

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 : НЛТУУ. 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. Экстромелия – 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 *Pas* (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 аномалии	Брусяны	Мордово	Кольцово	Васильевские о-ва
	n/P ± Sp	n/P ± Sp	n/P ± Sp	n/P ± Sp
juv. +sad. + ad. – по всей выборке				
Paс, %	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
H	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 [Gueх 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.*