

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

**О. С. Безман-Мосейко¹, Л. Я. Боркин¹,
Ю. М. Розанов², С. Н. Литвинчук²**

¹ Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург)

² Институт цитологии РАН (Санкт-Петербург)

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

**O. S. Bezman-Moseyko¹, L. J. Borkin¹,
J. M. Rosanov², S. N. Litvinchuk²**

¹ Zoological institute, Russian Academy of Sciences (St. Petersburg)

² 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,