал среди земноводных, что говорит о его экологической пластичности

[Берман, 2002]. Сегодня в семействе Hynobiidae насчитывают около 50 видов, объединяемых в 8–10 родов, таким образом, это третье по видовому богатству семейство хвостатых [Frost, 2009].

Существует предположение о его близости к истокам происхождения целого ряда групп, а именно: к стегоцефалам и саркоптеригиевым рыбам. С позиций эволюционной морфологии *S. keyserlingii* является уникальной моделью для выяснения ряда закономерностей формирования земноводных и тетрапод в целом [Vorobyeva, 1998]. Достоверно углозубы известны начиная с миоцена-плиоцена Казахстана и Европы. В Сибири остатки сибирского углозуба найдены пока лишь в голоценовых отложениях [Хозацкий, 1982; Чхиквадзе, 1984]. Однако недавние находки криптобранхоидных амфибий из юры и раннего мела северного Китая демонстрируют значительное сходство с рецентными Hynobiidae, что предполагает длительную историю эволюции семейства Hynobiidae. Центром дифференциации самого семейства Hynobiidae считаются горы центрального Китая [Fei, Ye, 1984].

*S. keyserlingii* входит в семейство, которое составляет группу базовых таксонов хвостатых амфибий [Shubin, Wake, 1996]. Приведем основные характерные черты углозуба:

1) проксимодистальная дифференциация преаксиальной, медиальной и постаксиальной ветвей вследствие раннего образования мезенхимной массы у бифуркации зейгоподия;

2) первоначальная связь медиальной ветви с постаксиальной в области интермедиальной конденсации;

3) ранее образование интермедиальной конденсации в близком контакте с ульнарной (фибулярной) конденсацией;

4) доминирование задней или постаксиальной ветви (ульнарной-фибулярной) на раннем развитии конечности;

5) относительно позднее формирование *basale commune*, которая возникает главным образом как небольшая дистальная-2 конденсация в основании второго пальца и позднее сливающаяся с дистальной-1 конденсацией;

6) слияние скелетных элементов предпочтительно в продольном, чем в поперечном направлении; обычно объединение медиальных элементов с постаксиальными, чем с преаксиальными;

7) в 75 % слияние *intermedium* с *ulnare*;

8) наличие двух центральных элементов в стандартной морфологии;

9) наличие хорошо развитого долговременного эпидермально-го плавничка между первым и вторым пальцами, использующегося в балансировке и локомоции личинки как ценогенетическая адаптация [Vorobyeva, 1996].

Целью данной работы являлось изучение вариабельности в строении конечностей сеголеток сибирского углозуба природных популяций. В связи с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи:

1. Освоить методику просветления мягких тканей по методу Доусона и окрашивание скелета с помощью бинарного красителя.

2. Исследовать фенотипические особенности строения аутоподия ряда популяций, формирующегося в условиях антропогенного воздействия и, в частности, как элемент скелета существенно зависимого как от внешних, так и от внутренних факторов.

3. Сравнить наши данные с литературными, полученными в лабораторных условиях.

### **Материал и методы**

Исследование выполнено на сеголетках *Salamandrella keyserlingii*, населяющих следующие лесопарки: Шарташский, Калиновский, Юго-Западный. Объем выборки составил 82 особи. Обесцвечивание мягких тканей производилось по методу Доусона (1926) и с помощью применения бинарного красителя. Препараты просмотрены на микроскопе Nikon Eclipse 80i, фотографии сделаны при помощи фотокамеры BenQ DC C640.

### **Результаты и обсуждение**

Доля особей со стандартной морфологией конечностей составила 20,7 %, соответственно доля особей с аномальным базиподиумом – 79,3 % (таблица). Таким образом, был поставлен вопрос: существует ли такое понятие, как стандартное (нормальное) строение базиподиума конечностей у сибирского углозуба?

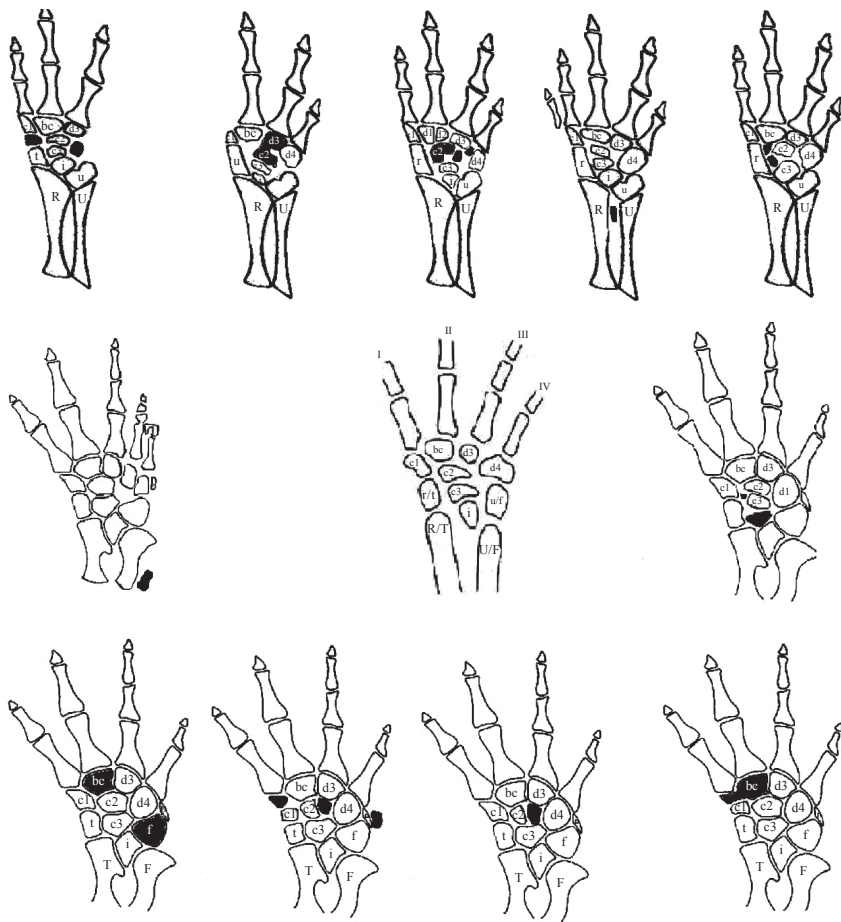
Коваленко (2003) в своей работе по эффекту нормы, определяет это понятие как наиболее часто встречающееся строение и комбинацию элементов скелета. Однако в данном случае мы считаем, что применять такое понятие не совсем целесообразно, скорее всего, его можно рассматривать как один из вариантов строения, которое в онтогенезе возникает первым как одна из стадий развития аксиальной, медиальной и постаксиальной ветвей. У сеголеток расположение, количество добавочных элементов, слияние костей являются результатом гармонического развития в ходе морфогенеза. Количество вариантов строения конечностей: 37. На передних лапах 15 вариантов строения, на задних – 23. В лабораторных условиях 11 вариантов на передних конечностях и 16 на задних.

#### Количество аномалий в конечностях

| Конечность      | Стандартная морфология, % | Число аномальных конечностей, % | Сочетанные аномалии, % |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Передняя правая | 7,3                       | 42,6                            | 9,7                    |
| Левая передняя  | 65,8                      | 34,1                            | 8,5                    |
| Правая задняя   | 63,4                      | 36,5                            | 12,1                   |
| Левая задняя    | 67,0                      | 32,9                            | 6,0                    |

При сравнении, в общем, передних и задних конечностей по стандартной морфологии получены следующие данные: передние ноги – 42,6 %, задние – 46,3 %. У взрослых углозубов наблюдается обратная ситуация: на передних конечностях встречаемость аномалий гораздо выше, чем на задних, вследствие регенерации после каких-либо механических повреждений. Наличие аномальной регенерации, связанной с травмами в брачный период либо нападением хищников, значительно изменяет картину встречаемости аномалий, сложившуюся в процессе онтогенеза [Вершинин, 1990]. В данном случае наши данные позволяют судить о реальной ситуации в строении конечностей еще не в половозрелый период (см. рисунок).

При сравнении правых и левых конечностей можно выдвинуть предположение о наиболее часто используемых в локомоции ко-



В центре: стандартная морфология конечности.

Обозначения: R – os radius; T – os tibia; U – os ulna; F – os fibula; r – radiale; t – tibiale; i – intermedium; u – ulnare; f – fibulare; c1 – centralia 1; c2 – centralia 2; c3 – centralia 3; bc – basale commune (d1 + d2); d3, d4 – distale carpale/distale tarsale

нечностей, либо о наличии направленной асимметрии. В данном случае в правой передней конечности выявлен наибольший процент аномалий (42,6 %) и достаточно высокий процент сочетанных аномалий (9,7 %). Также на правой задней ноге количество

аномалий – 36,5 %, сочетанных аномалий 12,1 %. Можно выдвинуть предположение, что «правши» среди углозубов встречаются чаще, чем «левши». Также возникает вопрос: наличие сочетанных аномалий – случайность или закономерность? В нашем исследовании комбинации различных мальформаций всегда были разные.

### **Заключение**

1. Доля особей с отклонениями от морфологии конечностей, считавшейся стандартной, составила 79,2 %. Таким образом, представление о норме строения конечностей сибирского углозуба нуждается в уточнении.

2. В выборках сеголеток из природных популяций отмечено гораздо большее число вариантов строения, нежели в лабораторных. Для передних конечностей выявлено 15 вариантов строения базиподиума, для задних – 23. Картина девиантных форм строения конечностей взрослых особей отличается по причине возрастных различий, а также наличия аномальной регенерации.

3. Полимеризация элементов выражена гораздо чаще, чем слияние или отсутствие элементов, что поддерживает гипотезу о том, что углозубы достаточно близки по строению конечностей к стегоцефалам и саркоптеригиевым рыбам.

### **Благодарности**

Выражаем благодарность д-ру биол. наук В. Л. Вершинину (зав. лабораторией функциональной экологии наземных животных Института экологии растений и животных – ИЭРиЖ УрО РАН, зав. кафедрой зоологии УрФУ) за помощь в сборе материала, мл. науч. сотр. Д. Н. Медникову (лаборатория проблем эволюционной морфологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН – ГУ ИПЭЭ РАН) за помощь в освоении методики окрашивания скелета.

### **Библиографические ссылки**

*Басарукин А. М., Боркин Л. Я.*, 1984. Распространение, экология и морфологическая изменчивость сибирского углозуба *Hynobius keyserlingii*

на острове Сахалин // Экология и фаунистика амфибий и рептилий СССР и сопредельных стран. Л. : ЗИН АН СССР. С. 12–54.

*Берман Д. И.*, 2002. Идеальный приспособленец, или Адаптивная стратегия сибирского углозуба // Природа. № 10. С. 62–65.

*Вершинин В. Л.*, 1990. Уровень рекреационной нагрузки и состояние популяций сибирского углозуба // Животные в условиях антропогенного ландшафта : сб. науч. тр. Свердловск. С. 10–17.

*Коваленко Е. Е.*, 2003. Эффект нормы признака и его теоретическое значение // Эволюционная биология: история и теория. Вып. 2. С. 66–87.

*Поярков Н. А.*, 2010. Филогенетические связи и систематика хвостатых амфибий семейства углозубов (Amphibia: Caudata, Hynobiidae) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 27 с.

*Хозацкий Л. И.*, 1982. Земноводные и пресмыкающиеся // Четвертичная система. Стратиграфия СССР. М. : Недра. С. 248–262.

*Чхиквадзе В. М.*, 1984. Обзор ископаемых хвостатых и бесхвостых земноводных СССР // Изв. АН Груз. ССР. Т. 10, № 1. С. 5–13. (Сер. биолог.).

*Fei L., Ye C.*, 1984. On the geographical distribution, center of differentiation and phylogenetic relationship of the different genera of Hynobiidae (Amphibia, Salamandriformes) // Acta zool. sinica. Vol. 30, Nr 4. P. 385–392.

*Frost D. R., Grant T., Faivovich J., Bain R. H., Haas A., Haddad C. F. B., De S3 R. O., Channing A., Wilkinson M., Donnellan S. C., Raxworthy C. J., Campbell J. A., Blotto B. L., Moler P., Drewes R. C., Nussbaum R. A., Lynch J. D., Green D. M., Wheeler W. C.*, 2006. The amphibian tree of life. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. Vol. 297. P. 1–370.

*Shubin N., Wake D.*, 1996. Phylogeny, Variation, and Morphological Integration // Amer. Zool. Vol. 36. P. 51–60.

*Vorobyeva E. I., Hinchliffe R. J.*, 1996. Developmental Pattern and Morphology of *Salamandrella keyserlingii* Limbs (Amphibia, Hynobiidae) including some evolutionary aspects // Russian J. of Herpetology. Vol. 3, Nr. 1. P. 68–81.

*Vorobyeva E. I., Hinchliffe R. J.*, 1998. Phylogenetic variability and larval adaptations in the developing limbs of the Hynobiidae // Advances in Amphibian Res. in the Former Soviet Union. Nr 3. P. 21–34.

## ЭФФЕКТ СИАМСКИХ БЛИЗНЕЦОВ ГАДЮКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VIPERA BERUS*)

**А. А. Иванов<sup>1</sup>, В. С. Гуменный<sup>2</sup>, В. А. Бахарев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Республиканский заказник «Выгонощанское» (Выгонощи)

<sup>2</sup> Государственное учреждение «Гродненский зоологический парк»

<sup>3</sup> Государственное учреждение «Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина»

## SIAMESE TWINS EFFECT OF ADDER (*VIPERA BERUS*)

**A. A. Ivanov<sup>1</sup>, V. S. Gumenny<sup>2</sup>, V. A. Bakharev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Republic Wildlife Preserve «Vygonoshchansky» (Vygonoshchy)

<sup>2</sup> State Institution «Grodno Zoo»

<sup>3</sup> Mozyr State Pedagogical University Named After I. P. Shamyakin

*In the paper it is reported about an interesting discovery – a juvenile snake with two heads. The author discusses the problem of this anomaly origin and compares with other researcher's data on different groups of animals. The question of such phenomena causes in the nature is discussed.*

*В работе сообщается об интересной находке – молодой змее с двумя головами. Автор обсуждает проблему возникновения такой аномалии и сравнивает с данными других исследователей на разных группах животных. Обсуждается вопрос о причинах возникновения таких явлений в природе.*

В конце июля 2013 г. в экспериментальном серпентарии на базе республиканского заказника «Выгонощанский» Ивацевичского района Брестской области (Беларусь) одна из самок гадюки обыкновенной принесла потомство, среди которого оказалась гадюка с двумя головами (рисунок). При наблюдениях за поведением особи выяснилось, что одна голова была доминирующей. Рождение такой змеи труднообъяснимо, поэтому заинтересовало местных герпетологов. Мы решили провести анализ проявления эффекта «сиамских близнецов» среди животных и, в частности, змей.

Проведем краткий анализ проблемы эффекта «сиамских близнецов» в животном мире с последующим анализом конкретного





Двухголовая гадюка в момент первой линьки

случая. Первое упоминание о сиаемских близнецах в Европе относится к Армении 945 г., хотя нынешнее название этого феномена появилось только в 1911 г. благодаря знаменитым братьям Банкеррам – Чангу и Энгу (эти имена в переводе с тайского языка означают «правый» и «левый»). Родились они 11 мая 1811 г. в Сиаме (ныне Таиланд). Тела их были соединены в области грудины короткой трубчатой хрящевой связкой, но спайка оказалась гибкой, так что постепенно они научились сидеть, а к 12 годам и ходить. Когда близнецы стали взрослыми, длина этой связки достигла 10 см, а ширина – примерно 20 см.

«Сиаемские близнецы» – очень редкая аномалия, встречающаяся не только среди людей, но и у других групп позвоночных. Накоплено достаточно большое количество информации о встречаемости сиаемских близнецов как среди млекопитающих (грызуны; кошачьи: дикие и домашние; собачьи – чаще домашние; копытные и др.), так и среди птиц, пресмыкающихся (черепahi, змеи и другие чешуйчатые) и рыб [Балабанов, 2012; Леруа, 2011].

Наиболее полно эффект «сиаемских близнецов» изучен у человека и в нашем материале мы будем пользоваться классификацией

видов близнецов и терминологией, разработанной на примере человека, которая приведена ниже.

Выделяют несколько вариантов срастания близнецов [Википедия]:

1. *Торакораги* (thoracopagus) – срастание тел в области грудной клетки. В случае общего сердца перспективы на долгую жизнь как в случае хирургического разделения, так и без него очень невелики. Такой тип срастания наблюдается в 35–40 %.

2. *Омфалопаги* (omphalopagus) – срастание в нижней части грудной клетки. Сердце не затронуто, но близнецы часто имеют общую печень, пищеварительный тракт, диафрагму и другие органы. Такой тип срастания у 34 % сиамских близнецов.

3. *Ксифораги* (xiphopagus) – срастание хрящей грудной клетки.

4. *Илиораги* (iliopagus) – срастание в подвздошных областях, спиной к спине, включая ягодицы. Такой тип срастания у 19 % сиамских близнецов.

5. *Цефалопаги* (cephalopagus) имеют сросшиеся головы, туловища же разделены. В целом такие близнецы не способны выжить, имея некоторые повреждения мозга.

6. *Цефалоторакораги* (cephalothoracopagus) – срастание головами и туловищами. Такие близнецы не способны выжить за редкими исключениями. Иногда используются термины *эфлоторагораги* (epholothoracopagus) или *краниоторакораги* (craniothoracopagus).

7. *Краниораги* (cranioopagus) – сросшиеся черепами, но имеющие отдельные туловища (2 % случаев).

8. *Паразитарные краниораги* – две сросшиеся головы с одним туловищем.

9. *Дицефалы* (diccephalus) – две головы, одно туловище и две, три или четыре руки (дицефал дибрахиус, трибрахиус и тетрабрахиус соответственно).

10. *Ишиораги* (ischioopagus) – переднее соединение нижних частей тела и со сросшимися позвоночниками, развернутыми на 180 ° друг к другу. Такой тип срастания у 6 % сиамских близнецов. Как вариант – позвоночники не соединены, однако оба таза формируют одно большое кольцо, включающее два крестца и два лобковых симфиза.

11. *Ишио-омфалопаги* (ischio-omphalopagus) – наиболее хорошо известный тип срастания. Близнецы соединены позвоночниками, сросшимися в форме буквы Y. Обычно близнецы имеют четыре руки и две или три ноги. Такой вариант срастания не может быть разделен, поскольку у близнецов чаще всего общая репродуктивная и выделительная системы.

12. *Парапаги* (parapagus) – срастание боками, иногда сердце также затронуто. Такой тип срастания у 5 % сиамских близнецов.

13. *Дипрозоп* (diprozopus) – одна голова с двумя лицами, расположенными бок о бок.

14. *Пигопаги* (pigopagus) – сросшиеся в области крестца.

15. *Трицефалы* (tricephalus) – редчайший случай сросшихся близнецов, при котором происходит не двойное, а тройное сращение. Обычно три близнеца имеют один торс и три головы.

Иногда один из близнецов прекращает правильно развиваться, паразитируя на нормально развивающемся втором организме.

### **Заключение**

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Эффект «сиамских близнецов» проявляется в различных классах позвоночных животных. Пока мы не располагаем информацией лишь о земноводных.

2. Причины появления таких близнецов до сих пор точно не установлены, как и в нашем случае. Имеющиеся факты не позволяют дать однозначный ответ.

3. Зафиксированный нами факт рождения и последующей жизни двухголовой гадюки классифицируется как очень редкое, но не уникальное явление в природе, так как именно подобные варианты срастания зафиксированы и у других змей. В конкретном случае сталкиваемся с проявлением дицефалов.

### **Библиографические ссылки**

*Балабанов Р.*, 2012. Сиамские близнецы в животном мире. Рубрика Животные. Непознанное [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://>

elive.com.ua/siamskie-bliznesy-v-zhivotnom-mire/ (дата обращения: 01.08.2013).

Леруа М. А., 2011. Мутанты. М. : Астрель : CORPUS. 560 с.

Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%E8%E0%EC%F1%EA%E8%E5\\_%E1%EB%E8%E7%ED%E5%F6%FB](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%E8%E0%EC%F1%EA%E8%E5_%E1%EB%E8%E7%ED%E5%F6%FB) (дата обращения: 05.08.2013).

## **К ИЗУЧЕНИЮ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

**В. А. Корзи́ков<sup>1</sup>, С. К. Алексе́ев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского

<sup>2</sup> Калужское общество изучения природы

## **ON THE STUDY OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN ANURAN AMPHIBIANS ON THE TERRITORY OF THE KALUGA REGION**

**V. A. Korzikov<sup>1</sup>, S. K. Alekseev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kaluga Tsiolkovsky State University

<sup>2</sup> Kaluga Society of a Nature Research

*The paper gives data on the occurrence of morphological anomalies in four types of anuran amphibians on the territory of the Kaluga region. The following anomalies are detected: Polymelia, Pigment lacking, Oligodactyly, Macrophthalmia, Curved Jaw.*

*Приводятся данные о встречаемости морфологических аномалий четырех видов бесхвостых амфибий для территории Калужской области. Обнаруженные аномалии: полимелия, альбинизм, олигодактилия, макрофтальмия, кривая челюсть.*

В последние годы интерес к изучению аномалий у амфибий возрастает. Появилось большое количество исследований, в которых рассматривают аспекты встречаемости аномалий разных категорий [Некрасова, 2008; Микитинец, 2008].

Цель данной работы – обобщить данные по аномалиям бесхвостых амфибий Калужской области.

### **Материал и методы**

Учеты земноводных проводились в 2008–2011 гг. в Калуге, национальном парке «Угра» и на Северном участке заповедника «Калужские засеки» с прилегающими территориями. Учеты проводились ловчими канавками и трансектами вдоль берега. Название аномалий дано по классификации, предложенной О. Д. Некрасовой (2008), за исключением макрофтальмии.

### **Результаты и обсуждение**

Полимелия (*Polymelia*) отмечена в августе 2008 г. в Калуге, микрорайон Турынинские Дворики, в пруду у сеголетки озерной лягушки – *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771). Выражена развитием дополнительной задней ноги (рис.1). По Волжскому бассейну известны единичные находки [Файзулин, 2011; Замалетдинов, 2003; Borkin, Pikulik, 1986].



Рис. 1. Сеголеток озерной лягушки с полимелией

Альбинизм (*Pigment lacking, translucent*) отмечен в июле 2008 г. на северном участке заповедника «Калужские засеки», в пруду сосняка-зеленомошника у сеголетка прудовой лягушки – *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882)) в виде частичного альбинизма. Выражен светло-желтой окраской большей части головы одной особи

(рис. 2), что составило 0,48 % от всех учтенных прудовых лягушек. Находки альбиносов среди зеленых лягушек крайне редки. Так, данными Г. А. Лады и других (2008) среди 192 особей прудовой лягушки было отмечено лишь 4 экз. альбиноса за два года наблюдений.



Рис. 2. Сеголеток-альбинос прудовой лягушки

Олигодактилия (*Oligodactyly*) отмечена в сентябре 2009 г. на северном участке заповедника «Калужские засеки» в сосняке-зеленомошнике у половозрелой травяной лягушки (*Rana temporaria* Linnaeus, 1758) размером 66 мм. Аномалия выражена отсутствием первого пальца задней правой ноги у одной лягушки, что составило 0,03 % выборки этого вида в ГПЗ «Калужские засеки» за 2009, 2011 гг.

Макрофтальмия (*Macrophthalmia*) обнаружена у серой жабы – *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) в сентябре 2011 г. на северном участке заповедника «Калужские засеки» в широколиственном лесу ( $n = 1$ , 0,05 %). Выражена гипертрофированным правым глазом (рис. 3).

Кривая челюсть (*Curved jaw*) обнаружена у ряда экземпляров серой жабы – *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) в сентябре-ноябре 2009, 2011 гг. на северном участке заповедника «Калужские засеки» в широколиственном лесу. Выражена искривлением и уплощением верхней челюсти (рис. 4). В 2010 г. их число составило 5 экз., в 2011 – 1 экз., что составило 0,44 % и 0,12 % соответственно от выборки этого вида в ГПЗ «Калужские засеки» за 2009, 2011 гг. Следует отметить, что из девяти исследованных биотопов на территории ГПЗ

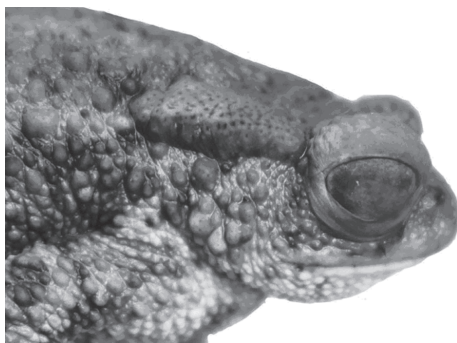


Рис. 3. Серая жаба с макрофтальмией правого глаза



Рис. 4. Серая жаба с кривой верхней челюстью

«Калужские засеки» данная аномалия отмечалась только в одном – широколиственном – лесу.

Общее число обнаруженных аномалий – пять, четыре из которых носят единичный характер. Классификация О. Некрасовой (2003) может быть дополнена одной из обнаруженных авторами аномалий – макрофтальмией.

### **Библиографические ссылки**

*Замалетдинов Р. И., 2003. Морфологические аномалии в городских популяциях бесхвостых амфибий (на примере г. Казани) // Современная герпетология. Т. 2. С. 148–153.*



Хейер В. Р., Доннелли М. А., Мак Дайермид Р. В. и др., 2003. Измерение и мониторинг биологического разнообразия: стандартные методы для земноводных / пер. с англ. М. : Товарищество науч. изд. КМК. 380 с.

Лада Г. А. и др., 2008. Альбинизм у прудовой лягушки (*Rana lessonae*) в Хоперском заповеднике // Современная герпетология. Т. 1. С. 58–61.

Некрасова О. Д., 2008. Классификация аномалий бесхвостых амфибий // Тр. Украин. герпет. об-ва. Т. 1. С. 55–58.

Микитинец Г. И., 2012. Морфологические аномалии у бесхвостых амфибий степной зоны Украины // Вопросы герпетологии : материалы Пятого съезда Герпет. об-ва им. А. М. Никольского. Минск : Право и экономика. С. 197–202.

Файзулин А. И., 2011. О морфологических аномалиях бесхвостых земноводных (Anura, Amphibia) Волжского бассейна // Праці Українсько-го герпетологічного товариства. Т. 3. Киев. С. 201–207

Borkin L. J., Pikulik M., 1986. The Occurrence of Polymely and Polydactyly in Natural Populations of Anurans of the USSR // Amphibia – Reptilia. Vol. 7, Nr 3. P. 205–216.

## **АНОМАЛИИ У ДВУХ ВИДОВ ТРИТОНОВ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

**С. Н. Литвинчук**

Институт цитологии РАН (Санкт-Петербург)

## **ANOMALIES IN TWO SPECIES OF NEWTS FROM NORTH-WESTERN RUSSIA: A COMPARATIVE ANALYSIS**

**S. N. Litvinchuk**

Institute of Cytology, Russian Academy of Science (St. Petersburg)

*Amount of animals with anomalies in wild populations of tailed amphibians, as a rule, are higher as compare with anurans. This phenomenon could be named as «the paradoxes of high amount of morphological abnormalities in tailed amphibians». The aim of the present paper was to study the paradoxes on the example*



*of two newt species inhabiting north-western Russia. The amount of malformed animals in *Lissotriton vulgaris* (2,6 %) was two time higher as compared with *Triturus cristatus* (1,3 %). The number of adults with anomalies (7,5 and 9,0 % in *T. cristatus* and *L. vulgaris*, respectively) was much higher when in larvae (0 and 0,6 %). All mentioned malformations were on limbs only. Perhaps, an amount of anomalies in newts increased during life as a result of abnormal regeneration. The proposal is supported by strong correlation between number of animals with anomalies and amount of newts with injuries.*

*Встречаемость животных с аномалиями в природных популяциях хвостатых земноводных, как правило, выше, в сравнении с бесхвостыми. Это явление можно назвать «парадоксом большого количества морфологических аномалий у хвостатых амфибий». Целью настоящей работы было изучение этого парадокса на примере двух видов тритонов, населяющих северо-запад России. Встречаемость аномальных особей у *Lissotriton vulgaris* (2,6 %) была в два раза выше, по сравнению с *Triturus cristatus* (1,3 %). Доля взрослых с аномалиями (7,5 и 9,0 % в *T. cristatus* и *L. vulgaris* соответственно) была значительно выше, чем у личинок (0 и 0,6 %). Все упомянутые аномалии отмечены только на конечностях. Возможно, частота аномалий у тритонов увеличивается в течение жизни в результате аномальной регенерации. Данное предположение подтверждается существенной корреляцией между частотой животных с аномалиями и встречаемостью тритонов с травмами.*

Как правило, в природных популяциях количество особей с аномалиями конечностей у хвостатых амфибий значительно больше, чем у бесхвостых амфибий. Данное явление может быть названо «парадоксом повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий». Целью работы было изучение данного парадокса на примере двух видов тритонов, населяющих северо-запад России. Общее количество особей с аномалиями у *Lissotriton vulgaris* было в 2 раза выше (2,6 %), чем у *Triturus cristatus* (1,3 %). Встречаемость аномалий у взрослых особей оказалась значительно выше (7,5 и 9,0 % *T. cristatus* и *L. vulgaris* соответственно), чем у личинок

(0 и 0,6 %). Все отмеченные аномалии были только на конечностях. Вероятно, у тритонов восстановление утраченных конечностей в течение всей жизни ведет к увеличению количества их отклонений за счет аномальной регенерации. В пользу этого предположения говорит сильная корреляционная связь между числом особей с аномалиями и количеством особей с повреждениями конечностей.

Современные исследования показывают, что количество морфологических аномалий (дефекты в строении головы, осевого скелета, таза и конечностей, а также кожные аномалии и опухоли) в последние годы увеличивается во многих популяциях амфибий [Blaustein, Johnston, 2003], часто превышая 5 %-й порог фоновой встречаемости аномалий. Кроме того, отмечено, что у амфибий, резко сокращающих свою численность [Requero et al., 2010; Burgmeier et al., 2011], встречаемость морфологических аномалий увеличивается (более 50 %), как, например, в природных популяциях *Cryptobranchus alleganiensis* (Daudin, 1803) или *Ambystoma mexicanum* (Shaw & Nodder, 1798). Поэтому считается важным проводить мониторинг количества аномалий как критерия, отражающего качество окружающей среды и состояние здоровья популяции [Burgmeier et al., 2011; Боркин и др., 2012].

Сравнительный анализ встречаемости морфологических аномалий в различных группах амфибий показал, что, как правило, в природных популяциях количество особей с аномалиями у хвостатых амфибий значительно больше, чем у бесхвостых (рис. 1). Это явление может быть названо «парадоксом повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий».

Повышенная встречаемость аномалий у хвостатых амфибий была выявлена не только в природных популяциях, но и у лабораторных животных. Так, при изучении потомства *Pleurodeles waltl* (Michahelles, 1830), полученного при выращивании в неволе [Dougnon et al., 1998], было выявлено значительное количество особей с аномалиями (7,1 % при 20 °C).

Целью данной работы было изучение парадокса повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий на примере двух видов

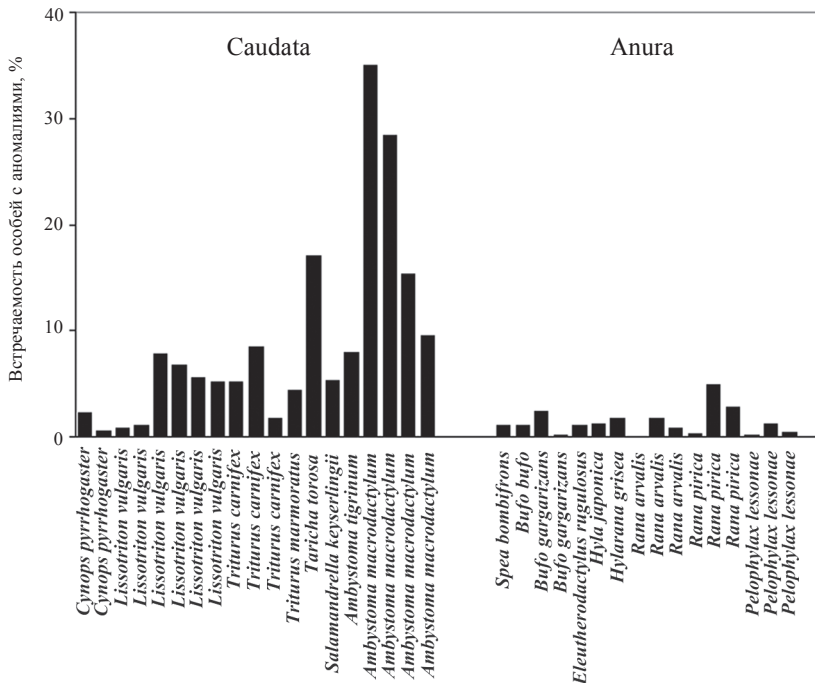


Рис. 1. Фоновая встречаемость особей с аномалиями в природных популяциях амфибий [Fukui et al., 1996; Johnson et al., 2001, 2006; Diego-Rasilla et al., 2007; Williams et al., 2008; Боркин и др., 2012]

тритонов – *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768) и *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758), населяющих северо-запад России.

В ходе исследования были изучены 233 особи гребенчатого тритона и 466 особей обыкновенного тритона, собранных п. Елизаветино Гатчинского района Ленинградской области России (N 59°29,519' E29°45,041', 121 м н. у. м.) в водоемах на месте заброшенного карьера и его окрестностях.

У *T. cristatus* общее количество особей с аномалиями составило 1,3 % (таблица).

Аномалии кожи, черепа и осевого скелета не отмечены. Среди аномалий конечностей наиболее часто (1,3 %) встречалась полифалангия (т. е. раздвоение фаланг пальцев). Амелия (отсутствие конеч-

**Встречаемость особей с аномалиями ( $P_{as}$ ) и повреждениями конечностей ( $P_{in}$ ),  
а также парциальная встречаемость аномалии  
у двух видов тригонов, населяющих п. Елизаветино (Россия)**

| Вид                          | Тип      | $n$ | $P_{as}$ | $P_{in}$ | Парциальная встречаемость аномалии, % |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |
|------------------------------|----------|-----|----------|----------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|                              |          |     |          |          | I                                     | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   |     |     |
| <i>Trinurus cristatus</i>    | Взрослые | 40  | 7,5      | 22,5     | 2,5                                   | -   | -   | 7,5 | 5,0 | -   | -   | -    | -   | -   | -   | -   |
|                              | Личинки  | 193 | 0        | 5,7      | -                                     | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    | -   | -   | -   | -   |
|                              | Общее    | 233 | 1,3      | 7,3      | 0,4                                   | -   | -   | 1,3 | 0,9 | -   | -   | -    | -   | -   | -   | -   |
| <i>Lissotritton vulgaris</i> | Взрослые | 111 | 9,0      | 13,5     | 0,9                                   | 0,9 | -   | 1,8 | 0,9 | 0,9 | 2,7 | 1,8  | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
|                              | Личинки  | 355 | 0,6      | 6,2      | -                                     | -   | -   | -   | 0,6 | -   | -   | -    | -   | -   | -   | -   |
|                              | Общее    | 466 | 2,6      | 7,9      | 0,2                                   | 0,2 | -   | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,6 | 0,4  | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

*Примечание:* I – амелия; II – полимелия; III – полифалангия; IV – эктродактилия; V – полидактилия; VI – клинодактилия; VII – синдактилия; VIII – утолщение пальцев.

ностей) и эктродактилия (отсутствие пальцев) встречались несколько реже (0,4 и 0,8 % соответственно). Доля особей, у которых были найдены повреждения конечностей (отсутствующие, укороченные или регенерирующие пальцы и лапы), составила 7,3 %. Рядом исследователей [напр.: Johnson et al., 2006; Burgmeier et al., 2011] такие повреждения ранее также были отнесены к аномалиям.

Общее количество особей с аномалиями у *L. vulgaris* было в два раза выше, чем у гребенчатого тритона, и составляло 2,6 % (таблица). Разнообразие аномалий у этого вида также оказалось выше (общий спектр аномалий: 8 против 3). Как и у первого вида, аномалии кожи, черепа и осевого скелета у обыкновенного тритона не были отмечены. Наиболее часто (0,6 %) встречались эктро- и клинодактилия (искривление пальцев), в то время как амелия, полимелия (дихотомия конечностей), полифалангия, полидактилия (дополнительные пальцы), синдактилия (сросшиеся пальцы) и утолщение фаланг пальцев встречались реже. Общее количество особей с повреждениями конечностей составляло 7,9 % и было примерно таким же, как у гребенчатого тритона.

Аномалии у *T. cristatus* на северо-западе России встречаются несколько реже, чем у этого вида из других регионов (5,1–9,5 %) [см.: Литвинчук и Боркин, 2009], тогда как у *L. vulgaris* северо-запада России встречаемость аномалий не выходила за пределы фоновой изменчивости, отмеченной для этого вида в других регионах (0,8–7,8 %) [Литвинчук и Боркин, 2009; Боркин и др., 2012]. Сопоставление спектров аномалий у *T. cristatus* и *L. vulgaris* с северо-запада России с таковыми из других регионов не выявило значительных различий.

Сопоставление встречаемости аномалий, отмеченных у личинок и взрослых особей *T. cristatus* с северо-запада России (таблица), показало резкие различия между ними. Так, у личинок этого вида аномалии вообще не были отмечены, тогда как у взрослых тритонов они были нередки (7,5 %). Такая же картина наблюдалась и у *L. vulgaris* (0,6 и 9,0 % соответственно).

Как и в случае с аномалиями, встречаемость особей с повреждениями конечностей у обоих видов была значительно выше у взрос-

лых животных (15,0 % у *T. cristatus* и 13,5 % у *L. vulgaris*), чем у личинок (5,7 % у *T. cristatus* и 7,1 % у *L. vulgaris*).

Чем можно объяснить резкие различия во встречаемости аномалий у взрослых особей и личинок? Как правило, рассматриваются следующие факторы, влияющие на увеличение количества аномалий у амфибий: ультрафиолетовое и радиационное облучение, изменение магнитного поля, повышенные температуры, химическое загрязнение, заражение трематодами и вирусами, инбридинг, гибридизация, наличие рыб и физических повреждений с последующей неправильной регенерацией конечностей [Arntzen, Wallis, 1991; Asashima et al., 1991; Vershinin, 1995; Dournon et al., 1998; Williams et al., 2008]. В случае с тритонами из п. Елизаветино, вероятнее всего, именно последний фактор повлиял на различия между взрослыми особями и личинками. В пользу данного предположения может говорить сильная связь ( $r = 0,83$ ) между встречаемостью особей с аномалиями и количеством особей с повреждениями конечностей в природных популяциях трех видов тритонов, населяющих Восточную Европу (рис. 2).

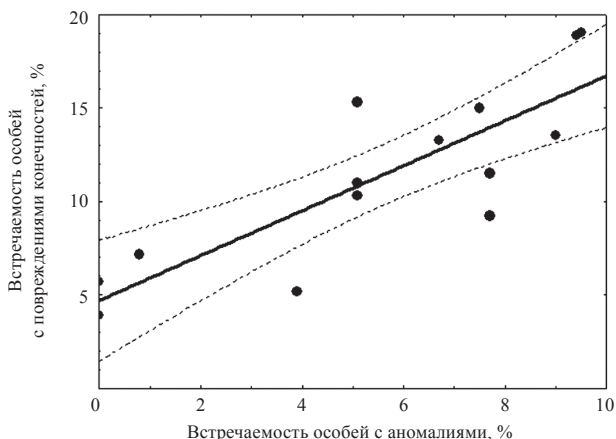


Рис. 2. Взаимосвязь между встречаемостью особей с аномалиями и количеством особей с повреждениями конечностей в природных популяциях хвостатых амфибий из Восточной Европы [Литвинчук и Боркин, 2009; собственные данные]

Таким образом, существование парадокса повышенного количества аномалий определяется особенностями поведения (повышенная агрессивность) и высокой регенерационной способностью хвостатых амфибий. Они могут многократно восстанавливать свои утраченные конечности, наращивая количество их аномалий в течение жизни за счет неправильной регенерации. Бесхвостые амфибии, как правило, не способны наносить друг другу серьезные повреждения конечностей и имеют крайне низкую регенерационную способность. Важно также отметить, что повышенное число аномалий у хвостатых амфибий нередко регистрируется за счет неправильного подсчета, так как в число аномалий включаются и механические повреждения конечностей, которых, как правило, значительно больше у хвостатых амфибий, чем у бесхвостых.

Оценивая влияние факторов внешней среды на появление различных аномалий у хвостатых амфибий, кроме, например, мутагенных и тератогенных факторов, дополнительно должны учитываться и такие факторы, как пресс хищников, плотность популяции, степень агрессивности особей своего вида и наличие синтопических видов хвостатых амфибий.

Я искренне признателен фонду РФФИ (№ 12-04-01277) за частичную поддержку исследования и Л. Я. Боркину за стимулирующие беседы и обсуждение парадокса повышенного количества аномалий у хвостатых амфибий, а также Ю. С. Литвинчук за помощь в полевых исследованиях и обработке материала.

### Библиографические ссылки

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Литвинчук С. Н., Боркин Л. Я., 2009. Эволюция, систематика и распространение гребенчатых тритонов (*Triturus cristatus* complex) на территории России и сопредельных стран. СПб. : Европейский дом. 590 с.

Arntzen J. W., Wallis G. P., 1991. Restricted gene flow in a moving hybrid zone of the newts *Triturus cristatus* and *T. marmoratus* in western France // Evolution. Vol. 45, Nr 4. P. 805–826.

Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J., 1991. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster* // Bioelectromagnetics. Vol. 12. P. 215–224.

Blaustein A. R., Johnston T. J., 2003. The complexity of deformed amphibians // Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 1. P. 87–94.

Burgmeier N. G., Unger S. D., Meyer J. L., Sutton T. M., Williams R. N., 2011. Health and habitat quality assessment for the eastern hellbender (*Cryptobranchus alleganiensis alleganiensis*) in Indiana // USA J. of Wildlife Diseases. Vol. 47. P. 836–848.

Diego-Rasilla F. J., Luengo R. M., Rodriguez-Garcia L., 2007. *Triturus marmoratus* (Marbled newt). Limb abnormalities // Herpetological Review. Vol. 38. P. 68.

Dournon C., Bautz A., Membre H., Lauthier M., Collenot A., 1998. Expression of hindlimb abnormalities under rearing temperature effects during the larval development of the salamander *Pleurodeles waltl* (urodele amphibian) // Developmental and Growth Differentiation. Vol. 40. P. 555–565.

Fukui A., Asashima M., Mayer-Rochow V. B., 1996. 1995-update of morphological abnormalities in wild populations of the Japanese newt *Cynops pyrrhogaster* Boie (Urodela; Salamandridae) // Acta Hydrobiologica, Krakow. Vol. 38. P. 19–24.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Ritchie E. G., Reaser J. K., Launer A. E., 2001. Morphological abnormality patterns in a California amphibian community // Herpetologica. Vol. 57. P. 336–352.

Johnson P. T. J., Preu E. R., Sutherland D. R., Romansic J. M., Han B., Blaustein A. R., 2006. Adding infection to injury: synergistic effects of predation and parasitism on amphibian malformations // Ecology. Vol. 87. P. 2227–2235.

Requero E., Cruzado-Cortes J., Parra-Olea G., Zamudio K. R., 2010. Urban aquatic and conservation of highly endangered species: the case of *Ambystoma mexicanum* (Caudata, Ambystomatidae) // Ann. Zool. Fennici. Vol. 47. P. 223–238.

Vershinin V. L., 1995. Types of morphological anomalies of amphibians in urban regions // Amphibian Populations in the Commonwealth of Independent States: Current Status and Declines / eds. S. L. Kuzmin, C. K. Dodd, M. M. Pikulik. M. ; София : Pensoft. P. 91–98.

Williams R. N., Bos D. H., Gopurenko D., DeWoody J. A., 2008. Amphibian malformations and inbreeding // Biol. Lett. Vol. 4. P. 549–552.



# ГЕОГРАФИЯ ВСТРЕЧАЕМОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В ПОПУЛЯЦИЯХ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Г. И. Микитинец

Приазовский национальный природный парк (Мелитополь)

## GEOGRAPHY OCCURRENCE OF IN POPULATIONS MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES ANURA OF STEPPE ZONE UKRAINE

G. I. Mikitinez

Priazovsky National Park (Melitopol)

*This paper examined some patterns of geographic distribution of external morphological abnormalities in populations of anurans in different regions of the steppe zone of Ukraine. External morphological abnormalities were examined in 10 anurans (140 samples, 3910 specimens). Among them, abnormalities were found in 3,6 % individuals. The highest percentage of abnormal animals found in the southern region. Keywords: Anura, morphological anomalies, southern Ukraine.*

*В статье рассмотрены некоторые закономерности географического распределения внешних морфологических аномалий в популяциях бесхвостых амфибий в различных регионах степной зоны Украины. Внешние морфологические аномалии были рассмотрены у 10 видов бесхвостых (140 выборки, 3910 экз.) Из них аномалии были обнаружены у 3,6 % индивидуумов. Самый высокий процент аномальных животных найден в южном регионе.*

Характер проявления и частота встречаемости морфологических аномалий у земноводных достаточно интенсивно изучается как на территории Украины, так и на других участках ареала [Вершинин, 1999; Куртяк, 2005; Некрасова и др., 2007; Flyaks, BorKin, 2004; Файзулин, 2011; Боркин и др., 2012]. Часто причиной этого является тот факт, что уровень трансформации и загрязненности экосис-

тем можно оценить по росту морфологических аномалий [Вершинин, 1999; Flyaks, Vorikin, 2004]. Юг Украины как потенциальная территория повышенного антропогенного риска остается вне внимания исследователей. Основные типы встречающихся аномалий у разных видов амфибий этого региона рассмотрены нами ранее [Микитинец, 2012].

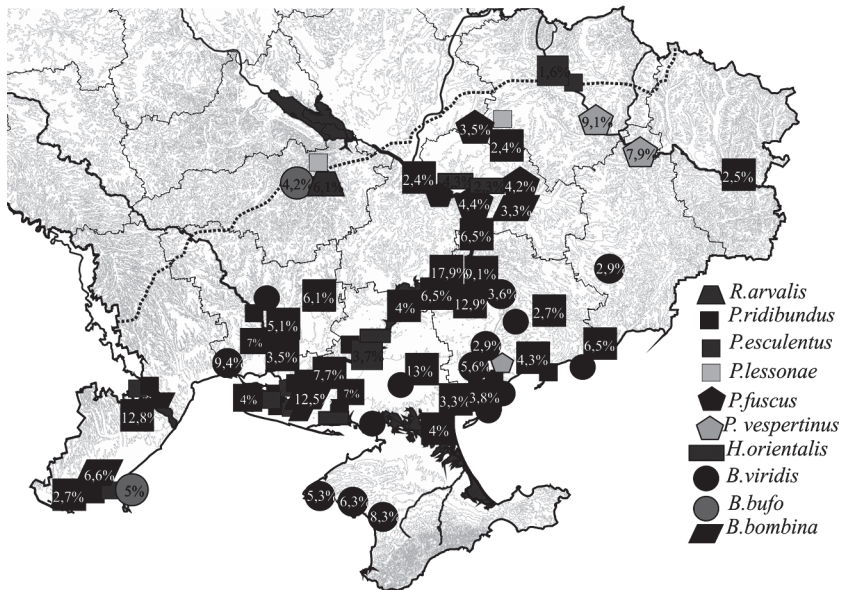
Целью данной работы явился анализ закономерности географического распределения внешних морфологических аномалий в популяциях бесхвостых амфибий в разных регионах степной зоны Украины.

Работа основана на результатах морфологической обработки сборов 2006–2013 гг. Всего обработано 3910 особей из 192 выборок 10 видов бесхвостых амфибий: 1735 особей *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), 361 *Pelophylax esculentus* (Linnaeus, 1758), 21 *Pelophylax lessonae*, (Camerano, 1882), 33 *Rana arvalis* (Nilsson, 1842), 353 *Bombina bombina* (Linnaeus, 1761), 432 *Hyla orientalis* (Linnaeus, 1758), 204 *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768), 213 *Pelobates vespertinus* (Pallas, 1771), 462 *Bufo viridis* (Laurenti, 1776), 96 *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758). Аномалии оценивались визуально, согласно классификаций В. Л. Вершинина (1999) и О. Д. Некрасовой (2008), с некоторыми дополнениями.

В целом по степной зоне в выборках амфибий выявлено 140 особей (3,6 %) с аномалиями из 81 выборки. Доля аномальных животных в отдельных выборках показана на карте (рисунок). Для выявления характера распространения, с учетом большого количества материала и специфики территории исследования целесообразно было разделить исследуемые выборки по географическим регионам на восточный, западный, центральный и южный. Доля аномалий у разных видов по регионам представлена в таблице.

В восточном регионе, который включает выборки амфибий из Луганской, Донецкой и южной части Харьковской областей, выявлено 14 особей с аномалиями, которые составили 2,8 % всех изученных животных.

Наиболее высокая доля особей с аномалиями у *P. vespertinus* отмечена у 7 особей: 2 с экстремелией, по одной с брахидактилией,



Частота встречаемости амфибий с аномалиями  
в выборках степной зоны Украины

### Встречаемость аномалий у бесхвостых амфибий степной зоны Украины

| №<br>п/п         | Таксон                       | Общее<br>кол-во |            | Кол-во<br>с аномалиями |           | Особей<br>с анома-<br>лиями,<br>% |
|------------------|------------------------------|-----------------|------------|------------------------|-----------|-----------------------------------|
|                  |                              | выборок         | особей     | выборок                | особей    |                                   |
| Восточный регион |                              |                 |            |                        |           |                                   |
| 1                | <i>Bufo viridis</i>          | 1               | 35         | 1                      | 1         | 2,9                               |
| 2                | <i>Pelobates fuscus</i>      | 1               | 29         | 1                      | 1         | 3,4                               |
| 3                | <i>Pelobates vespertinus</i> | 3               | 134        | 2                      | 7         | 5,2                               |
| 4                | <i>Pelophylax esculentus</i> | 4               | 98         | 2                      | 2         | 2                                 |
| 5                | <i>Pelophylax lessonae</i>   | 1               | 12         | 1                      | 1         | 8,3                               |
| 6                | <i>Pelophylax ridibundus</i> | 6               | 190        | 2                      | 2         | 1,1                               |
|                  | <b>Всего</b>                 | <b>17</b>       | <b>498</b> | <b>9</b>               | <b>14</b> | <b>2,8</b>                        |

Продолжение таблицы

| № п/п              | Таксон                       | Общее кол-во |            | Кол-во с аномалиями |           | Особей с аномалиями, % |
|--------------------|------------------------------|--------------|------------|---------------------|-----------|------------------------|
|                    |                              | выборок      | особей     | выборок             | особей    |                        |
| Центральный регион |                              |              |            |                     |           |                        |
| 1                  | <i>Bombina bombina</i>       | 4            | 81         | 1                   | 1         | 1,2                    |
| 2                  | <i>Bufo bufo</i>             | 2            | 71         | 1                   | 3         | 4,2                    |
| 3                  | <i>Hyla orientalis</i>       | 6            | 180        | 2                   | 3         | 1,7                    |
| 4                  | <i>Rana arvalis</i>          | 1            | 33         | 1                   | 2         | 6,1                    |
| 5                  | <i>Pelobates fuscus</i>      | 6            | 127        | 4                   | 5         | 3,9                    |
| 6                  | <i>Pelophylax esculentus</i> | 1            | 19         | 0                   | 0         | –                      |
| 7                  | <i>Pelophylax lessonae</i>   | 1            | 9          | 1                   | 1         | 11,1                   |
| 8                  | <i>Pelophylax ridibundus</i> | 5            | 129        | 1                   | 1         | 0,8                    |
|                    | <b>Всего</b>                 | <b>26</b>    | <b>649</b> | <b>11</b>           | <b>16</b> | <b>2,5</b>             |
| Западный регион    |                              |              |            |                     |           |                        |
| 1                  | <i>Bombina bombina</i>       | 3            | 135        | 2                   | 3         | 2,2                    |
| 2                  | <i>Bufo bufo</i>             | 2            | 25         | 1                   | 1         | 4                      |
| 3                  | <i>Bufo viridis</i>          | 2            | 38         | 2                   | 4         | 10,5                   |
| 4                  | <i>Hyla orientalis</i>       | 5            | 143        | 0                   | 0         | –                      |
| 5                  | <i>Pelophylax esculentus</i> | 5            | 58         | 2                   | 2         | 3,4                    |
| 6                  | <i>Pelophylax ridibundus</i> | 10           | 319        | 7                   | 18        | 5,6                    |
|                    | <b>Всего</b>                 | <b>27</b>    | <b>718</b> | <b>14</b>           | <b>28</b> | <b>3,9</b>             |
| Южный регион       |                              |              |            |                     |           |                        |
| 1                  | <i>Bombina bombina</i>       | 6            | 137        | 3                   | 5         | 3,6                    |
| 2                  | <i>Bufo viridis</i>          | 5            | 389        | 13                  | 25        | 6,4                    |
| 3                  | <i>Hyla orientalis</i>       | 5            | 109        | 2                   | 2         | 1,8                    |
| 4                  | <i>Pelobates fuscus</i>      | 2            | 48         | 0                   | 0         | –                      |
| 5                  | <i>Pelobates vespertinus</i> | 8            | 79         | 1                   | 1         | 1,3                    |

## О к о н ч а н и е   т а б л и ц ы

| №<br>п/п | Таксон                       | Общее<br>кол-во |             | Кол-во<br>с аномалиями |            | Особей<br>с анома-<br>лиями,<br>% |
|----------|------------------------------|-----------------|-------------|------------------------|------------|-----------------------------------|
|          |                              | выборок         | особей      | выборок                | особей     |                                   |
| 6        | <i>Pelophylax esculentus</i> | 10              | 186         | 5                      | 6          | 3,2                               |
| 7        | <i>Pelophylax ridibundus</i> | 36              | 1097        | 23                     | 43         | 3,9                               |
|          | <b>Всего</b>                 | <b>122</b>      | <b>2045</b> | <b>47</b>              | <b>82</b>  | <b>4</b>                          |
|          | <b>Итого по степной зоне</b> | <b>192</b>      | <b>3910</b> | <b>81</b>              | <b>140</b> | <b>3,6</b>                        |

эктродактилией, полифалангией, аномалией окраски и комбинированной полидактилией и брахидактилией. У *P. fuscus* выявлена самка с брахидактилией; у *B. viridis* Донецкой обл. – самка с брахидактилией. У *P. ridibundus* выявили самку с брахидактилией в Луганской обл. и самца с эктромелией в Харьковской обл., там же обнаружено 2 самца *P. esculentus* с олигодактилией и эктромелией и самец *P. lessonae* с эктромелией.

Центральный регион включает выборки из Днепропетровской и юга Кировоградской областей, характеризуется разнообразием исследованных видов. Практически у всех, за исключением *P. esculentus*, были отмечены особи с аномалиями, которые в целом составили 2,5 % всех исследованных здесь амфибий.

Наибольшее количество аномалий выявлено у *P. fuscus* Днепропетровской обл.: 2 с брахидактилией, 1 с кожной аномалией окраски, 2 с деформацией костей (искривление последних фаланг всех пальцев на стопах). Там же у *H. orientalis* было зарегистрировано 2 самца с брахидактилией и один с деформацией кости (утолщение основания стопы); у *B. bombina* найдена особь со смешанной олигодактилией и полифалангией; у *P. ridibundus* – самка с клинодактилией. В Кировоградской обл. у *B. bufo* обнаружены 3 самца с брахидактилией, самка *R. arvalis* с аномалией глаза и самец с брахидактилией, самка *P. lessonae* с эктромелией.

В Западном регионе, который включает выборки Одесской и Николаевской областей, выявили 28 особей с аномалиями, которые составили 3,9 % всех изученных животных. Наибольшее количе-

ство аномалий выявлено здесь у *P. ridibundus*: 18 особей с разнотипными аномалиями: 10 с брахидактилией, иногда в смешанных вариантах с синдактилией или полифалангией, 1 синдактилия, 1 амелия, 3 олигодактилии, 1 эктромелия, 2 самца с аномалиями резонаторов, у *P. esculentus* – 1 самец с брахидактилией и 1 без резонаторов. У самцов *B. viridis* обнаружили по одному с эктродактилией (клешня), эктромелией, брахидактилией и комбинированной эктромелией и олигодактилией; одну самку *B. bufo* с аномалией пальцев; 2 самцов *B. bombina* из Одесской области с эктромелией (культи) и одного с «черным глазом». Без аномалий оказались выборки *H. orientalis*.

К Южному региону были отнесены выборки из Херсонской, Запорожской областей и степной части Автономной Республики Крым. В целом по югу обработано наибольшее количество материала, с аномалиями выявлена 81 особь, составляющая 4 % всех исследованных здесь амфибий. Наибольшее количество особей с аномалиями выявили у *P. ridibundus*: 12 особей с брахидактилией и 7 со смешанной брахидактилией с полифалангией или с олигодактилией, синдактилией, клинодактилией, полифалангией с полидактилией или синдактилией, 5 с олигодактилией, 4 с полифалангией, 3 с деформациями кости, 3 с аномалиями окраски, 2 с эктродактилией, 1 с амелией, 1 с полимелией, 1 с клинодактилией, 2 особи с аномалиями резонаторов, 1 с эктромелией, 1 с темным глазом. У *B. viridis* с брахидактилией 8 особей, 3 с эктромелией, 3 с деформациями кости, 3 с темным глазом, 2 с олигодактилией, 2 с аномалиями окраски и 1 с амелией, 2 комбинированные: брахидактилия с синдактилией и с полифалангией. *P. esculentus* 3 особи с дефектами резонаторов, 1 с деформацией кости, 1 с полифалангией, еще одна смешанная полифалангия с полидактилией и синдактилией. У *B. bombina* 3 особи с брахидактилией, 1 с эктромелией и по одной смешанной полидактилией и полифалангией. Меньше всего аномалий у *H. orientalis* – 2 особи с эктромелией и *P. vespertinus* – одна с брахидактилией, у *P. fuscus* аномалий не обнаружено.

Массовые случаи аномалий в популяциях амфибий степной зоны не зафиксированы, однако по литературным данным описа-

ны для комплекса зеленых лягушек территории Закарпатья [Куртяк, 2005] и Киева [Некрасова и др., 2002]. Некоторые единичные случаи аномалий описаны у зеленых лягушек [Некрасова, 2002; Сурядна, 2005; Микитинець и др., 2007] и у зеленых жаб [Писанець, 2007]. Очень подробное исследование аномалий краснобрюхой жерлянки, зеленых жаб и озерных лягушек из Днепропетровской области выявило высокий процент аномалий у этих видов и зависимость частоты аномалий от загрязнения водоемов [Flyaks, Borkin, 2004].

Результаты нашего исследования позволили установить, что наибольшая частота встречаемости аномалий и их разнообразие характерно для Южного региона. Типы аномалий в целом повторяются по всем регионам, наиболее распространенной является брахидактилия. Следует подчеркнуть, что невысокая доля аномалий в отдельных выборках по всем регионам свидетельствует об их фоновом характере [Коваленко, 2000; Боркин и др., 2012].

На данном этапе еще рано говорить о какой-либо закономерности проявления аномалий по регионам, поскольку анализируемые выборки зачастую были представлены разным количеством материала и не всегда имелась возможность проанализировать весь видовой состав определенной территории. Данный аспект чрезвычайно важен, поскольку вероятность выявления аномалий в природных популяциях прямо зависит от количества и качества обработанного материала.

Автор выражает признательность коллегам отдела герпетологии: С. В. Бойко, О. Н. Мануиловой, В. С. Микитенец, Ю. В. Кармышеву за участие в экспедиционных выездах и сбор материала, особую благодарность – за помощь при подготовке данной работы Н. Н. Сурядной. Искреннюю признательность – своему научному руководителю Е. М. Писанцу.

Работа частично выполнена в рамках научной темы (№ 0107V003350) отдела герпетологии НИИ биоразнообразия МГПУ им. Б. Хмельницкого.

## Бібліографічні посилання

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости морфологических аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Вершинин В. Л., 1999. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий. Екатеринбург. 205 с.

Коваленко Е. Е., 2000. Массовые аномалии конечностей у бесхвостых амфибий // Журн. общей биологии. Т. 61, № 4. С. 412–427.

Куртяк Ф. Ф., 2005. Аномалії розвитку кінцівок у одностатевих гібридних популяціях *Rana kl. esculenta* Linne, 1758 (Amphibia, Anura, Ranidae) на теренах рівнинного Закарпаття // Матеріали Першої конференції Українського Герпетологічного Товариства. Київ : Зоомузей ННПМ НАНУ України. С. 87–90.

Микитинець Г. И., 2012 Морфологические аномалии бесхвостых амфибий природных популяций юга Украины // Вопросы герпетологии : материалы пятого съезда Герпет. об-ва им. А. М. Никольского, Минск, 25–28 сентября 2012 г. / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; под ред. Р. В. Новицкого, Н. Б. Ананьевой [и др.]. Минск : ИООО «Право и экономика». С. 197–202.

Микитинець Г. І., Сурядна Н. М., 2007. Аномалії та морфологічна специфіка озерних жаб (*PELOPHYLLAX RIDIBUNDUS*) в межах Запорізької області // Вісник ЗДУ. Біологічні науки. Запоріжжя: вид-во ЗДУ. Вип.6. С. 170–174.

Некрасова О. Д., Межжерин С. В., Морозов-Леонов С. Ю., Сытник Ю. М., 2007. Случай массовой полимелии у озерных лягушек (*Rana ridibunda* Pall. 1771) Киева // Науковий вісник Ужгородського університету. Вип. 21. С. 92–95. (Сер. Біологія).

Некрасова О. Д., 2002. Структура популяцій та гібридизація зелених жаб *Rana esculenta* complex урбанізованих територій середнього Придніпров'я : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 20 с.

Некрасова О. Д., 2008. Класифікація аномалій бесхвостих амфібій // Праці Українського герпетологічного товариства. № 1. Київ : Зоомузей ННПМ НАНУ України. С. 55–58.

Писанець Є. М., 2007. Земноводні України : посібник для визначення амфібій України та суміжних країн. Київ : Видавництво Раєвського. 192 с.

Сурядна Н. М., 2005. Зелені жаби фауни України: морфологічна мінливість, каріологія та особливості біології : дис. ... канд. біол. наук. Київ. 277 с.



Файзулин А. И., 2011. О морфологических аномалиях бесхвостых земноводных (*ANURA*, *AMPHIBIA*) Волжского бассейна // Праці Українського герпетологічного товариства. Київ. № 3. С. 201–207.

Flyaks N. L., Borkin L. J., 2004. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // Applied Herpetology. Vol. 1. P. 229–264.

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АНОМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ В ОКРАСКЕ У АМФИБИЙ

**О. Д. Некрасова**

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины (Київ)

## SOME ASPECTS OF ANOMALY'S MANIFESTATION IN AMPHIBIAN COLORATION

**O. D. Nekrasova**

Shmalgausen Institute of Zoology NAS (Kiev)

*Cases of abnormal coloration of the body of amphibians (from albinism to mosaic albinism and blue color in frogs *Pelophylax esculentus* complex) as well as probable causes of its manifestation are described.*

*Описаны случаи аномальной окраски тела земноводных (от альбинизма до мозаичного альбинизма и синей окраски лягушки *Pelophylax esculentus* complex), также обсуждаются вероятные причины ее проявления.*

Среди всех известных аномалий у амфибий окраска и рисунок тела занимают особое место. Они относятся к разряду аномалий, связанных с кожными покровами амфибий – Skin malformation (S11) [Некрасова, 2008]. Окраска у лягушек обусловлена хроматофорами, пигментсодержащими и светоотражающими клетками. В дермальном слое кожи амфибий обычно присутствуют хроматофоры трех основных типов (возможны и дополнительные элементы), причем они имеют специфическую локализацию [Терентьев,

1950; Бриттон, 1986; и др.]. Быстрые изменения окраски осуществляются благодаря изменениям вклада, вносимого в ее формирование клетками разных типов, составляющими функциональную единицу и единую систему [Бриттон, 1986]. Ксантофоры или эритрофоры (желтый или красноватый пигмент – светофильтр), расположены сверху, иридофоры (металлический, голубоватый за счет дифракции падающего света на гранях гуаниновых пластин) – непосредственно под ними, а дермальные меланофоры (коричневый, черный пигмент) формируют базальный слой. Как правило, число клеток этих трех основных типов различно и их комбинация формирует зеленую окраску тела у лягушек. Возможны аномалии и нарушения при синтезе или блокировке работы хроматофоров разных типов, что приводит к появлению разного типа окраса, в том числе и аномального.

Таким образом, нарушения, связанные с меланофорами, приводят к отсутствию или недостатку меланина (amelanistic), что может проявляться в виде аномальной окраски – беловатой (полный альбинизм), желтоватой или розоватой (монотипный или политипный в перечисленных комбинациях – неполный, мозаичный альбинизм). В зависимости от степени отсутствия или нарушения пигментации выделяют: полный или частичный альбинизм; лейцизм – беловатая окраска, но глаза обычно нормальные или черные; ксантизм – желтая пигментация; эритризм – красная или оранжевая пигментация и др. Если же исключается влияние ксантофор (эритрофор) при нормальном проявлении и работе других хроматофоров, то лягушки окрашены в голубой цвет.

Однако возможны мозаичные или комбинированные варианты, наиболее часто встречающиеся в селекции террариумных экзотов, как правило, генетически обусловленные. Например, экспериментально было установлено на леопардовой лягушке *Rana pipiens*, что генетическая природа у альбиносов может быть разная [Browder, 2005]. Среди всех известных случаев, связанных с аномальными проявлениями пигментации кожных покровов у амфибий, в литературе наиболее часто описаны альбиносы [Brannon, 2006; Browder, 2005; Federighi, 1938; Smallcombe, 1949; и др.]: *Rana*

*pipiens*, *Bufo a. americanus*, *Melanophryniscus montevidensis*, *Rana catesbeiana*, *Rana boylei*, *Rana temporaria*, *Rana boylei*, *Leptodactylus ocellatus*, *Odontophrynus occidentalis*, *Phrynohyas mesophaea*, *Tomopterna cryptotis*, *Elachistocleis carvalhoi*, *Lithobates palmipes*.

Чаще всего наблюдаются аномальные варианты окраски у представителей комплекса зеленых лягушек (*Pelophylax esculentus* complex). Так, редкие цветовые варианты у лягушек Украины известны еще с начала XX в. В 1913 г. на территории Киева, в разливе Днепра, был найден альбинос годовик *Rana esculenta* (таксономический статус не известен) персиково-желтого цвета [Шарлемань, 1917]. Подобный экземпляр (сеголетка) был найден осенью 1999 г. в с. Ядуты (Черниговская обл.): золотисто-желтого цвета без какого-либо рисунка, таксономический статус неутончен – или гибрид, или прудовая лягушка [Сурядна, 2001]. Также в окрестностях Ужгорода было найдено 2 экз. озерной лягушки – фон тела обеих особей ярко золотисто-желтый, присутствует рисунок [Куртяк, Крулько, 2007]. В России был найден сеголетка прудовой лягушки светло-желтого цвета в Московской обл., Домодедовский р-н, окр. п. Востряково [Кузьмин, 1999]. Сообщается об альбинизме (неполном) у прудовой лягушки в Хоперском государственном заповеднике (Новохоперский р-н, Воронежская обл.) [Лада и др., 2008]. В 2006–2007 гг. 4 экз. (один взрослый самец и три годовика) были пойманы в оз. Ульяновское близ с. Варварино. Все они были неполными альбиносами: имели незначительную темную пигментацию на дорсальной стороне и темные глаза (лейцизм). Доля этих альбиносов составляла 2,08 % среди прудовых лягушек *Pelophylax lessonae* (Camegano, 1882) и 0,95 % среди особей всех трех видов зеленых лягушек [Лада и др., 2008].

При прижизненном изучении комплекса зеленых лягушек *Pelophylax esculentus* complex нами на протяжении 18 лет (1996–2013) наблюдалось аномальное проявление фоновой окраски дорсальной части тела – от голубого до синего цвета. Этот тип окраски встречается очень редко и с возрастом не пропадает. Нами такое аномальное проявление окраски было зарегистрировано в четырех популяциях. Так, в 2001 г. был найден половозрелый самец озерной

лягушки *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) длиной тела 73 мм, он имел голубую окраску спины, задняя часть тела и конечностей были зеленого цвета. Диапазон изменений указанного выше цвета лягушки зависел от температурного режима и варьировал от светло-голубого при нагреве на солнце до темно-синего при охлаждении до +5 °С. По данным электрофореза этот экземпляр имел гомозиготный аллель по локусу *Ldh-B* – R<sub>f</sub>/R<sub>f</sub> [Некрасова, 2002]. При содержании пойманного экземпляра озерной лягушки более полугода в акватеррариуме лаборатории Института зоологии никаких изменений окраски не наблюдалось. В 2000 г. бирюзовый цветовой вариант наблюдался у прудовой лягушки, найденной на р. Удай (с. Духово, Лубенский р-н, Полтавская обл., *n* = 27 экз.). Кожа была повреждена, и, видимо, причиной этого были агенты биологической природы. В конце июля 2005 г. также на этой речке (п. Гурбинцы, Пирятинский р-н, Полтавская обл., колл. Редчук П.) была найдена голубая прудовая лягушка с характерным для этого вида рисунком (дорсо-медиальной полосой, 5–6 черными дорсальными пятнами) и коричневыми конечностями. Но самым уникальным случаем была находка в популяционной системе зеленых лягушек REL-типа (все представители комплекса), найденных в п. Згуровка (Яготинский р-н, Киевская обл.) в весенне-осенний период 2010–2011 гг., где лягушек, имеющих частично (мозаично) голубой окрас дорсальной стороны тела, встречалось до 16,7 % (*n* = 60 экз.), при этом присутствовал видоспецифичный рисунок, как и в предыдущих случаях. Причем голубой окрас наблюдался у всех трех представителей комплекса зеленых лягушек: прудовой, озерной и их гибрида. Необходимо отметить, что бирюзово-зеленый оттенок дорсальной части тела наиболее часто встречается у гибридов *P. kl. esculentus* (Linnaeus, 1758) Киевской области (например, п. Козинка, 2001 г.) в зависимости от температурного режима, но этот оттенок никогда полностью не переходит в голубой цвет. Однако химические вещества и другие агенты, попадающие в воду при загрязнении, могут также во время морфогенеза амфибий влиять на работу хроматофор и провоцировать изменения окраски, так как кожные покровы у амфибий очень чувствительны к составу воды.

Таким образом, подобные аномальные проявления, возможно, объясняются воздействием различных факторов – физических, химических и биологических, безусловно, связанных с состоянием водно-болотных биотопов. А состояние популяций амфибий и их морфологические показатели можно использовать для биоиндикации окружающей среды и прогнозировать возможные ее изменения [Некрасова, 2007; 2013].

### Библиографические ссылки

Бриттон Г., 1986. *Биохимия природных пигментов*. М. : Мир. 422 с.  
Кузьмин С. Л., 1999. Земноводные бывшего СССР. М. : Тов-во науч. изд. КМК. 298 с.

Куртяк Ф. Ф., Крулько Л. В., 2007. Рідкісне забарвлення озерних жаб, *Rana ridibunda* (Amphibia, Ranidae), з околиць м. Ужгород // Науковий вісник Ужгородського університету. Вип. 21. С. 62. (Сер. Біологія).

Лада Г. А., Моднов А. С., Резванцева М. В., Кулакова Е. Ю., Гончаров А. Г., Аксенов Д. С., 2008. Альбинизм у прудової лягушки (*Rana lessonae* Camerano, 1882) в Хоперском заповіднику (Новохоперський район Воронежської області) // Современная герпетология. Т. 8, № 1. С. 58–61.

Некрасова О. Д., 2002. Редкий цветовой вариант окраски озерной лягушки, *Rana ridibunda* (Amphibia, Ranidae), найденной в Киеве // Вестн. зоологии. Т. 36, № 3. С. 80.

Некрасова О. Д., 2007. Оцінка стану навколишнього середовища за допомогою видів-біоіндикаторів на прикладі амфібій // Сучасні проблеми біології : зб. Міжнар. конф. Запоріжжя. С. 184–186.

Некрасова О. Д., 2008. Класифікація аномалій бесхвостих амфібій // Праці Українського Герпетологічного товариства. Київ : Зоомузей ННПМ НАН України. № 1. С. 55–58.

Некрасова О. Д., 2013. До використання морфологічних особливостей зелених жаб на прикладі *Pelophylax ridibundus* (Amphibia, Ranidae) Кілійського гирла // Актуальні проблеми дослідження довкілля : зб. наук. праць за матеріалами V Міжнародної наукової конференції (23–25 травня 2013 р., м. Суми). Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка. Т. 1. С. 208–211.

Сурядна Н. М., 2001. Про знахідку жаби (Amphibia, Ranidae) незвичайного забарвлення з території України // Вестн. зоологии. Т. 35, № 2. С. 74.

Терентьев П. В., 1950. Лягушка. М. : Совет. наука. 354 с.

Шарлемань Э. В., 1917. Заметка о фауне пресмыкающихся и земноводных окрестностей Киева // Материалы, к познанию фауны юго-западной России. Т. 2. Киев. С. 8–17.

Brannon M. P., 2006. *Bufo a. americanus* (Eastern American Toad). Leucism. // Herpetol. Rev. Vol. 37, Nr 3. P. 333–334.

Browder L. W., 2005. Genetic and embryological studies of albinism in *Rana pipiens* // J. Exp. Zool. Vol. 180, Nr 2. P. 149–155.

Federighi H., 1938. Albinism in *Rana Pipiens* (Shreber). Ohio // J. Sci. Vol. 38, Nr 1. P. 37–40.

Johnston G. R., 2006. *Scaphiopus holbrookii holbrookii*, Albinism // Herpetol. Rev. Vol. 37, Nr. P. 211–212.

Smallcombe W. A., 1949. Albinism in *Rana temporaria* // J. Genetics. Vol. 49, Nr 3. P. 286–290.

## DIVERSITY AND FREQUENCY OF AMPHIBIAN ANOMALIES IN SEMI-NATURAL AND ANTHROPOGENIC HABITATS IN THE CARPATHIAN BASIN

**M. Puky**

MTA Centre For Ecological Research, Danube Research Institute  
(Göd, Hungary)

*Amphibian anomalies have been reported for a long time, with the first description dating back to the eighteenth century, when Vallisneri described an individual with five legs in Italy (1733). In recent times mass deformities have been the focus of herpetological research in the Northern Hemisphere for various reasons (pollution: see e. g. Flyaks, Borkin, 2004, parasite infection: see e. g. Johnson, Hartson, 2009, urban effects: see e. g. Vershinin, 1989).*

*Аномалии амфибий отмечаются исследователями в течение продолжительного периода времени – первые упоминания относятся к XVIII в., когда Vallisneri описал особь с пятью ногами в Италии (1733). В последнее время массовые аномалии находятся в центре внимания герпетологических исследований в северном полушарии по различным причинам (загрязне-*

ние: см., напр., Flyaks, Vorkin, 2004; паразитарная инфекция: Johnson, Hartson, 2009; влияние урбанизации: Vershinin, 1989).

Recording amphibian anomalies started with describing specimens with large additive body parts (i. e. legs) in the Carpathian Basin. The first note was published in 1910 by Méhely describing a *Hyla arborea* individual with five legs. It was followed by a more detailed paper on a *Pelophylax (Rana) esculentus* specimen by Dely five decades later (1960), who suggested it was the result of unsuccessful predation during the tadpole phase.

Individual observations on amphibian anomalies have become more frequent from the 1990s. As there was no such methodological description, a survey protocol based on 12 years of field experience was also developed [Fodor, Puky, 2002]. In contrast to only one deformity type recorded from two individuals of two species previously, 13 deformity types were described in 13 taxa and mass events were also detected and analysed from 1994. In recent years professional observations are even complemented by citizen science participants in this field. In the «Watch, create, improve» Carpathian Basin Amphibian and Reptile Photo Data Collection System [Tóth, Puky, 2012], for example, an anophthalmic *Pelobates fuscus* was recorded from Slovakia (Figure).

Approximately 80 % of all deformities described occurred along the Rivers Danube, Ipoly and Tisza [Puky, Fodor, 2002].

The detailed study of amphibian anomalies has also become more intensive from the end of the 1990<sup>s</sup> in the Carpathian Basin. A very recent example is the work of Mester et al. (2013), who investigated the health status of amphibians in a highly protected semi-natural area, the Egyek-Pusztakócs marsh system, in the Hortobágy National Park, Hungary. They investigated over 5,200 individuals and found a low frequency of anomalies (18 cases in total). Anomalies occurred in three strongly water-bound taxa, the *P. esculentus* complex, *Bombina bombina* and *Triturus dobrogicus*, while they could not find anomalies in another six species [Mester et al., 2013]. Ectromely was present in 60 % of the cases mainly in juvenile anurans (*Bombina bombina*, *Pelophylax esculentus* complex). Among deformed newts (*Triturus dobrogicus*) one with a duplicated tail was caught, which is a very rare morphological



*Pelobates fuscus* with a missing eye from Lucenec, Slovakia, data collected through the «Watch, create, improve» Carpathian Basin Amphibian and Reptile Photo Data Collection System (Photo: Péter Kalmár)

anomaly [Henle et al., 2012]. Because in all other cases limb or tail reductions were recognised, the observed anomalies may be caused by predators, such as birds or fish, which can be abundant in the Egyek-Pusztakócs marsh system.

Similar results were also found in Romania, where a *Pelobates fuscus* population breeding in a mosaic of permanent and temporary ponds and puddles was investigated near Cluj-Napoca for three years [Székely, Nemes, 2003]. Out of 244 individuals, three toads presented polyphalangy, 8 toads were missing 10 toes, and three were missing the lower portion of their arms. Apart from these observations, two male toads presented anophthalmia, which sums up in an anomaly frequency well below 10 %.

From the early 1990s the frequency of amphibian anomalies was often well above the 2 % background value worldwide, frequently reaching 10–30 % in the 1990s and 2000s with occasional findings up to 69–80 % due to e. g. severe pesticide pollution, urban effects, etc. [Dubois, 1979; Quellet et al., 1997; Vershinin, 1989].



Mass anomalies (up to a frequency of 71 %) also occurred in the Carpathian Basin. In the Gemenc floodplain of the Danube, Hungary, the frequency was over 3 % in several species over several years. In two cases the length and weight of juveniles showing anomalies were also significantly shorter and lighter ( $p < 0,01$ ) than those of healthy individuals [Puky, 2006] in the floodplain. Such events were only recorded when the Danube flooded the area, which emphasises the importance of the water in the process.

Since the 1990<sup>s</sup> amphibian anomalies have been recognised more frequently in the Carpathian Basin than previously. This phenomenon stresses the importance of further studies, especially on floodplains.

### Acknowledgements

The author thanks all co-workers who participated in the collection and analysis of data during the last two decades.

### References

*Dely O. Gy.*, 1960. Une Grenouille verte (*Rana esculenta* L.) á cinq extrémités // Vertebrata Hungarica. Vol. 2, Nr 1. P. 41–48.

*Dubois A.*, 1979. Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana «esculenta»* complex (Amphibia, Anura) // Mitt. Zool. Mus. Berlin. Vol. 55. P. 59–87.

*Flyaks N. L., Borkin L. J.*, 2004. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // Applied Herpetology. Vol. 1. P. 229–264.

*Fodor A., Puky M.*, 2002. Herpetological methods: II. Protocol for monitoring amphibian deformities under temperate zone conditions // Opuscula Zoologica. Budapest. Vol. 34. P. 45–52.

*Henle K., Mester B., Lengyel Sz., Puky M.*, 2012. A review of a rare type of anomaly in amphibians, tail duplication and bifurcation, with description of three new cases in European species (*Triturus dobrogicus*, *T. carnifex*, and *Hyla arborea*) // J. of Herpetology. Vol. 46, Nr 4. P. 451–455.

*Johnson P. T. J. & Hartson R. B.*, 2009. All hosts are not equal: explaining differential patterns of malformations in an amphibian community // J. Anim. Ecol. Vol. 78. P. 191–201.

*Méhely L.*, 1910. Ötlábú leveli béka // Természettudományi közlöny. Vol. 42, Nr 516. P. 780.

Mester B., Lengyel Sz., Puky M., 2013. Occurrence of amphibian deformities in the Egyek-Pusztakócs marsh and grassland system (Hortobágy) // Programme & Abstracts Book of the 17<sup>th</sup> European Congress of Herpetology. 22–27 August 2013. Veszprém, Hungary. P. 147.

Puky M., 2006. Amphibian deformity frequency and monitoring methodology in Hungary // FROGLOG. Vol. 74. P. 3–4.

Puky M., Fodor A., 2002. Occurrence of amphibian deformities along the Hungarian section of the River Danube, Tisza and Ipoly // Limnological Reports of the International Association for Danube Research. Vol. 34. P. 845–852.

Quellet M., Bonin J., Rodrigue J., Desgranges J.-L., Lair S., 1997. Hindlimb deformities (ectromely, ectrodactyly) in free living anurans from agricultural habitats // J. Wildl. Dis. Vol. 33. P. 95–104.

Székelly P., Nemes Sz., 2003. The incidence of mutilations and malformations in a population of *Pelobates fuscus* // Russ. J. of Herpetology. Vol. 10, Nr 2. P. 145–148.

Tóth M., Puky M., 2012. Herpetológiai adatgyűjtés önkéntesek fotói alapján a Kárpát-medencében: előzetes eredmények // Természetvédelmi Közlemények. Vol. 18. P. 499–505.

Vallisneri A., 1733. Opere fisico-mediche. Venezia (Venice). 551 p.

Vershinin V. L., 1989. Morphological anomalies in urban amphibians // Ékologia. Vol. 3. P. 58–66.

## **TAIL LOSS AND ANOMALY IN *ZOOTOCA VIVIPARA* AND *LACERTA AGILIS* IN HUNGARY**

**M. Puky<sup>1</sup>, S. Z. Faggyas<sup>2</sup>, B. Mester<sup>3</sup>, P. Bíró<sup>4</sup>, É. Ács<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MTA Centre for Ecological Research, Danube Research Institute  
(Göd, Hungary)

<sup>2</sup>Kiskunság National Park Directorate (Kecskemét, Hungary)

<sup>3</sup>University of Debrecen, Department of Ecology (Debrecen, Hungary)

<sup>4</sup>MTA Centre for Ecological Research, Balaton Limnological Institute  
(Tihany, Hungary)

*An article concerned with tail's morphological anomaly that was founded between *L. agilis* from different regions of Hungary. No anomalies in *Z. vivipara* sampled were found.*

Статья посвящена морфологической аномалии хвоста, обнаруженной среди выборок *L. agilis* из разных регионов Венгрии. Ни одной аномалии среди выборок *Z. vivipara* не отмечено.

The study and conservation of ecological, morphological and genetic diversity of key organisms both in biodiversity hotspots and human influenced landscape is an important task at the beginning of the 21<sup>st</sup> century. The Eurasian common lizard, *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823), is the lizard with the largest distribution area on Earth [Schmidler, Böhme, 2011] with several subspecies/clades, some with extremely large, others with more limited distribution areas. Its investigation dates back to the 1920s in Hungary [Fejérváry, 1923], where several *Z. vivipara* clades exist in different parts of the country. The study of their karyology and phylogenetic relationships started in the 2000s [Odierna et al., 2004; Surget-Groba et al., 2006] together with its conservation implications [Puky et al., 2004], which is supplemented by further and more detailed genetic, morphological and ecological investigations in recent years. As part of the study, the health status of the investigated individuals is checked. Besides *Zootoca vivipara*, *Lacerta agilis* inhabiting the same sites were also investigated morphologically. This article summarises results related with tail regeneration and anomalies.

In 2011–2013 *Zootoca vivipara* and *Lacerta agilis* was sampled in different regions of Hungary. Samples were collected from eight locations. Over a hundred individuals were examined. Individuals with additive anomalies were X-rayed.

Reptile anomalies are known for long especially that of the tail as many lizards are able to voluntarily shed their tails as a strategy to escape predation including both species studied and this process can lead to different anomalies. In the present study tail loss was recorded with a frequency over 26 % with *Z. vivipara* but no anomalies were found. A very similar frequency was found with *L. agilis*. One *Lacerta agilis* individual also showed a tail anomaly (figure). It was an adult female with a 6,83 cm body and 5,85 cm tail length and a 7,15 g weight. In the middle section of the tail (2,64 cm from its base) a 0,54 cm outgrowth was present. No bony structure was found in the outgrowth. On the basis

of digital X-ray investigations it may be related to a previous shed of the tail and its improper regeneration.



*Lacerta agilis* with an improper regeneration of the tail from Ökördi-láp.  
Kiskőrös, Hungary (Photo: Miklós Puky)

### **Acknowledgements**

This study was supported by the Hungarian National Research Fund (OTKA-NKTH CNK 80140). We thank Zsuzsanna Horváth, Tímea Mechura, Mónika Szalai, Sándor Kéthelyi-Nagy, András Máté, Mihály Tóth, Balázs Velekei for their participation in the fieldwork, Simon Ízing and Sándor Tacsí for X-raying and explaining the veterinary background of the phenomenon discussed above.

## References

*Fejérváry G. J.*, 1923. Note préliminaire sur le lézard vivipare (*Lacerta vivipara* Jacq.) de la Grande Plaine Hongroise // Ann. Mus. Nat. Hung. Vol. 20. C. 166–171.

*Odierna G., Aprea G., Capriglione T., Puky M.*, 2004. Chromosomal evidence for the double origin of viviparity in the European common lizard, *Lacerta (Zootoca) vivipara* // Herpetological J. Vol. 14. P. 157–160.

*Puky M., Hajdu Á., Surget-Grouba Y., Heulin B., Odierna G.*, 2004. Fajvédelmi programok létjogosultsága és feladatai Magyarországon: az elevenszülő gyík (*Zootoca vivipara* Mayer & Bischoff, 1996) vizsgálatának eredményei és tanulságai // Természetvédelmi Közlemények. Vol. 11. P. 411–418.

*Schmidtler J. F., Böhme W.*, 2011. Synonymy and nomenclatural history of the Common or Viviparous Lizard, by this time: *Zootoca vivipara* (Lichtenstein, 1823) // Bonn Zoological Bulletin. Vol. 60(2). P. 214–228.

*Surget-Groba Y., Heulin B., Guillaume C.-P., Puky M., Semenov D., Orlova V., Kupriyanova L., Ghira I., Smajda B.*, 2006. Multiple origins of viviparity or reversal from viviparity to oviparity? The European common lizard (*Zootoca vivipara*, Lacertidae) and the evolution of parity // Biological J. of the Linnean Society. Vol. 87. P. 1–11.

## **ВСТРЕЧАЕМОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В ПОПУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК (*PELOPHYLAX FITZINGER*, 1843) С СЕВЕРО-ВОСТОКА АРЕАЛОВ**

**А. О. Свинин**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

## **THE OCCURRENCE OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN GREEN FROGS POPULATION SYSTEMS (*PELOPHYLAX FITZINGER*, 1843) FROM THE NORTH-EASTERN PART OF THE AREAS**

**A. O. Svinin**

Kazan (Volga Region) Federal University

*In 2007–2013, a total of 754 specimens were investigated from 15 localities situated in Mari El Republic and southern part*

of Kirovskaya Province (north-eastern part of the *Pelophylax* areas). We observed 4 types of morphological anomalies among specimens of marsh frog (polyphalangy, asymmetric and symmetric cases of polydactyly, brachidactyly), and 4 types of morphological anomalies among specimens of pool frog (polyphalangy, asymmetric and symmetric cases of polydactyly and depigmentation of iris). Abnormal specimens weren't found among hybrids. The occurrence of abnormal adult specimens in population systems was 1,75–7,7%. Morphological anomalies were found in population systems of 3 types (R-, L- and REL-) from 5 localities.

В 2007–2013 гг. были обследованы 754 особи из 15 локалитетов Республики Марий Эл и южной части Кировской области (северо-восточная часть ареала *Pelophylax*). Нами отмечены 4 варианта морфологических аномалий у особей озерной лягушки (полифалангия, асимметричные и симметричные случаи полидактилия, брахидактилия) и 4 варианта морфологических аномалий у особей прудовой лягушки (полифалангия, асимметричные и симметричные случаи полидактилия и депигментация радужной оболочки). Аномальные особи не были отмечены среди гибридов. Встречаемость аномальных взрослых особей в популяционных системах составила 1,75–7,7%. Морфологические аномалии были обнаружены в популяционных системах 3 типов (R-, L- и REL-) из 5 населенных пунктов.

Большинство исследований по морфологическим аномалиям у зеленых лягушек (*Pelophylax Fitzinger*, 1843), проведенных на территории Среднего Поволжья, не включали гибридных *Pelophylax esculentus* [Закс, 2008; Спирина, 2007; 2009; Файзулин, 2012] либо в них рассматривалась объединенная выборка с родительскими видами [Замалетдинов, 2003], поэтому представляется интересным сравнение встречаемости морфологических аномалий у гибридов и родительских видов, обитающих синтопично.

Целью настоящей работы было определение встречаемости аномалий в популяционных системах зеленых лягушек. Для осуществления цели были поставлены задачи: выявить количественные показатели встречаемости аномалий для гемиклональных популяционных систем (ГПС) и разных типов местообитаний.

Исследования были проведены в 2007–2013 гг. в Республике Марий Эл и на юге Кировской области, относящихся к северо-восточной границе ареалов исследуемых видов. Всего изучено 754 особи зеленых лягушек из 15 локалитетов. Все местообитания были разделены на две группы: 1) территории, находящиеся в поселке или их черте (11 локалитетов); 2) территории в черте и окрестностях Йошкар-Олы (4 локалитета).

Изучено 7 популяционных систем R-типа: п. Верхний Ушнур (4 ad., 20 juv.), п. Ронга (13 juv.), п. Советский (13 ad.), п. Малое Шарыгино (75 ad.), лесопарк «Сосновая роща» (64 ad.), микрорайон «Чихайдарово» (75 ad., 10 juv.) и пруд за микрорайоном «Тарханово» (18 ad.) в черте Йошкар-Олы; 3 чистые популяционные системы L-типа: п. Кучки (10 ad., 25 juv.), микрорайон «Заречный» Йошкар-Олы (25 ad.), п. Лавровка (10 ad.); 3 популяционные системы LE-типа: п. Кугуван (155 ad. *P. lessonae*, 29 ad. *P. esculentus*), п. Ошламучаш (10 ad. *P. lessonae*, 6 ad. *P. esculentus*), п. Краснооктябрьский (12 ad. *P. lessonae*, 8 ad. *P. esculentus*); 2 популяционные системы REL-типа: п. Шушер (10 ad. *P. ridibundus*, 13 ad. *P. esculentus* и 57 ad. *P. lessonae*) и п. Чермышево (31 ad., 29 juv. *P. ridibundus*, 19 ad. *P. esculentus* и 13 ad. *P. lessonae*).

Таксономическая принадлежность части особей (22 % *P. lessonae*, 55 % *P. esculentus* и 17 % *P. ridibundus*) была определена с помощью проточной ДНК-цитометрии С. Н. Литвинчуком и Ю. М. Розановым (Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург), в остальных случаях определение проводилось по морфологическим признакам.

Тип аномалии устанавливался по классификации О. Д. Некрасовой [Некрасова, 2008]. В качестве количественных показателей были использованы параметры, обсуждаемые в статье Л. Я. Боркина и соавторов [Боркин и др., 2013]: процент аномальных особей ( $P_{as}$ ), встречаемость типов аномалий ( $A_p$ ), индивидуальный ( $S_{ai}$ ) и общий ( $S_{ap}$ ) спектр аномалий.

Морфологические аномалии были найдены в 5 местообитаниях: в микрорайонах «Чихайдарово» и «Заречный» Йошкар-Олы, окрестностях п. Кучки, п. Шушер и п. Чермышево. На территории поселков аномалии обнаружены в 3 из 11 местообитаний, в черте города аномалии отмечены в 2 местообитаниях из 4.

В микрорайоне «Чихайдарово» у взрослых особей озерной лягушки обнаружены 2 экз. с асимметричной полифалангией на I и V пальцах задней и на III пальце передней конечностей, 1 особь с брахидактилией на левой передней конечности ( $P_{as} = 5,3 \%$ ); у двух сеголеток найдены асимметричная полифалангия (I палец) и симметричная полидактилия (I палец) на задних конечностях ( $P_{as} = 20,0 \%$ ).

У прудовой лягушки в микрорайоне «Заречный» Йошкар-Олы отмечены симметричный и асимметричный случаи полидактилии на I пальце задних конечностей ( $P_{as}$  для взрослых = 7,4 %). В окрестностях п. Кучки (пункт утилизации твердых бытовых отходов) у сеголеток этого же вида встречены асимметричная полидактилия (I палец) и отсутствие радужной оболочки глаз ( $P_{as}$  для сеголеток = 8,0 %).

В п. Шушер (заповедник «Большая Кокшага») встречена одна аномальная особь прудовой лягушки ( $P_{as}$  для прудовой лягушки = 1,75 %), несущая две аномалии ( $S_{ai} = 2$ ; симметричная полидактилия, асимметричная полифалангия); две симметричные полидактилии (I палец задних конечностей) встречены у обоих родительских видов в Чермышевском водохранилище ( $P_{as}$  для озерной = 3,2 %;  $P_{as}$  для прудовой = 7,7 %).

Таким образом, как для озерной лягушки, так и для прудовой отмечены четыре типа аномалий ( $S_{ap} = 4$ ), однако их спектры различаются: только для прудовой характерно отсутствие радужной оболочки глаза, а для озерной – брахидактилия. Все обследованные нами гибриды *P. esculentus* не имели морфологических аномалий.

Морфологические аномалии были отмечены в трех типах ГПС: чистые системы R- и L-типа и смешанные популяционные системы REL-типа. При этом:

1) морфологические аномалии найдены в чистых популяциях родительских видов, населяющих местообитания второй группы (и д. Кучки первой группы);

2) ГПС REL-типа, в которых отмечены аномальные особи, населяли местообитания, относящиеся к первой группе;



3) большинство аномалий, отмеченных в ГПС REL-типа, были отнесены к симметричной полидактилии.

Появление аномальных особей в чистых ГПС (R- и L-типа) может быть связано с увеличивающимся к черте города влиянием антропогенных факторов, среди которых можно отметить химическое загрязнение среды (сброс в водоемы промышленных и бытовых отходов). Наблюдаемые аномалии в смешанных популяционных системах REL-типа могут быть связаны с усиливающейся конкуренцией за ресурсы и давлением отбора, вызванными появлением третьего синтопичного вида, снижением численности родительских видов за счет гибридогенеза и возрастанием вероятности инбридинга.

### **Благодарности**

Выражаю искреннюю благодарность С. Н. Литвинчуку и Ю. М. Розанову (Санкт-Петербург) за идентификацию лягушек методом точной ДНК-цитометрии, а также С. Н. Литвинчуку, В. И. Казакову и П. А. Селезневу за помощь в сборе материала.

### **Библиографические ссылки**

*Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н.*, 2013. Оценка встречаемости морфологических аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

*Закс М. М.*, 2008. О морфологических аномалиях зеленых лягушек (*Rana ridibunda*, *R. lessonae*) г. Пензы // Изв. ПГПУ им. В. Г. Белинского. Пенза. № 10 (14). С. 63–65.

*Замалетдинов Р. И.*, 2003. Экология земноводных в условиях большого города (на примере г. Казани) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань. 23 с.

*Некрасова О. Д.*, 2008. Классификация аномалий бесхвостых амфибий // Праці Українського герпетологічного товариства. Київ. № 1. С. 55–58.

*Спирина Е. В.*, 2007. Амфибии как биоиндикационная тест-система для экологической оценки водной среды обитания : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск. 23 с.

*Спирина Е. В.*, 2009. Морфологические аномалии *Rana ridibunda* Pall. как индикаторы качества окружающей среды // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. Т. 1, № 21. С. 228–230.

Файзулин А. И., 2012. Встречаемость и разнообразие морфологических аномалий популяций озерной лягушки (*Anura, Amphibia*) Среднего Поволжья // Изв. Самар. науч. центра РАН. Т. 14, № 5. С. 150–154.

**СПЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ И ГИСТОХИМИЧЕСКИЙ  
АНАЛИЗ ТКАНЕЙ ГОЛОВАСТИКОВ  
ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA TEMPORARIA L.*),  
РАЗВИВАВШИХСЯ В УСЛОВИЯХ  
ИМИТАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ И ЖЕЛЕЗОМ**

**Е. А. Северцова, Д. Р. Агильон-Гутierrez,  
А. И. Никифорова, А. А. Кормилицин**

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

**SPECTROCHEMICAL AND HISTOCHEMICAL  
ANALYSIS OF COMMON FROG (*RANA TEMPORARIA L.*)  
TADPOLES TISSUES, DEVELOPED UNDER EFFECT  
OF LED AND IRON POLLUTION IMMITATION**

**E. A. Severtsova, D. R. Agilon-Gutierrez,  
A. I. Nikiforov, A. A. Kormilitsin**

Moscow State University named after M. V. Lomonosov

*A series of experiments was set to simulate water pollution and lead containing alloys containing iron and development in such circumstances tadpoles grass frog *Rana temporaria L.* tadpoles Spectrochemical tissue analysis revealed a tendency to accumulate iron and lead. Histochemical analysis showed a positive reaction to the presence of compounds of iron in the liver and intestine tadpoles. As histochemical and spectrochemical methods showed that the main source of income of the metal ions in the body nutritional tadpoles. In tadpoles no effective mechanism for removal of metal ions, but there is a mechanism for mitigating the damaging effect – accumulation in specific cells, macrophages.*

*Была поставлена серия экспериментов по имитации загрязнения водоема свинецсодержащими и железосодержащими сплавами и развитию в таких условиях головастиков тра-*

вяной лягушки *Rana temporaria* L. Спектрохимический анализ тканей головастиков выявил тенденцию к аккумуляции железа и свинца. Гистохимический анализ показал положительную реакцию на наличие соединений железа в печени и кишечнике головастиков. Как гистохимический, так и спектрохимический методы показали, что основной источник поступления ионов металлов в организм головастиков алиментарный. У головастиков нет эффективного механизма выведения ионов металлов, но есть механизм, смягчающий поражающее действие, – накопление в специфических клетках-макрофагах.

Изучение влияния ионов тяжелых металлов на развитие амфибий проводится в настоящее время довольно широко. Связано это с популярностью поиска методов биоиндикации поллютантов разной химической природы. Однако большинство исследований посвящено изучению влияния растворимых соединений данных металлов на амфибий. Тем не менее загрязнение водоемов, как правило, характеризуется не столько загрязнением растворимых солей, сколько наличием в водоемах металлических конструкций. Личиночные стадии развития амфибий являются эврифагами, питающимися соскребыванием бактериального налета с поверхности подводных частей растений, донных осадков и т. д. Особенности их поведения не исключают возможности соскребывания головастиками с поверхности металлосодержащих конструкций. Основываясь на этих предположениях, нами была поставлена серия экспериментов по имитации загрязнения водоема свинецсодержащими и железосодержащими сплавами и развитию в таких условиях головастиков травяной лягушки *Rana temporaria* L. В качестве источников ионов свинца и железа были выбраны, соответственно, свинцовая дробь и железные гвозди. Параллельно нами поставлены контрольные емкости, развитие головастиков в которых проходило в воде без металлоконструкций. Они были помещены в емкости с водой из природных водоемов, в которых и проходило развитие головастиков до 39-й и до 43-й стадий развития. После достижения этих стадий головастиков фиксировали в 10 % растворе формальдегида для последующих гистологических (патоморфологических) исследу-

дований органов головастика и для спектрохимического анализа тканей животных.

В начале эксперимента и после его окончания был проведен химический анализ воды, показавший, что содержание ионов свинца или железа в воде экспериментальных групп фактически не изменилось. Напротив, спектрохимический анализ тканей головастика выявил тенденцию к аккумуляции железа и свинца. Пятикратные различия в уровне содержания ионов железа в тканях тела головастика наблюдаются на 39-й стадии развития *R. temporaria* контроля и эксперимента. В то же время анализ других тканей головастика выявил неравномерное накопление анализируемых элементов в разных системах организма. Наиболее высокие показатели содержания железа и свинца характерны для кишечника головастика. Концентрация свинца в кишечнике может превышать таковую в теле головастика в 13,15 раз для 43-й стадии развития головастика травяной лягушки. Различия в концентрации ионов железа в кишечнике и в тканях тела не менее существенны и превышают в 11,42 раз у *R. temporaria*. Концентрация железа в печени травяной лягушки была в 5,86 раза выше, чем в тканях тела, но в 1,94 раза меньше, чем в кишечнике. Содержание свинца в печени травяной лягушки в 2,31 раза выше, чем в тканях тела, но в 5,68 раз меньше, чем в кишечнике. Таким образом, наблюдается аккумуляция ионов и железа, и свинца в тканях головастика. По-видимому, основной путь поступления ионов в тело головастика – пероральный. Об этом свидетельствуют и результаты визуального осмотра головастика, показавшего, что кишечник головастика полон частичками металлов ржаво-рыжего цвета у головастика, чье развитие проходило в аквариумах, содержащих железные гвозди, и серебристо-свинцового – при развитии в аквариуме со свинцовыми шариками. Другой возможный путь поступления ионов металлов в организм головастика – через жабры, скорее всего, является маловероятным. С одной стороны, частички металлов могли попасть на жабры при фильтрации воды через ротоглотку, а с другой – результаты спектрохимического анализа показывают, что различия в содержании исследуемых ионов в жабрах контрольной и экспериментальной групп незначимы.

Гистохимический анализ органов и тканей животных контрольной и экспериментальных групп был направлен на определение мест их депонирования в организме головастиков. Согласно исследованию положительную реакцию на наличие соединений железа демонстрируют препараты печени и кишечника головастиков. Депозиты железа в печени головастиков как контрольной, так и экспериментальных групп выявляются в ассоциации с клетками, содержащими черно-бурый пигмент. Наиболее вероятными кандидатами на роль клеток, аккумулирующих соединения железа, являются меланин-содержащие макрофаги, или купферовы клетки печени. В печени они функционируют как макрофаги, а также способны к аккумуляции железа в составе гемоседерина и ферритина. В отличие от пигментсодержащих клеток, гепатоциты, имеющие каноническую морфологию включений железа, выявляемых гистохимически, в цитоплазме не содержат. Окрашивание на железо характерно для отдельных участков тонкого кишечника как экспериментальной, так и контрольной групп головастиков. Однако более интенсивный характер окрашивания стенки кишечника у опытных животных указывает на повышенное поглощение железа в условиях эксперимента. Такие участки включения железа в стенке кишечника могут быть продолжительны, в некоторых случаях можно обнаружить непрерывные линии, что свидетельствует об интенсивном поглощении экзогенного железа из содержимого кишечника головастиков экспериментальной группы. Положительная реакция на наличие соединений железа ассоциирована с апикальной, обращенной к просвету кишечника поверхностью энтероцитов.

Таким образом, и гистохимический и спектрохимический методы показывают, что основной источник поступления ионов металлов в организм головастиков алиментарный. У головастиков нет эффективного механизма выведения ионов металлов, но есть механизм, смягчающий поражающее действие – накопление в специфических клетках-макрофагах. При экстраполяции результатов данного эксперимента на природные условия надо учитывать, что распространение металлов, депонированных в теле головастиков, по пищевой цепи ограничено. Основные хищники, уничтожающие

головастиков – это личинки *Ditistidae* и *Aeshnidae*, которые метаморфизируют и, следовательно, выносят какую-то часть металлов из водоемов. Выносят свою часть и метаморфизировавшие головастики. Однако едва ли этот вынос играет заметную роль в круговороте веществ.

**О МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЯХ  
У ТРИТОНОВ РОДА *LISSOTRITON*  
(*SALAMANDRIDAE*, *CAUDATA*) НА ЗАПАДЕ УКРАИНЫ**

**Н. А. Смирнов**

Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины (Киев)  
Черновицкий областной краеведческий музей

**ABOUT THE MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES  
IN NEWTS OF THE GENUS *LISSOTRITON*  
(*SALAMANDRIDAE*, *CAUDATA*) IN WESTERN UKRAINE**

**N. A. Smirnov**

National Museum of Natural History NAS of Ukraine (Kyiv)  
Chernivtsi Regional Museum

*The results of investigation of morphological abnormalities in newts *Lissotriton montandoni* (964 specimens) and *L. vulgaris* (340 specimens) from Western Ukraine are presented. It is found that percentage of specimens with abnormalities reach on the average 4,98 % for *L. montandoni* and 5,59 % for *L. vulgaris*.*

*Представлены результаты исследования морфологических аномалий у тритонов *Lissotriton montandoni* (964 экз.) и *L. vulgaris* (340 экз.) с Западной Украины. Установлено, что процент особей с аномалиями достигает в среднем 4,98 % у *L. montandoni* и 5,59 % у *L. vulgaris*.*

На западе Украины карпатский, *Lissotriton montandoni* (Boulenger, 1880), и обыкновенный, *L. vulgaris* (Linnaeus, 1758), тритоны являются одними из наиболее многочисленных и широко распростра-

ненных видов амфибий (первый – в горах, второй – на равнине). Они населяют разнообразные биотопы с различной степенью антропогенной нагрузки (от природных до урбанизированных и/или подвергающихся сильной антропогенной трансформации), что делает их перспективными объектами для биоиндикации состояния среды (в частности, по встречаемости и разнообразию морфологических аномалий). Однако в литературе имеются лишь весьма отрывочные сведения о морфологических девиациях в популяциях этих двух видов земноводных на территории Украины. В связи с этим цель нашей работы – дать общее описание внешних морфологических аномалий у рассматриваемых видов.

Материал собран автором во время полевых исследований в 2003–2013 гг., а также при изучении фондовых коллекций зоологических музеев Национального научно-природоведческого музея НАН Украины (ЗМ ННПМ) и Львовского национального университета им. И. Франко (ЗМ ЛНУ); дополнительно использованы данные из литературных источников. В общей сложности на предмет наличия внешних морфологических аномалий автором просмотрено 1304 экз. тритонов (*L. montandoni* – 964, *L. vulgaris* – 340) из Закарпатской, Ивано-Франковской, Львовской и Черновицкой областей Украины.

Согласно полученным результатам встречаемость особей с морфологическими девиациями в объединенных выборках карпатского и обыкновенного тритонов составила 4,98 % (48 особей) и 5,59 % (19 особей) соответственно (таблица).

**Количество особей тритонов с внешними аномалиями  
(учтены выборки свыше 30 экз.)**

| Выборка                              | n  | n <sub>as</sub> | Аномалии |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------|----|-----------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                                      |    |                 | a        | б | в | г | д | e | ж | з | и | к |
| <i>L. montandoni</i>                 |    |                 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| г. Яремче,<br>Ивано-Франковская обл. | 30 | 2               | –        | – | – | – | – | 2 | – | – | – | – |
| пгт. Ворохта, там же                 | 88 | 6               | –        | – | 1 | 2 | – | 1 | – | 2 | – | – |

О к о н ч а н и е   т а б л и ц ы

| Выборка  | $n$ | $n_{as}$ | Аномалии |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|--|-----|----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|  |     |          | $a$      | $b$ | $v$ | $z$ | $d$ | $e$ | $ж$ | $з$ | $и$ | $к$ |   |
| с. Верхний Ясенов,<br>Верховинский р-н, там же                             | 53  | 1        | –        | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | 1   | –   | – |
| с. Зеленое, там же   | 325 | 16       | –        | 1   | –   | 3   | –   | 3   | 4   | 3   | 2   | –   | – |
| с. Красник, там же   | 31  | 2        | –        | –   | –   | –   | –   | 2   | –   | –   | –   | –   | – |
| с. Осмолода,<br>Рожнятовский р-н, там же                                   | 42  | 2        | –        | –   | –   | –   | –   | –   | 2   | –   | –   | –   | – |
| ур. Стебник,<br>окр. пгт. Берегомет,<br>Вижницкий р-н,<br>Черновицкая обл. | 39  | 2        | –        | –   | –   | –   | 1   | –   | 1   | –   | –   | –   | – |
| перевал Шурдин, там же   | 38  | 6        | –        | –   | –   | 1   | –   | 3   | 2   | –   | –   | –   | – |
| с. Лумшоры,<br>Перечинский р-н,<br>Закарпатская обл.                       | 127 | 2        | –        | –   | –   | –   | –   | 1   | –   | –   | 1   | –   | – |
| Обобщенная выборка   | 964 | 48       | 1        | 1   | 1   | 11  | 1   | 14  | 10  | 6   | 3   | –   | – |

*L. vulgaris*

|   |     |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|-----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| пгт. Делятин,<br>Надворнянский р-н,<br>Ивано-Франковская обл. | 65  | 3  | – | – | – | 1 | – | 1 | 1 | – | – | – | – |
| с. Шипинцы,<br>Кицманский р-н,<br>Черновицкая обл.            | 35  | 4  | – | – | – | 2 | – | 2 | – | – | – | – | – |
| г. Сторожинец, там же   | 70  | 2  | – | – | – | – | – | – | 1 | – | – | – | 1 |
| Обобщенная выборка  | 340 | 19 | – | – | – | 6 | 2 | 7 | 2 | 2 | – | – | 1 |

*Примечание:*  $n$  – число изученных особей;  $n_{as}$  – число особей с аномалиями;  $a$  – аномалии окраски;  $b$  – амелия;  $v$  – экстремелия;  $z$  – бронхидактилия;  $d$  – дихотомия конечности;  $e$  – эктродактилия;  $ж$  – полидактилия;  $з$  – синдактилия;  $и$  – дополнительные выросты на пальцах;  $к$  – дихотомия кончика хвоста.



Наши результаты по *L. vulgaris* близки к данным других исследователей (5,1 %), полученным для территории Закарпатья [Литвинчук, Боркин, 2009]. Среди аномалий у *L. montandoni* зарегистрированы (в порядке уменьшения частоты встречаемости): эктродактилия (отсутствие пальцев), брахидактилия (укороченные пальцы), полидактилия (дублирование целых пальцев), синдактилия (срастание пальцев), дополнительные выросты на пальцах, амелия (отсутствие конечности), эктромаелия (отсутствие части конечности), дихотомия конечности (появление дополнительной кисти), аномальная окраска; у *L. vulgaris*: эктродактилия, брахидактилия, дихотомия конечности, полидактилия, синдактилия, дихотомия кончика хвоста.

*Аномалии окраски.* Самка карпатского тритона с желто-кремовой окраской кожи и красными глазами (немозаичный флави́ст и полный альбинос по классификации С. Н. Литвинчука и Л. Я. Боркина (2009)) ранее отловлена в окрестностях с. Кальное Сколевского р-на Львовской области [Гринчишин, 2007]. Указанная особь – единственная из выборки (1,29 %;  $n = 77$ ) имела нетипичную окраску (хранится в коллекции ЗМ ЛНУ, № зх-з 338). Дополнительно указано, что это единственный случай среди приблизительно 1200 особей карпатских тритонов (~0,08 %), которых цитированный автор наблюдал на протяжении 1989–2004 гг. Еще одна взрослая самка карпатского тритона светло-желтого цвета (немозаичный флави́ст) обнаружена нами в окрестностях с. Яблуница Яремчанского городского совета Ивано-Франковской обл. [Там же]. Эта особь оказалась единственной из более чем 2500 особей вида (~0,04 %), которых мы наблюдали в 2003–2013 гг. Впоследствии молодой самец *L. montandoni* (L. = 31,5 мм, L.cd. = 29,3 мм) нетипичной окраски (светло-желтого цвета, с розовыми глазами – немозаичный флави́ст и полный альбинос) обнаружен нами при изучении фондовых коллекций ЗМ ННПМ (№ 1520, с. Майдан, Сколевский р-н, Львовская обл.). Остальные особи из выборки ( $n = 14$ ) имели обычный рисунок и окраску, как и другие просмотренные нами тритоны этого вида из фондов ЗМ ННПМ ( $n = 860$ ). Итак, в настоящее время известно всего три особи *L. montandoni* нетипичной окраски, что составляет приблизительно 0,07 % от общей выборки (около 4560 экз.).

*Амелия.* Зарегистрирован единственный случай отсутствия левой передней конечности у половозрелого самца карпатского тритона из с. Зеленое Верховинского р-на Ивано-Франковской обл. (ЗМ ННПМ, № 461). Это составляет 0,31 % от локальной ( $n = 325$ ) и 0,10 % от суммарной выборки.

*Эктромелия.* Отсутствие кисти на правой задней конечности отмечено у самца карпатского тритона из пгт. Ворохта Ивано-Франковской обл. (ЗМ ННПМ, № 1104), что соответствует 1,14 % от локальной ( $n = 88$ ) и 0,10 % от суммарной выборки.

*Бранхидактилия.* Одна из наиболее часто встречающихся аномалий: обнаружена у 11 особей *L. montandoni* из 7 выборок и 6 *L. vulgaris* из 5 выборок (1,14 % и 1,77 % от объединенных видовых выборок соответственно). Встречаемость в локальных выборках (при  $n > 30$ ) составила 0,92–2,63 % для карпатского тритона и 1,54–5,71 % – для обыкновенного (см. таблицу).

*Дихотомия конечности.* Зарегистрирован один случай (0,10 % от суммарной выборки) появления дополнительной кисти на правой задней конечности у половозрелого самца карпатского тритона из ур. Стебник (окр. пгт. Берегомет Вижницкого р-на Черновицкой обл.) и два случая (0,59 % от обобщенной выборки) у обыкновенного тритона: взрослый самец, правая передняя конечность (парк «Жовтневый», г. Черновцы;  $n = 10$ ) [Смірнов та ін., 2008]; половозрелая самка, локализация та же (ЗМ ННПМ № 2113, Винниковское л-во, окр. г. Львова,  $n = 16$ ).

*Эктродактилия.* Это наиболее часто встречающаяся аномалия, которая обнаружена у 2,06 % *L. vulgaris* (7 особей из 6 выборок) и 1,45 % *L. montandoni* (14 особей из 8 выборок). Встречаемость в локальных выборках (при  $n > 30$ ) составляет соответственно 1,54–5,71 % и 0,79–7,90 % (см. таблицу). По данным С. Н. Литвинчука и Л. Я. Боркина (2009) у обыкновенных тритонов из Закарпатья эктродактилия встречается у 2,97 % особей (7 из 236).

*Полидактилия.* Для *L. montandoni* эта девиация ранее обнаружена О. В. Федонюк (2008) на территории национального природного парка «Сколевские Beskidy» (сведения об общем размере выборки отсутствуют). Нами отмечена у 1,04 % карпатских тритонов

(10 особей из 5 выборок) и 0,59 % обыкновенных тритонов (2 особи из 2 выборок). Близкие результаты получены С. Н. Литвинчуком и Л. Я. Боркиным (2009) – они обнаружили указанную аномалию у одного из 236 (0,42 %) изученных ими обыкновенных тритонов с территории Закарпатья.

*Синдактилия.* Встречается практически с одинаковой частотой у обоих изученных видов (зарегистрирована у 0,62 % *L. montandoni* – 6 особей из 3 выборок и 0,59 % *L. vulgaris* – 2 особи из 2 выборок). Ранее эта аномалия отмечена у обыкновенных тритонов из Закарпатья (3 особи из 236 или 1,27%) [Литвинчук, Боркин, 2009].

*Дополнительные выросты на пальцах.* Обнаружены у 0,31 % карпатских тритонов (3 особи из 2 выборок).

*Дихотомия кончика хвоста.* Раздвоение кончика хвоста отмечено у одного самца из г. Сторожинец Черновицкой обл. (ЗМ ННПМ, № 448). Эта аномалия составила 0,29 % от объединенной и 1,43 % от локальной ( $n = 70$ ) выборки.

Таким образом, у тритонов рода *Lissotriton* на западе Украины обнаружено 10 вариантов морфологических аномалий (*L. montandoni* – 9 и *L. vulgaris* – 6). Наиболее часто у обоих видов встречаются эктродактилия и бранхидактилия, а у карпатского тритона еще и полидактилия; остальные аномалии представлены единичными случаями. Полученные результаты позволяют сделать предварительный вывод, что «фоновая» встречаемость аномалий в западноукраинских популяциях карпатского тритона составляет 1,58–6,82 %, а обыкновенного – 2,86–4,62 %, что вполне согласуется с литературными данными по другим видам хвостатых амфибий Европы [см.: Литвинчук, Боркин, 2009]. Ряд аномалий (в том числе амелия, эктромелия, дихотомия конечности, синдактилия и др.) впервые зарегистрированы у карпатского тритона в ходе проведения настоящего исследования.

### Библиографические ссылки

Гринчишин Т. Ю., 2007. Знахідка флавіста карпатського тритона *Triturus montandoni* (Amphibia, Salamandridae) на Львівщині (Україна) // Вестн. зоології. Т. 41, № 4. С. 314.

Литвинчук С. Н., Боркин Л. Я., 2009. Эволюция, систематика и распространение гребенчатых тритонов (*Triturus cristatus* complex) на территории России и сопредельных стран. СПб. : Европейский дом. 591 с.

Смирнов Н. А., Хлус Л. М., Хлус К. М., Скільський І. В., 2008. Морфологічні екологічні особливості хвостатих земноводних у Чернівецькій області. 2. Звичайний тритон // Запов. справа в Україні. Т. 14, вип. 2. С. 67–74.

Федонюк О. В., 2008. Земноводні та плазуни в лісах Львівщини : дис. ... канд. біол. наук. Львів : НЛУУ. 199 с.

## **АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕСТООБИТАНИЙ БЕСХВОСТЫХ ЗЕМНОВОДНЫХ**

**А. И. Файзулин**

Институт экологии Волжского бассейна РАН (Тольятти)

## **ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES UNDER ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF HABITATS TAILLESS AMPHIBIANS**

**A. I. Fayzulin**

Institute of Ecology of the Volga River Basin Russian Academy of Science  
(Tolyatti)

*On the territory of the Middle Volga region in the 4<sup>th</sup> lake frog populations are marked morphological abnormalities of 10 types of the external structure: polydactyly, polimeliya, ectromelia, ectrodactyly, absence of eyelids, eyes, the aberrations of pigmentation of the iris. We assessed the diversity of abnormalities in the parameters  $j$  and phenotypic diversity  $h$ . Found to increase to 1,65 times, the diversity index of the spectrum of anomalies ( $\mu \pm S\mu$ ) in high antropressii ( $2,50 \pm 0,021$ ), compared to controls ( $1,49 \pm 0,004$ ).*

*На территории Среднего Поволжья в 4 популяциях озерной лягушки отмечены морфологические аномалии 10 типов внешних структур: полидактилия, полимелия, эктромалия, эктродактилия, отсутствие век, глаз, aberrации пигмента-*

ции радужной оболочки. Оценивали разнообразие аномалий с помощью показателя  $\mu$  и параметра фенотипического разнообразия  $h$ . Отмечено увеличение в 1,65 раза индекса разнообразия спектра аномалий ( $\mu \pm S\mu$ ) в случае высокой антропопрессии ( $2,50 \pm 0,021$ ) в сравнении с контрольной группой ( $1,49 \pm 0,004$ ).

Возникновение аномалий у земноводных связано со многими независимыми и взаимодействующими факторами. Отклонения в строении вызывают мутации и взаимодействия генов, химические тератогены, а также повреждения хищников и метацеркарий трематод, вызывающих аномальные регенерации конечностей [Dubois, 1979; Guex et al., 2001] и нарушения морфогенеза позвоночника [Вершинин, Неустроева, 2011]. В условиях высокой антропогенной нагрузки отмечается повышение разнообразия и общей частоты аберраций у амфибий [Вершинин, 1997; 1989; Flax, Borokin, 1997; Machado, Schlüter, 2010]. В Европейской части России наибольшим разнообразием аномалий характеризуется озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* [Файзулин, Чихляев, 2006; Faizulin et al., 2003].

Цель нашего исследования – проанализировать состав, встречаемость и разнообразие морфологических аномалий в популяциях озерной лягушки из различных по степени антропогенного воздействия местообитаний в условиях Среднего Поволжья.

### **Материал и методы**

Уровень антропогенной нагрузки учитывали по уровню нарушения морфогенетического гомеостаза [Чубинишвили, 1998]. Далее нами выделены для исследования следующие локалитеты, которые распределены с учетом возрастания антропогенной нагрузки: I. «Брусяны» – водоемы западной притеррасной части Мордовенской поймы, изолированной от Саратовского водохранилища, 200–500 м южнее с. Брусяны ( $N_{juv} = 98$ ;  $N_{ad} = 70$ ); II. – «Мордово» – восточная центрально-пойменная, занимает большую часть поймы: Кольцовскую воложку, межгривные озера прирусловой части поймы в 200–400 м южнее пос. Мордово ( $N_{juv} = 79$ ;  $N_{ad} = 21$ ); III. – «Кольцово» – пруд оросительной системы, у восточной окраины с. Коль-

цово ( $N_{\text{juv}} = 70$ ;  $N_{\text{ad}} = 14$ ); IV. – «Васильевские острова» – прибрежно-мельководья Васильевских островов Саратовского водохранилища ( $N_{\text{juv}} = 38$ ;  $N_{\text{ad}} = 27$ ). Для акватории у Васильевских островов в Саратовском водохранилище (2–2,5 км ниже устья р. Чапаевки) отмечено превышение ПДК (здесь и далее ПДК указаны для водоемов рыбохозяйственного назначения): в 1995–1996 гг. для легкоокисляемых органических веществ в 2–3 раза, фенолов – в 3–5 раз, фосфора – в 3–9 раз; в 1997 г. для марганца – в 11 раз [Селезнев и др., 1998].

Характеристика встречаемости и разнообразия аномалий приведена по отдельным показателям, предложенным Л. Я. Боркиным и соавторами (2012). Классификация типов аномалий проведена с учетом симметрии их проявления. В качестве показателя разнообразия аномалий нами выбран показатель фенотипического разнообразия  $\mu$  и доля редких фенотипов  $h$  [Животовский, 1982]. Обычно в популяции в качестве нормального фенотипа, рассматривается доминирующий тип строения, без видимых отклонений (93–99 %) ( $p_1$ ). Остальные особи с видимыми отклонениями, возникающими на эмбриональной и личиночной стадиях развития, морфологическими аномалиями включены в группы типов с ненормальным строением ( $p_2 + \dots + p_{m-1}$ ), где  $m$  – число вариантов фенотипа, включая и особей без отклонений (анализируется весь ряд фенотипов, а не только аномальные). Таким образом, данные показатели оценивают одновременно частоту встречаемости и разнообразие аномалий в выборке.

### Результаты и обсуждение

В районе исследования нами обнаружено 10 типов морфологических отклонений (таблица):

1. Полиметрия – развитие дополнительных конечностей. Отмечена в форме развития одного и двух дополнительных конечностей. Одним из факторов, вызывающих полиметрию (массовую), является заражение пояса конечностей метацеркариями трематод [Guex et al., 2001]. Однако по нашим данным [Файзулин, Чихляев, 2006] цисты трематод в зоне развития дополнительных конечностей не обнаружены.

2. Экстремелия – недоразвитие конечностей проявляется асимметрично.

3. Симметричная полидактилия. При рассмотрении проявления аберраций билатеральных признаков симметричные нарушения доминируют при развитии добавочных пальцев — развитие 5-го дополнительного пальца на передних, 6–7-го на задних конечностях. Отмечен случай симметричной полидактилии с развитием дополнительных пальцев на всех конечностях в популяции озерной лягушки, обитающей на территории Мордовенской поймы Саратовского водохранилища (окр. пос. Мордово, Самарской области). В данном географическом пункте симметричная полидактилия является массовой аномалией, которая отмечалась в 1997 г. ( $n = 8$ ;  $5,93 \pm 2,03$ ;  $N = 135$ ).

4. Несимметричная полидактилия. В период исследования отмечена только в районе контроля – популяции «Брусяны». В 1996–1997 гг. регистрировались в пойменных водоемах Мордовенской поймы.

5. Эктродактилия – недоразвитие пальцев. У озерной лягушки отмечена как на передних конечностях в популяции «Брусяны», так и на задних конечностях в популяции «Васильевские острова».

6. Брахидактилия – укороченная длина пальцев. Отмечена во всех популяциях, кроме «Кольцово».

7. Клинодактилия – искривленные пальцы. Редкая аномалия, отмечена единично в популяции «Мордово».

8. Отсутствие (недоразвитие) пяточного бугра. Отмечено только у озерной лягушки в популяции «Кольцово».

9. Циклопия – отсутствие глаз и аномалии – симметричное отсутствие век ( $n = 1$ ;  $0,06 \pm 0,06 \%$ ) и несимметричное отсутствие глаз (недоразвитие), отмечены только у метаморфизирующих сеголетков.

10. Отсутствие зрачка. Редкая аномалия, отмеченная в Волжском бассейне только у озерной лягушки [Файзулин, 2011].

Нами рассмотрены следующие показатели: распределение морфологических аномалий и общая встречаемость особей с аномалиями *Pa*s (см. таблицу).

**Распределение морфологических аномалий  
в районе устья р. Чапаевки**

| Тип аномалии                            | Брусяны         | Мордово         | Кольцово        | Васильевские о-ва |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|   | <i>n/P ± Sp</i> | <i>n/P ± Sp</i> | <i>n/P ± Sp</i> | <i>n/P ± Sp</i>   |
| juv. – сеголетки                        |                 |                 |                 |                   |
| Полимелия <sup>A3</sup>                 | –               | –               | 2/2,86 ± 1,99   | –                 |
| Эктромелия <sup>A3</sup>                | –               | –               | –               | 1/2,63 ± 2,60     |
| Полидактилия <sup>S3</sup>              | –               | 1/1,27 ± 1,26   | –               | 1/2,63 ± 2,60     |
| Полидактилия <sup>A3</sup>              | 1/1,02 ± 1,01   | –               | –               | –                 |
| Эктродактилия <sup>AП</sup>             | 1/1,02 ± 1,01   | –               | –               | –                 |
| Брахидактилия <sup>AП</sup>             | 1/1,02 ± 1,01   | 1/1,27 ± 1,26   | –               | –                 |
| Отсутствие глаз <sup>A</sup>            | –               | –               | 2/2,86 ± 1,99   | –                 |
| Отсутствие зрачка <sup>A</sup>          | –               | –               | 1/1,43 ± 1,42   | 1/2,63 ± 2,60     |
| Рас, %                                  | 3/3,06 ± 1,74   | 2/2,54 ± 1,77   | 5/7,89 ± 3,08   | 3/7,15 ± 4,37     |
| Особи без аномалий                      | 97/96,94 ± 1,74 | 77/97,46 ± 1,77 | 65/92,85 ± 3,08 | 35/92,11 ± 4,37   |
| $\mu$                                   | 1,29 ± 0,17     | 1,21 ± 0,19     | 1,42 ± 0,19     | 1,45 ± 0,26       |
| <i>H</i>                                | 0,68            | 0,59            | 0,64            | 0,63              |
| sad. + ad. – полувзрослые, взрослые     |                 |                 |                 |                   |
| Эктродактилия <sup>A3</sup>             | –               | –               | –               | 1/3,7 ± 3,63      |
| Брахидактилия <sup>A3</sup>             | –               | –               | –               | 1/3,7 ± 3,63      |
| Клинодактилия <sup>A3</sup>             | –               | 1/4,76 ± 4,65   | –               | –                 |
| Отсутствие пяточного бугра <sup>A</sup> | –               | –               | 1/7,14 ± 6,88   | –                 |
| Рас, %                                  | –               | 1/4,76 ± 4,65   | 1/7,4 ± 6,88    | 2/7,14 ± 5,04     |
| Особи без аномалий                      | 70/100 ± 0,00   | 20/95,24 ± 4,65 | 13/92,86 ± 6,88 | 25/92,6 ± 5,04    |
| $\mu \pm S_{\mu}$                       | 1 ± 0,2         | 1,19 ± 0,36     | 1,2 ± 0,44      | 1,35 ± 0,31       |
| <i>H</i>                                | 0               | 0,4             | 0,38            | 0,55              |



## О к о н ч а н и е   т а б л и ц ы

| Тип<br>аномалии                    | Брусяны      | Мордово      | Кольцово     | Васильевские<br>о-ва |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
|                                    | $n/P \pm Sp$ | $n/P \pm Sp$ | $n/P \pm Sp$ | $n/P \pm Sp$         |
| juv. +sad. + ad. – по всей выборке |              |              |              |                      |
| Рas, %                             | 1,79 ± 1,1   | 3,00 ± 1,6   | 7,14 ± 2,8   | 7,69 ± 3,2           |
| μ                                  | 1,49 ± 0,25  | 1,65 ± 0,32  | 2,22 ± 0,34  | 2,50 ± 0,38          |
| <i>H</i>                           | 0,626        | 0,587        | 0,556        | 0,583                |

*Примечание:* А – асимметричное проявление аномалий; S – симметричное проявление аномалий; З – задних конечностей; П – передних конечностей.

Из таблицы видно, что наиболее высокая частота аномалий отмечена в популяции «Васильевские острова» в условиях высокой антропогенной нагрузки. Также высокий уровень встречаемости аберраций – около 7 % – наблюдается в условиях средней антропопрессии в выборке из пруда у с. Кольцово. Различия по частоте встречаемости аномалий не являются статистически достоверными. Распределение общей частоты встречаемости аберраций и изменения величины флуктуирующей асимметрии заметно отличаются, что не позволяет оценивать состояние популяции по данному параметру. Но общая тенденция повышения встречаемости аномалий с ростом антропогенной нагрузки, отмеченная другими исследователями [Вершинин, Неустроева, 2011; Flax, Borkin, 1997], сохраняется.

Из данных таблицы видно, что в условиях высокой антропопрессии выше разнообразие аномалий, чем в условиях средней и низкой антропопрессии. Среди сеголетков высоко разнообразие уродств в пруду в окрестностях с. Кольцово, где личиночное развитие проходит в «экстремальных» условиях – высокой плотности (водоем сильно пересыхает к началу метаморфоза, уровень воды падает на 0,5–0,8 м) и резких перепадах температуры, в отличие от пойменных более крупных водоемов, где водохранилище и растительность формируют благоприятные микроклиматические условия. Достаточно редкая встречаемость особей с аномалиями среди прошедших метаморфоз особей связана с низкой жизнеспособностью особей [Gueh et al., 2001].

Таким образом, в условиях антропогенной трансформации в районе исследования происходит увеличение общей частоты встречаемости аномалий и разнообразия. По опубликованным данным тенденция увеличения разнообразия типов аномалий с повышением антропогенной нагрузки отмечается для городских территорий Екатеринбурга [Вершинин, 1997], а также в промышленных районах восточной Украины [Flax, Borkin, 1997]. Спектр выявленных аномалий в различных локалитетах района исследования существенно отличается. Проявление массовых аномалий – симметричной полидактилии в районе исследования – не связано с антропогенным воздействием, что согласуется с литературными данными [Боркин и др., 2012].

### Библиографические ссылки

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н., 2012. Оценка встречаемости морфологических аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. ин-та РАН. Т. 316, № 4. С. 324–343.

Вершинин В. Л., 1997. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург. 47 с.

Вершинин В. Л., 1989. Морфологические аномалии амфибий городской черты // Экология. № 3. С. 58–66.

Вершинин В. Л., Неустроева Н. С., 2011. Роль трематодной инвазии в специфике морфогенеза скелета бесхвостых амфибий на примере *Rana arvalis* Nilsson, 1842 // Докл. АН. Т. 440, № 2. С. 279–281.

Животовский Л. А., 1982. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам // Фенетика популяций. М. : Наука. С. 38–44.

Селезнев В. А., Цыкало В. А., Сергиенко Т. С., 1998. Содержание марганца в поверхностных водах Самарской области // 10 лет Гос. комитету по охране окружающей среды Самарской области : итоги науч. исслед. Самара : Комитет по охране окружающей среды Самарской области. С. 108–117.

Файзулин А. И., Чихляев И. В., 2006. Морфологические аномалии бесхвостых земноводных (Anura, Amphibia) Среднего Поволжья // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии : сб. науч. тр. Тольятти. Вып. 9. С. 178–182.

Чубинишвили А. Т., 1998. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе Средней Волги // Экология. № 1. С. 71–74.

Borkin L. J., Pikulik M. M., 1986. The occurrence of polymely and polydactyly in natural populations of Anurans of the USSR // Amphibia-Reptilia. Vol. 7, Nr 3. P. 205–216.

Dubois A., 1979. Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana «esculenta»* complex (Amphibia, Anura) // Mitt. Zool. Mus. Berlin. Bd. 55, H. 1. S. 59–87.

Faizulin A. I., Chikhlaev I. V., Trokhimenko N. M., 2003. Occurrences of morphological anomalies in anurans of the Middle Volga region // 12<sup>th</sup> Ordinary General Meeting Societas Europaea Herpetologica (SEH). Abstracts. Saint-Petersburg: Zoological Institute of the RAS. P. 60.

Flax N. L., Borkin L. J., 1997. High of incidence in anurans in contaminated industrial areas (eastern Ukraine) // Herpetologia bonnensis. P. 119–123.

Guex G.-D., Hotz H., Uzzell T., Semlitsch R. D., Beerli P., Pascolini R., 2001. Developmental disturbances in *Rana esculenta* tadpoles and metamorphs // Mitt. Zool. Mus. Berlin. Bd. 77, H. 1. S. 79–86.

Machado C. A., Schlüter K. A., 2010. Polydactyly and polymely in two populations of *Rana temporaria* and *Pelophylax esculentus* (Anura, Ranidae) in southern Germany // Salamandra, 2010. Vol. 46, Nr 4. P. 239–242.

**АНОМАЛИИ РАЗВИТИЯ НОВОРОЖДЕННОЙ  
СТЕПНОЙ ГАДЮКИ БАШКИРОВА (*VIPERA (PELIAS)*  
*RENARDII BASHKIROVI* GARANIN ET AL., 2004)**

**А. А. Фурман, И. З. Хайрутдинов**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

**DEVELOPMENTAL ANOMALIES OF NEWBORN  
STEPPE VIPER OF BASHKIROVA (*VIPERA (PELIAS)*  
*RENARDII BASHKIROVI* GARANIN ET AL., 2004)**

**A. A. Furman, I. Z. Khairutdinov**

Kazan (Volga Region) Federal University

*In the laboratory, we were able to observe two types of malformations: aplasia and duplication. Last anomaly proved fatal for infants.*

*В лабораторных условиях удалось пронаблюдать два типа уродств: аплазию и тератопагию. Последняя тератоморфа оказалась фатальной для новорожденных.*

Немалый интерес для морфологии и биологии ювенильных особей рептилий представляют собой тератологические явления (врожденные уродства) в связи с их редкостью.

Сбор материала проводился в ГКПЗ «Спасский» с мая по июль 2012–2013 гг. Было отобрано и помещено в лабораторные условия 19 беременных самок степной гадюки Башкирова (*Vipera (Peliias) renardii bashkirovi* Garanin et al., 2004). Из 163 новорожденных детенышей наблюдали лишь два тератологических явления.

В первом случае наблюдали аплазию (отсутствие) левого глаза (рис. 1).



Рис. 1. Аплазия левого глаза. Вид сверху и слева

Подобные случаи в литературных источниках не приводятся. Левые надглазничный и окологлазничные щитки занимали все освободившееся пространство, из-за чего соответствующая сторона головы выглядела деформированной. Среди потомства самки детеныш был самым маленьким ( $L = 148$  мм), однако по длине тела среди всех новорожденных вписывался в пределы  $L_{\min-\max} = 137-178$ . Самка содержалась в лаборатории начиная с мая 2012 г. до родов.

Все ее детеныши родились живыми, были активными и питались, и других отклонений среди потомства замечено не было. В остальном детеныш внешне выглядел нормально и был активным. Его выпустили вместе с остальными новорожденными в месте поимки самки.

26 июля 2012 г. мы наблюдали рождение сиамских близнецов (рис. 2, 3), которых сначала приняли за детенышей, идущих одновременно. При родах они шли головами вперед, уже разорвав яйцевую оболочку, и активно извиваясь. Только когда близнецы родились, было замечено, что у них общая яйцевая оболочка, и они срослись между собой брюшными щитками. Срастание шло начинающая, примерно, со второй трети тела (рис. 4) и заканчивалось не доходя до клоаки (рис. 5). В части тела, где шло срастание, позвоночник был сильно искривлен (см. рис. 3) (тела обоих детенышей закручивались в спираль под углами). Хорошо подвижными оставались лишь передняя часть тела и хвосты (см. рис. 2). Из-за такого срастания один из близнецов все время был вынужден находиться вверх брюхом. Из-за этого передвигаться они не могли, и все время находились на одном и том же месте. Также детеныши не смогли полностью сбросить яйцевую оболочку, а также нормально полинять. У них были общие пуповина и желток, т. е. они были идентичными (монозиготными) близнецами [Wallach, 2007]. Они погибли через неделю после рождения. Вес обоих детенышей вместе составлял 3 г, что является средним показателем для одного змееныша среди новорожденных. Длина головы близнецов ( $Lc_1 = 9,6$ ,  $Lc_2 = 10,0$ ) также была меньше, чем у остальных детенышей ( $Lc_{\min - \max} = 10,4-13,3$ ), длина хвоста ( $Lcd = 17,0$ ) вписывалась в общие пределы ( $Lcd = 14,0-25,0$ ). Родившая их самка была поймана нами в июле, и, помимо близнецов, у нее родилось пять живых и один мертвый детеныш.

Последнее явление, когда развиваются два почти самостоятельных организма, лишь частично соединенных друг с другом, носит название полная дупликация (тератопагия) и у рептилий, в том числе у змей, наблюдается сравнительно редко [Хозацкий, 1991].



Рис. 2. Сиамские близнецы



Рис. 3. Сиамские близнецы после смерти



Рис. 4. Начало срастания



Рис. 5. Конец срастания

### **Библиографические ссылки**

*Хозацкий Л. И.*, 1991. Двойниковые уродства у пресмыкающихся // Герпетологические исследования. Л. № 1. С. 164–170.

*Wallach. V.*, 2007. Axial bifurcation and duplication in snakes. P. 1. A synopsis of authentic and anecdotal cases // Bulletin of the Maryland Herpetological Society. Vol. 43. P. 57–95.



**ANOMALIES IN NATURAL POPULATIONS  
OF AMPHIBIANS  
OVERVIEW, PATTERNS AND CAUSES,  
METHODOLOGICAL RECOMMENDATION**

**K. Henle**

UFZ – Helmholtz Center for Environmental Research,  
Department of Conservation Biology (Leipzig, Germany)

*The article represent analytic review on types and frequencies of amphibian anomalies in more than 2000 natural populations. The review has shown that there are neither standards in the way anomalies are assessed in the field, nor for the way they are scored or reported, which considerably hampers our ability to compare studies. To evaluate temporal trends, and to reveal underlying causes is a field and laboratory experiments that should be designed to test the effect(s) of hypothesized causes of abnormalities.*

*Статья представляет аналитический обзор о типах и частотах аномалий амфибий в более чем 2 тыс. природных популяций. Обзор свидетельствует, что не существует стандартных способов оценки аномалий в естественных условиях, что значительно затрудняет наши возможности в проведении сравнительных исследований. Для оценки временных тенденций и выявления основных причин необходимы полевые и лабораторные эксперименты, которые должны быть разработаны для проверки гипотетических причин отклонений.*

Amphibian anomalies have attracted human curiosity for centuries [e. g., Vallisneri 1706, Geoffroy Saint-Hilaire, 1832–1836; Taruffi, 1881–1886]. Amphibian anomalies also played a pivotal role in the emerging of the science of developmental biology, aiming at understanding morphogenesis [e. g., Hertwig, 1892; Brandt 1924] and they still have this function today [e. g., Kovalenko & Kovalenko 1996; Nye et al. 2003]. Increased environmental awareness, the global decline in amphibians [e. g., Henle & Streit 1990; Alford et al., 2001], and the recent rediscovery in North America of populations exhibiting mass anomalies [Burkhart et al., 2000; Lannoo, 2008; Helgen, 2012] have prompted renewed



interest in amphibian anomalies as potential indicators for environmental perturbations [e. g., Tyler, 1989; Mizgirev et al., 1984; Souder, 2002; Vershinin, 2002].

Not surprisingly, the literature on amphibian anomalies is enormous. A considerable number of reviews of amphibian anomalies has been published, the first comprehensive one more than a century ago [Taruffi, 1881–1886]. Most reviews focus on narrow topics [Ouellet, 2000] and, with few exceptions (noticeably Rostand 1971), do not discuss to any extent the potential and limits to infer causes from observed patterns of anomalies. Many factors have been shown to cause developmental anomalies in amphibians [Rostand, 1971; Tyler, 1989; Ouellet, 2000; Henle et al., 2014a], but considerable controversy about the causes for observed anomalies in natural populations remains [e. g. Lannoo, 2008; Sessions, 2009; Helgen, 2012]. Linking cause to pattern is crucial for the use of amphibian anomalies as an indicator of the nature of an environmental perturbation that has occurred in the habitat.

The goal of this contribution is to provide a short overview on anomalies in natural populations of amphibians at a global level and particularly for Russia and the Commonwealth States. I will introduce some of the controversies that arose about the causes of malformation hotspots and discuss potentials and limits of inferring cause from patterns of anomalies. Finally, I will make some methodological recommendations for the study of anomalies in natural populations that allow better comparison among studies and that may help elucidate causes for observed anomalies. This publication is an extended summary of parts of a comprehensive review to be published elsewhere [Henle et al., 2014b].

## **Methods**

My overview is based on a collation of 2780 publications collected during the last 30 years that mention abnormal amphibians in natural populations. I extracted relevant information into a database. Often, it is difficult to decide whether a particular phenotype is part of the normal variation, e. g. the high variability in digits of *Salamandrella keyserlingii* [Borkin, 1999] or should be regarded as abnormal (in most species) as this differs among taxa (Henle & Dubois in prep.). I tallied only those forms

as anomalies that were called abnormal by the respective author(s). I included injuries as it is often difficult to differentiate them from teratogenic anomalies (reviewed by [Henle et al., 2014b]).

If a publication contained information on several species, I regarded each species as a separate case. The same applied for several populations of a species, provided sample sizes and anomalies were tallied separately for each population. Otherwise, the data were regarded as one «population». If authors provided data for concrete populations and across sites, I used only data for concrete populations. To allow comparison with Ouellet (2000), I summed data across years and authors for the same population, if the data did not overlap. Otherwise, and in case of unclear overlap (which was the case in several recent North American publications), I used only the data of the most recent publication.

To explore the potential and limitations of inferring cause form patterns of anomalies I reviewed patterns of anomalies obtained in experimental studies from 986 publications. For more information on the methods applied, please consult the extensive reviews of Henle et al. (2014, a, b).

## **Results and discussion**

As of September 2013, the database covers 2239 natural populations for which anomalies have been reported. Most cases involve only one or two individuals (65 % of 1886 cases with data) and background rates are usually around or well below 1 %. Likewise, the vast majority (88 % of 2049 cases with data) involved only one or two types of anomalies. Only four cases from single populations comprise more than 15 types of anomalies. The highest number (32) was exhibited by a population of the green toad (*Bufo viridis*) in Roßwag, Germany, and most likely due to illegally deposited radioactive material [Henle et al., 2014a].

For Russia and the Commonwealth States, I obtained data for 82 populations in which the number of abnormal individuals was tallied. Of these 45 % apply to cases in which only 1–2 individuals were affected (Fig. 1), which is significantly less than for the global dataset ( $\chi^2 = 13$ ;  $\alpha < 0,001$ ). I further obtained data from 99 populations, in which the number of different types of anomalies was tallied. Of these, 63 involved at most two types of anomalies (Fig. 2).

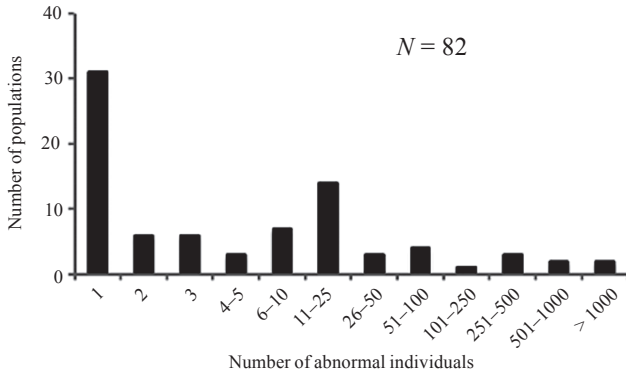


Fig. 1. Histogram of the number of affected abnormal individuals reported from Russia and Commonwealth States

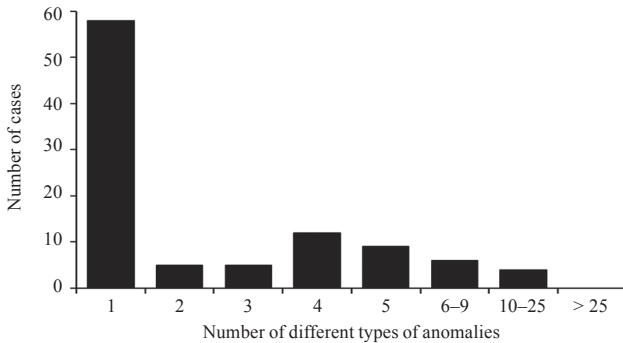


Fig. 2. Histogram of the number of different types of anomalies reported from Russia and Commonwealth States

Again, in Russia and the Commonwealth States a significantly larger percentage of published cases involve a larger number of types of anomalies ( $\chi^2 = 47$ ;  $\alpha < 0,001$ ). There are several mutually not exclusive potential explanations for these differences: a) fewer naturalists and naturalist journals in Russia that publish anecdotal observations on single animals; b) detailed studies are published in journals that are more easily accessible outside Russia; or c) lower water pollution standards combined with a scientific interest in using amphibians as environmental indicators [Pliss & Khudolei, 1979; Vershinin, 2002].

Hotspots of anomalies are known from all continents but especially from North America, Europe, and Asia. In Russia and the Commonwealth States hotspots are known from areas contaminated by sewage or industrial effluents in the Dnepropetrovsk Province, eastern Ukraine [Flax & Borkin, 2004] and from Sakhalin Island [Mizgireuv et al., 1984]. In both cases, the level of organic contamination correlated with the frequencies of anomalies. In 1993, an accident at the Siberian Chemical Combine in Seversk (Tomsk) created another hotspot affecting *S. keyserlingii* and *Rana arvalis* through irradiation [Kuranova, 2003]. In Belorussia, Borkin & Piculik (1986) reported a case of mass polydactyly in *Pelophylax lessonae* that may be a further case of anomaly P. Finally, Woitkewitsch (1965) discovered an enigmatic hotspot in Kazakhstan that affected only *P. ridibundus* but not syntopic ranid species. In all affected individuals the right hind leg was duplicated and other anomalies were rare. The cause for this hotspot remains unresolved.

The evaluation of the experimental literature showed that, contrary to some previous beliefs [e.g. Meteyer et al., 2000; Ouellet 2000], no single type of anomaly is diagnostic for a particular factor, as all types of anomalies can be caused by two or several factors. However, colour anomalies usually, but not always have a genetic basis (reviewed by [Henle et al., 2014b]). Also, the pattern of anomalies induced differs among factors and can be used as indicator for the potential cause(s). For example, a population of *Bufo viridis* from a quarry in Germany exhibited 32 different types of anomalies [Henle et al., 2014a]. Only mutagenic chemicals or radioactivity can cause the range of anomalies observed. Whereas no trace of mutagenic chemicals at elevated concentrations could be found, a high level of radioactivity was found in a deposit of earth.

My extensive review of the literature has shown that there are neither standards in the way anomalies are assessed in the field, nor for the way they are scored or reported, which considerably hampers our ability to compare studies, to evaluate temporal trends, and to reveal underlying causes. For example, Levinskaya & Barinova (1978) provided only the percentage of immature *Rana amurensis* affected by discharge of a cellulose factory (37,5 %) but not sample sizes. However, it is a huge difference whether sample size was 10 or 1000.

In order to draw reliable conclusions about the distribution, frequency, and cause of a given anomaly in a population, data must be gathered at all stages of the study, both in the field and in the laboratory. The field survey protocol should consist in examining carefully all specimens of all ages of all amphibian species collected in the studied population, not only those showing gross anomalies. This will allow having data on the frequency of anomalies, on their distribution among sexes and age classes, and on their variation in time and space. If elevated frequencies of abnormal individuals are discovered, sites should be examined for the presence and association of potential causes of the observed anomalies with the patterns observed in the field. Field and laboratory experiments should be designed to test the effect(s) of hypothesized causes. Dubois & Henle (2014) provide further detailed recommendations for the assessment of individuals in the field and in the laboratory and Lunde & Johnson (2012) guidelines for designing surveys for anomalies in the field. I strongly recommend to follow these guidelines in order to produce more robust and more comparable data on anomalies in future studies.

### **Acknowledgements**

I would like to thank Vladimir Vershinin (Ekaterinburg) for inviting me to the symposium and for help in accessing Russian publications. I would also like to thank the Ural State University for funding my participation.

### **Reference**

*Alford R. A., Dixon P. M., Pechmann J. H. K.*, 2001. Global amphibian population declines // *Nature*. Vol. 412. P. 499–500.

*Borkin L. J.*, 1999. Salamandrella keyserlingii Dybowski, 1870 – Sibirischer Winkelzahnmolch // *Grossenbacher K., Thiesmeier B.* Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Schwanzlurche I. Wiesbaden. Aula. P. 21–55.

*Borkin L. J., Pikulik M. M.*, 1986. The occurrence of polymely and polydactyly in natural populations of anurans of the USSR // *Amphibia-Reptilia* Vol. 7. P. 205–216.

*Brandt W.*, 1924. Extremitätentransplantationen an *Triton taeniatus*. Ein experimenteller Beitrag zum Determinationsproblem // *Roux Arch. Entwickl.-Mech.* Vol. 103. P. 517–554.

*Burkhart J. G., Ankley G., Carpenter H., Fort D., Gardiner D., Gardner H., Hale R., Helgen J. C., Jepson P., Johnson D., Lannoo M., Lee D., Lary J., Levey R., Magner J., Meteyer C., Shleby M. D., Lucier G.*, 2000. Strategies for assessing the implications of frog malformations for environmental and human health // *Environmental Health Perspectives*. Vol. 108. P. 83–90.

*Dubois A., Henle K.* Diversity, terminology, and synonymy of anomalies of amphibians. *Mertensiella*. (in litt.)

*Flax N. L., Borkin L. J.*, 2004. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // *Applied Herpetology*. Vol. 1. P. 229–264.

*Geoffroy Saint-Hilaire I.*, 1832–1836. Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux. P. : Imprimerie de Cosson.

*Helgen J.*, 2012. Peril in the Ponds. Deformed Frogs, Politics, and a Biologist's Quest. Amherst : University of Massachusetts Press.

*Henle K., Streit B.*, 1990. Zum Artenrückgang bei Amphibien und Reptilien und seinen Ursachen // *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* Vol. 83. P. 485.

*Henle K., Dubois A., Rimpp K., Vershinin V.*, 2014a. Mass anomalies in green toads (*Bufo viridis*) at Roßwag: inbred hybrids, radioactivity, or mystery cause? // *Mertensiella*.

*Henle K., Dubois A., Vershinin V.*, 2014b. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes // *Mertensiella*. (in litt.).

*Hertwig O.*, 1892. Urmund und Spina bifida // *Arch. mikr. Anat.* Vol. 39. P. 353–499.

*Kovalenko E. E., Kovalenko Y. I.*, 1996. Certain pelvic and sacral anomalies in Anura // *Russ. J. Herpetol.* Vol. 3. P. 172–177.

*Kuranova V. N.*, 2003. Antropiceskoe vosdeistie na zemnovodnysh i presmykayushishtshsja. Problemy ish oshrany na yugo-vostoke Zapadnoi Sibiri // *Amphibii i Reptilii v Zapadnoi Sibiri* / ed. L. N. Erdakov, O. N. Tshernyshtshova. Novosibirsk : Novosibirskii Gosudarstennyi Pedagogitsheskii Universitet. P. 39–51.

*Lannoo M.*, 2008. Malformed Frogs. The Collapse of Aquatic Ecosystems. Berkeley : Univ. California Press.

*Levinskaya I. K., Barinova S. S.*, 1978. On the ecology of the brown frogs of the south of Sakhalin // *Amfibii Dalnego Vostoka i Sibiri* / ed. G. F. Bromlej. Vladivostok : Acad. Nauk. P. 21–23.

*Lunde K. B., Johnson P. T. J.*, 2012. A practical guide for the study of malformed amphibians and their causes // *J. Herpetol.* Vol. 46. P. 429–441.

*Meteyer C. U., Loeffler I. K., Fallon J. F., Converse K. A., Green E., Helgen J. C., Kersten S., Levey R., Eaton-Poole L., Burkhart, J. G.*, 2000. Hind limb malformations in free-living northern leopard frogs (*Rana pipiens*) from Maine, Minnesota, and Vermont suggest multiple etiologies // *Teratology*. Vol. 62. P. 151–171.

*Mizgirev I. V., Flax N. L., Borkin L. J., Khudoley V. V.*, 1984. Dysplastic lesions and abnormalities in amphibians associated with environmental conditions // *Neoplasma*. Vol. 31. P. 175–181.

*Nye H. L. D., Cameron J. A., Chernoff E. A. G., Stocum D. L.*, 2003. Regeneration of the urodele limb: a review // *Developmental Dynamics*. Vol. 226. P. 280–294.

*Ouellet M.*, 2000. Amphibian deformities: current state of knowledge // *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles* / ed. D. W. Sparling, G. Linder, C. Bishop, A. Pensacola. Florida : SETAC Press. P. 617–661.

*Pliss G. B., Khudolei V. V.*, 1979. Oncogenesis and cancerogenous factors in primitive vertebrates and invertebrate animals // *Ekologicheskoe Prognozirovanie* / ed. V. E. Sokolov. M. : Akad. Nauk. P. 167–185.

*Rostand J.*, 1971. Les étangs à monstres. Histoire d'une recherche (1947–1970). Paris.

*Sessions S. K.*, 2009. Book review: *Malformed Frogs, the Collaps of Aquatic Ecosystems* by Michael Lannoo 2008 // *Herpetol. Rev.* Vol. 40. P. 121–124.

*Souder W.*, 2002. *A Plague of Frogs. Unraveling an Environmental Mystery*. Minneapolis : University of Minnesota Press.

*Taruffi C.*, 1881–1886. *Storia della Teratologia. Parte Seconda. Note ed Osservazioni. Fascicolo I–IV*. Bologna : Regia Tipografia.

*Tyler M. J.*, 1989. *Australian Frogs*. Viking O'Neil. Ringwood : Penguin Books Australia Ltd. 220 p.

*Vallisneri A.*, 1706. *Galleria di Minerva ovvero notizie universali di quanto e stato scritto da letterati di Europa*. Vol. 5. P. 285.

*Vershinin V. L.*, 2002. Ecological specificity and microevolution in amphibian populations in urbanized areas // *Advances in Amphibian Research in the Former Soviet Union*. Vol. 7. P. 1–161.

*Woitkewitsch A. A.*, 1965. Mass formation of additional hind extremities in the lake frog // *Zhurnali obschtschej biologii*. Vol. 26. P. 56–62.

Научное издание

**АНОМАЛИИ И ПАТОЛОГИИ  
АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ:**

Методология, эволюционное значение,  
возможность оценки здоровья среды

Материалы международной школы-конференции  
Екатеринбург, 23–26 сентября 2013 г.

Ответственная за выпуск *Д. Д. Шакирзянова*

Редактор *В. И. Попова*

Корректор *В. И. Попова*

Компьютерная верстка *Г. Б. Головиной*



Подписано в печать 15.04.14. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times.  
Уч.-изд. л. 10,64. Усл. печ. л. 11,16. Тираж 100 экз. Заказ 950.

Издательство Уральского университета  
620000, Екатеринбург, пр. Ленина, 51.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ.  
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: + (343) 350-56-64, 350-90-13.  
Факс +7 (343) 358-93-06.  
E-mail: [press-urfu@mail.ru](mailto:press-urfu@mail.ru)