



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт
естественных наук
и математики**

Институт экологии растений и животных
Уральского отделения Российской академии наук
Герпетологическое общество имени А. М. Никольского
Санкт-Петербургский союз ученых

**III МЕЖДУНАРОДНАЯ
ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ
«АНОМАЛИИ И ПАТОЛОГИИ
АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ:
МЕТОДОЛОГИЯ,
ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ,
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ»**

12 - 15 октября 2023 г.

Екатеринбург



Уральский федеральный университет имени Первого президента России Б. Н. Ельцина
Институт естественных наук и математики

Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук
Герпетологическое общество имени А. М. Никольского, Санкт-Петербургский союз ученых

АНОМАЛИИ И ПАТОЛОГИИ АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ:

Методология, причины возникновения, теоретическое и практическое значение

Материалы III международной школы-конференции

Екатеринбург, 12-15 октября 2023 г.

Ural Federal University

Institute of Plant and Animal Ecology

Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

A. M. Nikolsky Herpetological Society

And St. Petersburg Association of Scientists & Scholars

Proceedings of the Third International Conference «Anomalies and Pathology of Amphibians and Reptiles: Methodology, Drivers, Theoretical and Application Significance»

Екатеринбург

Издательский Дом «ЛИСИЦА»

Ekaterinburg

Publishing House "LISITSA"

2023

УДК [597.6+598.1]:574.2(063)

ББК [28.693.33+28.693.34]:28.080я4

A691

Труды третьей международной школы-конференции по аномалиям амфибий и рептилий
«Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, причины возникновения,
теоретическое и практическое значение»

Третья международная конференция памяти Светланы Дмитриевны Вершининой «Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, причины возникновения, теоретическое и практическое значение» прошла 12–15 октября 2023 г. в Екатеринбурге на базе Уральского федерального университета. В конференции приняли участие специалисты в области зоологии (герпетологии), эволюционной морфологии, таксономии, экологии, молекулярной генетики, цитологии и охраны природы, ветеринарии из научных центров 6 стран (России, Азербайджана, Казахстана, Индии, Германии, Франции) и 16 городов. В ходе научного семинара и круглого стола было представлено 35 очных и 36 заочных участников, 49 докладов и 6 постеров.

Темы конференции: На конференции обсуждались вопросы координации, объединения и определения приоритетов исследований в области фундаментальных и прикладных аспектов инновационных направлений, связанных с проблемами эволюционной тератологии, экологии морфогенеза и качества окружающей среды.

Даты проведения конференции: 12 – 15 октября 2023 г.

Место проведения: Екатеринбург, Уральский федеральный Университет

Редакторы: В. Л. Вершинин, А. В. Буракова

Организатор: Уральский федеральный университет

Оргкомитет выражает особую благодарность проректору УрФУ по науке Александру Викторовичу Германенко за поддержку и помощь в организации и проведении конференции.

Опубликовано: 20 сентября 2024 г.

ISBN: 978-5-6043839-8-8



Светлана Дмитриевна Вершинина (26.05.1961 - 03.07.2021)

Содержание

Третья международная конференция, посвященная памяти Светланы Дмитриевны Вершининой «Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, причины возникновения, теоретическое и практическое значение»	2–4
Арифулова И. И., Чирикова М. А. ■ Морфологические аномалии головастика, метаморфозных и ювенильных особей озерных лягушек комплекса <i>Pelophylax ridibundus</i> из водоемов природного парка «Роща Баума» на территории города Алматы (Казахстан)	5–10
Астахова Л. А., Константинов Е. Л. ■ Анализ морфологических аномалий <i>Hemidactylus platyurus</i> (Schneider, 1797) в малых городах материковой части Юго-Восточной Азии	10–14
Берзин Д. Л., Вершинин В. Л., Попков Е. И. ■ Изучение наружных девиантных форм у гребенчатого тритона (<i>Triturus cristatus</i> Laurenti 1768. Caudata, Salamandridae) на восточной границе ареала	14–19
Бильчик А. Т., Пермякова К. Ю., Желанкин Р. В. ■ Исследование фагоцитарной активности гетерофилов живородящей ящерицы при подготовке к гибернации	19–21
Брякова М. А. ■ Патологии в структуре костной ткани на поперечных срезах трубчатых костей озерных лягушек	21–26
Булдова О. Ю., Константинов Е. Л. ■ Анализ морфологических аномалий <i>Hemidactylus frenatus</i> (Schneider, 1792) (Reptilia, Sauria, Gekkonidae) в городах Юго-Восточной Азии	26–29
Буракова А. В., Вершинин В. Л. ■ Влияние паразитарной инвазии на проявление морфологических аномалий у личинок остромордой лягушки (<i>Rana arvalis</i> Nilsson, 1842)	29–35
Войтеховский Ю. Л., Степенщиков Д. Г. ■ Компьютерное моделирование полигональных разбиений карапакса	35–38
Д. М. Гамидова, У. А. Гичиханова ■ Аномалия кишечника озерной лягушки <i>Pelophylax ridibundus</i> (Pallas, 1771) в Дагестане	39–42
Гасымова Г. А., Вершинин В. Л. ■ Встречаемость морфологических аномалий у озерной лягушки (<i>Pelophylax ridibundus</i> , Pallas, 1771) в Азербайджане	42–46
У. А. Гичиханова, Л. Ф. Мазанаева ■ Двухголовость («сиамские близнецы») средиземноморской черепахи <i>Testudo graeca</i> Linnaeus, 1758 в Дагестане	47–50
Горбунова А. В., Вершинин В. Л., Берзин Д. Л. ■ Аномалии кладок сибирского углозуба (<i>Salamandrella keyserlingii</i> Dybowski, 1870) на урбанизированной территории	50–55
Данилова М. Н. ■ О возможности раннего выявления аномалий амфибий при лабораторной культивации	55–59
Желанкин Р. В. ■ Индивидуальный метод содержания и карантинирования амфибий и его эффективность для	

выживания потомства	59–65
Замалетдинов Р. И.	
■ Мониторинг распространения морфологических аномалий в городских популяциях бесхвостых амфибий	65–69
Искендеров Т. М.	
■ Эмбриональные уродства у левантской гюрзы (<i>Macrovipera lebetina obtusa</i> Dwigubsky, 1832)	69–72
Искендеров Т. М., Гасымова Г. А., Н. Дж. Рагимова	
■ Случай двухголовости у разноцветного полоза (<i>Hemorrhois ravergieri</i>) в Азербайджане .	72–74
Кришнамурти С. В.	
■ Морфологические аномалии лягушек на сельскохозяйственных полях Западных Гат, Индия ..	74–79
Клейн Е. Э., Желанкин Р. В.	
■ Связь санитарных показателей и структуры мышечной ткани лягушки разной степени свежести	79–81
Корзинов В. А.	
■ О паразите амфибий <i>Lucilia bufonivora</i> Moniez, 1876 в Калужской области	81–85
Лада Г. А., Шихорина С. Ю., Равковская Е. А., Гончаров А. Г., Медведев Д. А.	
■ Новые сведения о девиациях у озерной лягушки, <i>Pelophylax ridibundus</i> (Pallas, 1771), в Тамбовской области	85–90
Матюшова М. И., Боркин Л. Я.	
■ Встречаемость аномальных головастиков у травяной лягушки (<i>Rana temporaria</i> L.) на Северо-Западе России (Санкт-Петербург и его окрестности)	90–96
Романова Е. Б., Рябинина Е. С.	
■ Цитогенетические нарушения в эритроцитах зелёных лягушек рода <i>Pelophylax</i> Нижегородской области	96–102
Трофимов А. Г.	
■ О сочетанности некоторых аномалий конечностей у остромордой лягушки (<i>Rana arvalis</i> Nilsson, 1842)	102–104
Тухбатуллина Т. Р.	
■ Характеристика сочетанных эмбриональных аномалий у представителей несинантропных <i>Micromammalia</i> из природных локалитетов и лабораторных сборов	104–110
Тухбатуллина Т. Р.	
■ Встречаемости резорбций у представителей несинантропных мелких млекопитающих урбанизированных территорий г. Екатеринбург, контрольного локалитета и лабораторных образцов	110–115
Файзулин А. И.	
■ Морфологические аномалии амфибий Волжского бассейна: новые данные	116–122
Г. О. Черепанов	
■ Аномалии роговых щитков панциря черепах в свете сегмент-зависимой модели морфогенеза	122–127

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ГОЛОВАСТИКОВ, МЕТАМОРФОЗНЫХ И ЮВЕНИЛЬНЫХ ОСОБЕЙ ОЗЕРНЫХ ЛЯГУШЕК КОМПЛЕКСА *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* ИЗ ВОДОЕМОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «РОЩА БАУМА» НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АЛМАТЫ (КАЗАХСТАН)

И. И. АРИФУЛОВА, М. А. ЧИРИКОВА

ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ, АЛМАТЫ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

irina.arifulova@zool.kz; marina.chirikova@zool.kz

MORPHOLOGICAL ANOMALIES OF TADPOLES, METAMORPHOTIC AND JUVENILE INDIVIDUALS OF MARSH FROGS OF THE *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* COMPLEX FROM PONDS OF THE BAUM GROVE NATURAL PARK IN THE TERRITORY OF THE ALMATY CITY (KAZAKHSTAN)

I. I. ARIFULOVA, M. A. CHIRIKOVA

INSTITUTE OF ZOOLOGY, ALMATY, KAZAKHSTAN

A study of tadpoles, metamorphotic and juvenile individuals of marsh frogs of the *Pelophylax ridibundus* complex from two locations of the Baum Grove natural park (Almaty, Kazakhstan) revealed anomalies of the hind limbs (ectromelia and taumelia, ectrodactyly, heterochrony) in 2.8% of individuals. The indicator did not exceed the threshold for the background occurrence of anomalies. However, the study showed a high percentage of abnormalities of the larval oral apparatus.

Tadpole's oral apparatus anomalies (ruptures in the dentition, their complete or partial reduction, displacement or curvature and deformation, displacement and change in the direction of the dentition and deformation of the horny beak) were noted in 59.6% of tadpoles from the first of investigated localizations and in 67.4% of tadpoles from the second location. The high level of chemical and biological pollution of water bodies is considered as one of the main factors influencing the formation of a high percentage of anomalies.

Роща Баума – государственный памятник природы, уникальный природный комплекс, расположенный в городе Алматы. Территория паркового комплекса подвержена значительной рекреационной нагрузке, в связи с чем, оценка экологического состояния этой территории является весьма актуальной. Озерные лягушки, рассматриваемые прежде в рамках вида *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) – типичные обитатели водоемов юга и юго-востока Казахстана (Искакова, 1959, Дуйсебаева, 2011). Они массово заселяют все подходящие биотопы г. Алматы и довольно многочисленны, в том числе и в роще Баума. Последние десятилетия эти амфибии успешно используется для биоиндикации водотоков, подвергающихся антропогенной нагрузке, в том числе водоемов урбанизированных территорий (Захаров, 2000), на основании чего и были выбраны нами для оценки экологического состояния водоемов рощи Баума. Согласно последним данным молекулярно-генетического исследования, в роще Баума обитают

представители двух генетических линий комплекса *P. ridibundus* – *P. cf. bedriaga* (анатолийская лягушка) и лягушки формы «Балхаш» (Ualiyeva et al., 2021). Поскольку идентификация разных форм по внешнеморфологическим признакам в настоящее время не разработана, мы рассматриваем данную выборку как комплекс. Целью исследования стало выявление аномалий внешнеморфологических признаков у головастика, метаморфозных и ювенильных особей комплекса *P. ridibundus* в водоемах природного парка «Роша Баума».

Материал и методы

Всего для морфологического исследования было отобрано 165 головастика, метаморфозных и ювенильных особей из двух выборок: заболоченный пруд – 56 головастика, временный водоем – 109 головастика, метаморфозных и ювенильных особей.

Заболоченный пруд в средней части роши служит удобным местом для откладки икры и развития личинок лягушки. Прибрежная и водная растительность водоема многообразна: *Typha* sp. Linnaeus (1753), *Humulus* sp. Linnaeus, 1753, *Carex* sp. Linnaeus (1753), *Lycopus* sp. Linnaeus (1753), *Taraxacum* sp. Wigg., 1780, *Urtica* sp. Linnaeus, 1753, *Lemna* sp. Linnaeus, 1753. По всей территории пруда в воде и на берегу нами было обнаружено большое количество бытового мусора (бутылки и банки из-под напитков, детские подгузники, бумажный и полиэтиленовый мусор, экскременты животных). Временные водоемы формируются дождевыми и тальными водами в весенний период на территории Большого Алматинского канала им. Д. А. Кунаева (далее БАК), заполнение водой которого уже несколько лет не производится. Обширные разливы глубиной до 40 см служат удобным местом для размножения озерной лягушки. Вода в таких водоемах хорошо прогревается, а наносной ил, покрывающий бетонное дно канала, является достаточным для развития типичной в подобных биотопах растительности (различных видов осоковых и злаковых) и кормовой базы для головастика. К осени временные водоемы пересыхают, весной заполняясь заново. Территория канала довольно чистая, мусор присутствует, но его немного. Однако в ходе мониторингового обследования территории, проводимого весной 2022 года, нами был зафиксирован факт слива в БАК воды с частной автомойки.

Собранный материал фиксировали в 10%-ном растворе формалина. Для описания внешней морфологии и стадирования личинок использовали бинокуляр «Микромед-МС1». Специальное внимание мы уделяли описанию морфологии конечностей и ротовых аппаратов. Стадии развития головастика определяли в соответствии со схемой Е. Н. Гниденко (2002). При идентификации аномалий конечностей мы опирались на классификацию В. Л. Вершинина (2015). Под аномалиями в строении ротового аппарата понимали любые отклонения от варианта строения ротового аппарата, описанного в таблице нормального развития (Гниденко, 2002), с некоторыми уточнениями (Арифурлова, Чирикова, 2016). Встречаемость особей с

отклонениями рассчитывали по формуле $P_{as} = N_{as}/N * 100\%$ (Боркин и др., 2012). Работа была выполнена в весенне-летний период 2021 г. в рамках проекта «Оценка современного экологического состояния природных экосистем ПП «Роща Баума» и разработка рекомендаций по обеспечению их устойчивого развития».

Результаты и обсуждение

Анализ внешней морфологии выявил три случая аномалий задних конечностей у одного головастика и двух ювенильных особей озерной лягушки (из 109 особей), собранных во временном водоеме: эктрометрия (укорочение голени и стопы) и таумелия (сильное нарушение плана строения стопы) левой задней конечности у сеголетка (Рисунок 1), эктродактилия – отсутствие трех фаланг четвертого пальца левой задней конечности у сеголетка (Рисунок 2а); гетерохрония – рассинхронизация в развитии задних конечностей у головастика на стадии 40: правая конечность имела контуры 3-х пальцев (стадия 36), а левая конечность соответствовала стадии 40 (Рисунок 2б).

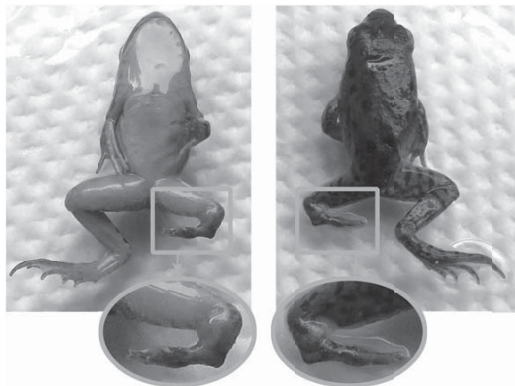


Рисунок 1 – Эктрометрия и таумелия задней конечности у сеголетка озерной лягушки (слева – вид со стороны брюха; справа – вид со стороны спины)

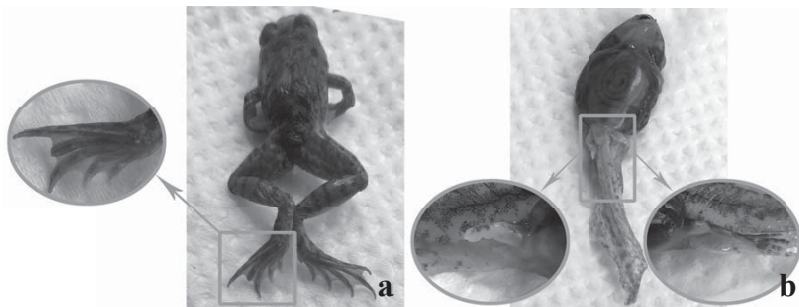


Рисунок 2 – Эктродактилия у сеголетка озерной лягушки (а) и гетерохрония в формировании задних конечностей у головастика озерной лягушки (б)

Таким образом, всего 2.8% особей одной выборки имели аномалии задних конечностей. Согласно градации Л. Я. Боркина с соавт. (2012) полученные нами результаты не превышали фоновый порог встречаемости аномалий (5%). Из 52 головастиков, собранных в заболоченном пруду, 59.6% имели аномалии ротового аппарата (Рисунок 3). Всего у 31 экземпляра с аномалиями из исследованной выборки было описано 66 аномальных признаков ротового аппарата (11 правосторонних, 26 левосторонних, 14 двусторонних и 15 центрально расположенных либо затрагивающих весь зубной ряд).



Рисунок 3 – Аномалии в строении ротового аппарата головастиков озерной лягушки из заболоченного пруда

Из 43 головастиков, собранных во временном водоеме, 67.4% имели аномалии ротового аппарата (Рисунок 4). У 29 экземпляров с аномалиями из исследованной выборки было описано 72 аномальных признака ротового аппарата. В первой выборке было выявлено пять типов отклонений от нормального строения: разрывы зубных рядов – 25.8%, потеря зубчиков – 6.1%, полная или частичная редукция зубных рядов – 27.7%, срастание зубных рядов – 3.0%, искривление и деформация зубных рядов – 37.9%. Только у 25.8% особей была зафиксирована одна аномалия, у 74.2% наблюдалось от двух до четырех различных аномалий. Во второй выборке было выявлено шесть типов отклонений: разрывы зубных рядов – 25.0%, полная или частичная редукция зубных рядов – 34.7%, срастание зубных рядов – 8.3%, искривление и деформация зубных рядов – 25.0%, смещение и изменение направления зубных рядов – 5.6%, деформация ротового клювика – 1.4%.

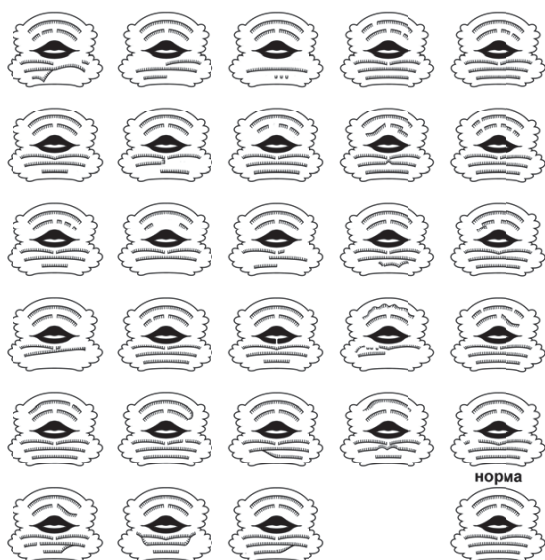


Рисунок 4 – Аномалии в строении ротового аппарата головастиков озерной лягушки из временного водоема

У 10.3% особей была зафиксирована одна аномалия, у 89.7% наблюдалось от двух до шести различных аномалий. Мы допускаем, что формирование аномалий, выраженных в разрывах и частичной потере зубчиков, может быть результатом механических повреждений или травм. Однако такие аномалии, как частичная или полная редукция, искривление и деформация, срастание зубных рядов следует относить к уродствам. К таким было отнесено 68.2% аномалий из первой выборки и 75% аномалий из второй выборки.

Сравнение полученных результатов с материалами предыдущих исследований показало, процент особей с аномалиями ротовых аппаратов в двух исследованных выборках из роши Баума был выше всех показателей, полученных нами ранее (Арифупова, Чирикова, 2016). Наиболее вероятной причиной формирования аномалий личиночного ротового аппарата у такого значительного количества особей мы считаем антропогенный фактор. Однако, поскольку на данный момент достоверно подтверждено обитание в роше Баума обитание гибридной популяции, следует учитывать и этот фактор, как одну из возможных причин увеличения количества аномалий. Окончательное заключение о влиянии гибридизации на данный морфологический признак может быть сделано после анализа процента аномальных особей в чистых и гибридных природных популяциях озерных лягушек.

Заключение

В ходе исследования головастиков, метаморфозных и ювенильных особей озерных

лягушек комплекса *P. ridibundus* из водоемов природного парка «Роцца Баума» г. Алматы нами были зарегистрированы три случая (2.8%) аномалий задних конечностей. Полученный показатель не превышал порог фоновой встречаемости аномалий. Высокий процент аномалий был выявлен в структуре ротовых аппаратов головастика из обеих выборок: 59.6% (заболоченный пруд) и 67.4% (временный водоем). Эти показатели многократно превышали фоновый порог. Высокие показатели аномалий по данному признаку ставят вопрос о комплексе факторов, которые могут оказывать на него влияние.

Благодарности

Мы искренне признательны ведущему научному сотруднику Института зоологии (Алматы, Казахстан) Татьяне Николаевне Дуйсебаевой за консультацию и помощь в обсуждении спорных вопросов.

Список литературы

Арифлуова И. И., Чирикова М. А. Об аномалиях в строении ротового аппарата головастика озёрной лягушки *Pelophilax ridibundus* в природных популяциях юго-востока Казахстана // *Selevinia*. 2016. С. 32–41.

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

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий: [учебное пособие]. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. 80 с.

Гниденко Е. Н. Некоторые аспекты развития и формирования личиночных органов озёрной лягушки (*Amphibia: Ranidae*) Юго-Восточного Казахстана // *Selevinia*. 2002. № 1–4. С. 48–59.

Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. и др. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

Ualiyeva D., Ermakov O. A., Litvinchuk S. N. et al. Diversity, Phylogenetic Relationships and Distribution of Marsh Frogs (the *Pelophilax ridibundus* complex) from Kazakhstan and Northwest China // *Diversity*. 2022. V. 14. Article: 869.

АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ *HEMIDACTYLUS PLATYURUS* (SCHNEIDER, 1797) В МАЛЫХ ГОРОДАХ МАТЕРИКОВОЙ ЧАСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Л. А. АСТАХОВА, Е. Л. КОНСТАНТИНОВ

l.astahova@rambler.ru, nepentes@list.ru

КАЛУЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО
ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES OF *HEMIDACTYLUS PLATYURUS*

(SCHNEIDER, 1797) IN SMALL TOWNS OF MAINLAND SOUTHEAST ASIA.

L. A. ASTAKHOVA, E. L. KONSTANTINOV.

KALUGA STATE UNIVERSITY

The paper presents data from an analysis of morphological anomalies of *Hemidactylus platyurus* (Schneider, 1792) (Reptilia: Sauria: Gekkonidae) in 7 cities in Southeast Asia. The total sample was 842 specimens, 86 of which had anomalies of the limbs, tail, eyes, enlarged cervical glands, neoplasms in the abdominal cavity, and skin disorders. The greatest contribution to the value of this indicator is made by brachydactyly (brachydactyly) – short fingers (reduced number of phalanges). When comparing the occurrence of anomalies among males and females, no significant differences were found. The city with the maximum number and greatest variety of anomalies is Chiang Mai in northern Thailand.

Различные морфологические девиации могут возникать вследствие нарушения развития организмов под влиянием различных внутренних и внешних факторов, в том числе антропогенных. Эти нарушения, так или иначе, влияют на приспособленность особей.

Описание аномалий в герпетофауне естественных и антропогенно измененных биотопов определяет актуальность таких исследований. Большинство работ, посвящённых данному феномену, приводят различные данные частот аномалий амфибий и рептилий, их сравнение и оценку разнообразия. В регионах с тропическим климатом обитание отдельных групп животных приобретает массовый характер, что делает города интересными с точки зрения исследований микроэволюционных процессов и адаптации к условиям с постоянно меняющимися параметрами и высокой мозаичностью мест обитания. Перспективными видами синантропной герпетофауны Юго-Восточной Азии являются наиболее часто встречающиеся представители рода *Hemidactylus* Oken, 1817, в частности *Hemidactylus platyurus* (Schneider, 1792), доминирующим видом в сообществах домовых гекконов гекконов Юго-Восточной Азии и субдоминантного *H. frenatus* Schlegel, 1836 (Константинов, Гаврилов, 2012).

Материал и методы

В данной работе проведен анализ морфологических аномалий *H. platyurus* в зависимости от половой структуры и биотопического распределения, а так же межгородских различий в городах Юго-Восточной Азии: Сиануквиль, Сиемреап (Камбоджа), Чанг Рай, Чанг Май, Сонгхля, Кхон Кен (Тайланд), Дананг (Вьетнам). Материалом для данной работы послужили экспедиционные сборы 2014 – 2017 гг. Всего в анализе использовано 842 особи. Для классификации аномалий использовали систему Некрасовой и Вершинина (Некрасова, 2008; Вершинин, 2015). Определение аномалий производили с применением бинокля МБС - 10. Методологическая основа исследования базируется на критериях, предложенных Л. Я. Боркиным с соавторами (Боркин и др., 2012). Математическая обработка результатов

производилась с применением таблиц Excel 2019. Различия считались статистически значимыми при $P < 0.05$.

Результаты и обсуждение

Изучаемые города существенно отличаются друг от друга по географическому положению, степени урбанизации, развитости городской инфраструктуры, транспортной сети и наличием промышленных комплексов, которые вносят значительный вклад в изменение физико-химического состава городской среды. В ходе камеральной обработки 842 экземпляров *H. platyurus* в изученных городах, было обнаружено 86 особей, имеющих тот или иной вид аномалий $P_{as}=10.21\%$. Наиболее часто встречаются особи, имеющие аномалии конечностей. Наибольший вклад в значение этого показателя вносит брахидактилия (*brachydactyly*) – короткие пальцы (уменьшенное количество фаланг), что составляет $P_{as}=6.65\%$. Также довольно часто встречаются аномалии хвоста: искривление ($A_p=0.24$), бифуркация ($A_p=0.36$), деформация ($A_p=0.24$), новообразование ($A_p=0.12$). Вероятно, большая часть этих нарушений получена в результате травм. Редкими формами являются аномалии глаз, увеличение шейных желез, новообразования в брюшной полости, кожные нарушения, а также образование кожной перепонки между левыми 8 и 9 пальцами. Все эти морфозы носят единичный характер.

Индекс Животовского, характеризующий спектр аномалий, составил 5.88 ± 0.73 . Доля редких морф составила 0.993 ± 0.003 .

Анализ объединенной выборки самцов и самок показал равное распределение внешних морфологических аномалий в трех группах. У самцов из 339 особей аномалии имеют 40 экземпляров ($P_{as}=11.80\%$), среди 351 самок обнаружено 43 особи с тем или иным видом морфозов ($P_{as}=12.25\%$). У ювенильных особей число аномалий существенно меньше. Из 125 экземпляров аномалии имеют 5 ($P_{as}=4.00\%$).

При сравнении городов между собой по числу аномальных особей наибольший показатель обнаружен в Чанг Мае на севере Тайланда ($A_p=12.82\%$). Наименьшее число особей с аномалиями выявлено в тайском прибрежном городе Сонгхла в южной части страны ($A_p=2.7\%$).

Городами с наибольшим разнообразием аномалий являются Чанг Май и Чанг Рай.

Сравнение разнообразия аномалий различных городов между собой по индексу Животовского показало значимые различия между городами Сиенреап ($\mu=3.44 \pm 0.55$) и Чанг Май ($\mu=3.88 \pm 0.6$) и между Чанг Рай ($\mu=4.69 \pm 0.29$) и Кхокен ($\mu=2.35 \pm 0.8$). Между городами Сиенреап ($\mu=3.44 \pm 0.55$), Чанг Рай ($\mu=4.69 \pm 0.29$), Кхонкен ($\mu=2.35 \pm 0.8$) и Дананг ($\mu=3.54 \pm 0.47$) значимых отличий не выявлено.

Сравнение по индексу редких морф показало значимые различия между городами Сиенреап ($h=0.89 \pm 0.02$) и Чанг Рай ($h=0.33 \pm 0.04$), Сиенреап ($h=0.89 \pm 0.02$) и Чанг Май ($h=0.74 \pm 0.04$), Чанг Рай ($h=0.33 \pm 0.04$) и Данангом ($h=0.68 \pm 0.07$), Чанг Рай ($h=0.33 \pm 0.04$) и Чанг

Май ($h=0.74\pm 0.04$). Между Чанг Май ($h=0.74\pm 0.04$), Кхонкен ($h=0.83\pm 0.03$) и Дананг ($h=0.68\pm 0.07$) значимых различий не выявлено.

Заключение

Из 842 исследованных особей *H. platyurus* в 7 городах ЮВА было обнаружено 11 видов различных аномалий; 86 особей имеют тот или иной вид аномалии. В отмеченных группах девиаций наиболее часто встречаются особи имеющие аномалии конечностей ($A_p=6.65\%$). На втором месте по встречаемости – аномалии хвоста (бифуркация, новообразование, деформация). Редкими формами аномалий являются увеличенные шейные железы, новообразование в брюшной полости, образование перепонки между 8 и 9 пальцами задней левой лапы и кожные нарушения.

Статистически значимых различий встречаемости аномалий у самцов и самок не выявлено. По мере роста антропогенной нагрузки увеличивается доля особей с аномалиями. Результаты анализа свидетельствуют о специфичности городской среды связанные со степенью урбанизации и формированию большого числа разнообразных биотопов в городах. В таких условиях для биоты городов складывается комплекс неблагоприятных биотических и абиотических факторов, которые в значительной степени оказывают влияние на формирование морфооблика на всех этапах онтогенеза. Характер ответа морфогенетической системы вида на популяционном уровне может определить его судьбу при динамичных (антропогенных) флуктуациях среды и в условиях глобальных изменений (Вершинин, 2014).

Список литературы

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

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

Клауснитцер Б. Экология городской фауны М.: Мир, 1990. 249 с.

Константинов Е. Л., Гагрилов А. Б. Экологические особенности распределения некоторых видов синантропных гекконов в городах Ю-В Азии (Лаос, Камбоджа) // Вопр. герпетол.: мат-лы Пятого съезда герпетол. об-ва им. А.М. Никольского. Минск: Право и экономика, 2012. С. 113–117.

Чулисов А. С., Константинов Е. Л. Распределение синантропных гекконов в городской среде крупных городов на территории Лаоса и Камбоджи // Современная герпетология: проблемы и пути их решения: мат-лы докладов Первой междунар. молодеж. конф. герпетологов России и сопредельных стран. СПб., 2013. 169 с.

Zug G., Vidum J., Koo M. Burmese Hemidactylus (Reptilia, Squamata, Gekkonidae):

ИЗУЧЕНИЕ НАРУЖНЫХ ДЕВИАНТНЫХ ФОРМ У ГРЕБЕНЧАТОГО ТРИТОНА
(*TRITURUS CRISTATUS* LAURENTI 1768 CAUDATA, SALAMANDRIDAE) НА ВОСТОЧНОЙ
ГРАНИЦЕ АРЕАЛА

Д. Л. БЕРЗИН¹, В. Л. ВЕРШИНИН^{1,2}, Е. И. ПОПКОВ³

¹ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРО РАН (ЕКАТЕРИНБУРГ)

²УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ЕКАТЕРИНБУРГ)

³ФГБОУ ВО УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ЕКАТЕРИНБУРГ)

berzin_dl@ipae.uran.ru, vol_de_mar@list.ru, egor27051994@yandex.ru

STUDY OF EXTERNAL DEVIANT FORMS OF THE CRESTED NEWT (*TRITURUS*
CRISTATUS LAURENTI 1768. CAUDATA, SALAMANDRIDAE) ON THE EASTERN RANGE
BOUNDARY

INSTITUTE OF PLANT AND ANIMAL ECOLOGY, URAL BRANCH, RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES (YEKATERINBURG)

URAL STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY (YEKATERINBURG)

D. L. BERZIN¹, V. L. VERSHININ^{1,2}, E. I. POPKOV³

Based on the study of 696 specimens from three populations of *Triturus cristatus* Laurenti, 1768 from 2016 to 2023, an analysis of information on the spectrum and frequencies of external morphological anomalies of the crested newt on the eastern macroslope of the Urals (Southern and Middle Urals) is presented, as well as current information on the geochemical specificity of habitats. To assess the species diversity of anomaly spectra, biodiversity indices such as Margalef, Shannon, and Berger-Parker are provided. The characteristics of habitat environments are evaluated, and possible factors (mineralization, predatory fish impact) that have teratogenic effects on populations of the crested newt at the northeastern range boundary are discussed.

Введение

Известно, что численность гребенчатого тритона в Европе повсеместно снижается (Denoël, 2012). Причинами на влияющих распространение и численность *Triturus cristatus* Laurenti, 1768 являются инвазия ротана и других чужеродных видов (Решетников, 2003), антропогенное преобразование местообитаний, изменение климата и другие факторы (Chiacchio et.al., 2022).

Гребенчатый тритон в 20 регионах России занесен в Красную книгу, включая Свердловскую (Вершинин, Берзин, 2018) и Челябинскую области (Чибилев, Ищенко, 2005).

Резолюцией Герпетологического общества имени А. М. Никольского от 09.10.2021 г. Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации было рекомендовано включить гребенчатого тритона в Красную книгу РФ.

Природоохранный статус гребенчатого тритона представляет сложность для проведения различных исследований, методы которых часто являются инвазивными.

Информация о спектре и частоте морфологических аномалий является важной популяционной характеристикой амфибий, связанной, в числе прочего, с геохимической спецификой местообитаний (Вершинин, 2015). Рост доли девиантных особей отмечается в популяциях *T. cristatus*, обитающих за пределами оптимума.

Целью данной работы являлось изучение встречаемости и спектра наружных девиантных форм *T. cristatus* на восточной границе ареала с применением неинвазивных прижизненных методов исследования.

Материал и методы

Было проведено обследование популяций гребенчатого тритона на спектр и встречаемость морфологических аномалий из трех местообитаний: окрестности дер. Большое Кошаево (Красноуфимский р-н, Свердловская обл., Средний Урал); пос. Шемаха (Нязепетровский р-н, Челябинская обл., Южный Урал), и окрестности города Куся (Кусинский р-н, Челябинская обл.). Отлов взрослых животных проводили водным сачком вручную в период икрометания (май – июнь). Все изученные особи были выпущены в местах отлова. За период с 2018 по 2023 г исследовано 696 экземпляров *T. cristatus*. Гидрохимические показатели водной среды выполнены в лаборатории инженерно-экологических испытаний «АкваСолум» (Таблица 1).

Перекрытие суммарных спектров аномалий тритонов из разных местообитаний проводилось с использованием индекса Мориситы (Morisita, 1959):

$$I(m) = (2 \times (\sum P_{ij} \times P_{ik})) / (\sum P_{ij}^2 + \sum P_{ik}^2),$$

где P_{ij} – доля i -того компонента в диете j -ого вида; P_{ik} – доля i -того компонента в диете k -того вида.

Также проведен анализ спектров аномалий с помощью индексов биологического разнообразия: Маргалефа, Шеннона, Бергера-Паркера (Мэгарран, 1992). Сравнение частот аномалий выполнено с использованием критерия χ^2 (с поправкой Йейтса). Данные обрабатывались в программных пакетах Statistica для Windows 8.0, Past 4.07d, Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Спецификой местообитаний гребенчатого тритона на восточном пределе его распространения является нейтральный или слабощелочной уровень pH (Таблица 1). Геохимия нерестовых водоемов, в которых протекает онтогенез амфибий, безусловно, отражается на

процессах морфогенеза и дефинитивном морфооблике новой генерации.

Таблица 1 – Гидрохимические параметры исследуемых местообитаний *T. cristatus* на Урале

Местообитания	SO_4^{2-}	K^+	pH	XПК	Минерализация (мг/л)
Красноуфимский район (n=7)	68.2±29.3	7.108±1	7.7±0.1	9.2±2.2	398.2±144.7
Нязепетровский район (n=5)	6.2±1.4	18.2±3.8	7.3±0.2	26.4±6.3	205.7±23
Кусинский район (n=4)	8.5±5.7	0.9±0.1	7.5±0.3	8.5±3.3	103±27.2
Значимость различий	F(2. 13)=5.9. p=0.01	F(2. 13)=9.9. p=0.002	F(2. 13)=2.2. p=0.15	F(2. 13)=4.8. p=0.02	F(2. 13)=3.8. p=0.05

Оценка разнообразия внешних аномалий показала, что у взрослых животных спектр включает 18 вариантов отклонений: анофтальмия, депигментация радужины, деформация хвостовых мышц, аномалии гребня, отростки на хвосте, искривление кончика хвоста, искривление фаланг, эктродактилия, эктромелия, синдактилия, схизодактилия, олигодактилия, полидактилия, полимелия, утолщение предплечья, утолщение фаланги, пигментные отклонения, новообразования. В Нязепетровском районе встречается 10 вариантов отклонений, в Красноуфимском и Кусинском районе 13. Наибольший процент аномальных животных 23.5%, и самая высокая частота девиантных форм 30.7% наблюдается в Красноуфимском районе, наименьший процент аномальных амфибий 13.6% и самая низкая частота девиантных форм 15.7% в Нязепетровском районе. В Кусинском районе доля девиантных особей составила 15.9%, а частота аномалий – 18.7 %.

Выявлены существенные различия по частоте особей с внешними аномалиями взрослых *T. cristatus* Среднего и Южного Урала между популяциями из Красноуфимского и Кусинского района, Красноуфимского и Нязепетровского района (Таблица 2). Максимальное перекрытие спектров – 59.7% отмечено между популяциями Красноуфимского и Нязепетровского районов, средний уровень – 32% между Красноуфимским и Кусинским районами, и минимальное – 19.2% между Кусинским и Нязепетровским районами.

Таблица 2 – Значимость различий по частоте особей с внешними аномалиями у взрослых *T. cristatus* на Среднем и Южном Урале

Местообитание	Красноуфимский р-н	Кусинский р-н	Нязепетровский р-н
Красноуфимский р-н		p=0.04	p=0.02
Кусинский р-н	4.4		p=0.6
Нязепетровский р-н	5.5	0.3	

*Примечание: выше диагонали – значимость различий, ниже диагонали – значения χ^2 с поправкой Йетса

Использование индексов биоразнообразия выявило межпопуляционные различия ($p=0.0001$) по внешним аномалиям гребчатого тритона на изучаемых территориях. Наблюдается увеличение индекса Маргалефа и Шеннона в Кусинском районе, что отражает высокое богатство и разнообразие аномалий в популяции данного местообитания. Рост индекса Бергера-Паркера в Красноуфимском районе, связано с уменьшением разнообразия и увеличением степени доминирования отдельного варианта аномалии (эктродактилии) (Рисунок 1).

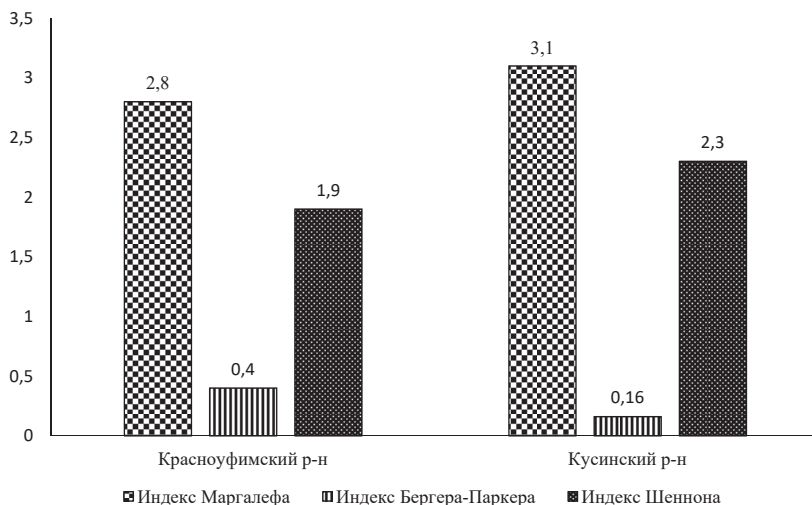


Рисунок 1 – Оценка межпопуляционных различий спектров внешних аномалий исследуемых популяций с помощью индексов биоразнообразия

В целом, отмечено преобладание аномалий дистальных частей конечностей: эктро-, схизо- и олигодактилия. Максимальное разнообразие спектра и наибольшая частота аномалий, наблюдалась в Красноуфимском районе, где отмечен максимальный уровень минерализации вод (Таблица 1), что обусловлено присутствием карстовых пород и сульфатов.

Все исследованные популяции находятся на северо-восточной границе распространения гребчатого тритона, где условия обитания далеки от оптимума, характерного для данного центральноевропейского вида (Берзин, Вершинин, 2022). Этому сопутствует широкий спектр и значительная встречаемость аномалий, в сравнении с северо-западом России (Литвинчук, 2014). Отмечены уникальные варианты отклонений, такие как депигментация радужины, аномальная пигментация кожи, симметричная эктродактилия.

Заключение

Высокая частота аномалий у гребчатого тритона связана с тем, что онтогенез в

изученных популяциях протекает в условиях, лежащих за пределами экологического оптимума, что сопровождается выходом морфогенеза существенной части особей за рамки модальной части распределения, расширении спектра и росте частоты девиантных форм. Вероятно, одним из немаловажных факторов, обуславливающих значительный процент девиантных особей *T. cristatus*, высокую частоту внешних и скелетных аномалий является региональная геохимическая специфика.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН, № госрегистрации темы 122021000082-0.

Список литературы

Берзин Д. Л., Вершинин В. Л. Гребенчатый тритон *Triturus cristatus* Laurenti 1768 (Caudata, Salamandridae) у восточной границы ареала на Среднем Урале // Зоол. журн. 2022. Т. 101, № 10. С. 1127–1135.

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий: [Учебное пособие] / Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2015. 80 с.

Вершинин В. Л., Берзин Д. Л. Гребенчатый тритон // Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Отв. редактор Н. С. Корытин. Екатеринбург: ООО: «Мир», 2018. С.100.

Литвинчук С. Н. Аномалии у двух видов тритонов на северо-западе России: сравнительный анализ // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды. Мат-ы междунар. шк.-конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. С. 127–135.

Литвинчук С. Н., Боркин Л. Я. Эволюция, систематика и распространение гребенчатых тритонов (*Triturus cristatus* complex) на территории России и сопредельных стран. Спб.: Европейский Дом, 2009. 592 с.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.

Решетников А. Н. Влияние ротана *Perccottus glenii* на амфибий в малых водоемах. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 2003. 24 с.

Чибилев Е. А., Ищенко В. Г. Хвостатые: гребенчатый тритон // Красная книга Челябинской области: Животные. Растения. Грибы. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. С. 106.

Chiacchio M., Mazoschek L., Vershinin V. et al. Distant but similar: simultaneous drop in the abundance of three independent amphibian communities // Conservation Science and Practice. 2022. 4(11).

Denoël M. Newt decline in Western Europe: highlights from relative distribution changes within guilds // Biodiversity and Conservation. 2012. V. 21, № 11. P. 2887–2898.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ ГЕТЕРОФИЛОВ ЖИВОРОДЯЩЕЙ
ЯЩЕРИЦЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ГИБЕРНАЦИИ

А. Т.БИЛЬЧИК¹, К. Ю.ПЕРМЯКОВА¹, Р. В. ЖЕЛАНКИН²

¹ФГБОУ ВО МГАВМИБ – МВА ИМ. К.И. СКРЯБИНА, (МОСКВА)

²ООО «ВОЗРОЖДЕНИЕ ВВЦ» (ЦЕНТР «МОСКВАРИУМ») (МОСКВА)

bilchik.sasha@mail.ru, kristusha164@mail.ru, littletick@yandex.ru

INVESTIGATION OF THE PHAGOCYTTIC ACTIVITY OF HETEROPHILES OF
COMMON LIZARD IN PREPARATION FOR HIBERNATION

A. T.BILCHIK¹, K. Y.PERMIAKOVA¹, R. V. ZHELANKIN²

¹K. I. SCRIBIN ACADEMY OF VETERINARY MEDICINE AND BIOTECHNOLOGY
(MOSCOW)

² «MOSKVARIUM» CENTER (MOSCOW)

In the course of studying the innate immunity of common lizards (*Zootoca vivipara vivipara* (Jacquin, 1787)) in an active state and in a state of hibernation, it was found that the indicators of phagocytosis in active lizards were within normal limits, while in lizards in a state of hibernation the absorptive capacity decreased.

Введение

Изучение особенностей иммунной системы рептилий в зависимости от температурного фактора является перспективным направлением при исследовании гибернации (брумации – «зимовки») и эстивации (Vistro et al., 2020). Живородящая ящерица относится к облигатным гибернаторам, поскольку зимняя спячка находится у нее под эндогенным контролем. Вместе с тем факультативная гибернация также свойственна этому виду, в то же время ящерица переносит повторное замораживание до –8°C (Берман и др., 2016). Кровь ящериц имеет ряд биологических особенностей (ядерные эритроциты и тромбоциты, большое разнообразие гранулоцитов), поэтому может возникать ряд проблем при проведении лабораторных исследований крови (Ганшук, Воробьева, 2009).

Материал и методы

Объектами исследования служили 6 живородящих ящериц (*Zootoca vivipara vivipara* (Jacquin, 1787)). У животных кровь брали путем декапитации. Пользовались стандартным методом определения фагоцитарной активности нейтрофилов (в данном случае гетерофилов – модифицированным для рептилий) (Девришов и др., 2012; Желанкин и др., 2008). Для исследования использовали тест-микроб *E. coli*, выделенный из экскрементов ящериц на

питательной среде Эндо. Окрашивание мазков проводилось по методу Романовского-Гимза. Определялись следующие показатели поглощающей способности гетерофилов: процент фагоцитоза, фагоцитарное число, фагоцитарный индекс.

Результаты и обсуждение

Клетки врожденного иммунитета живородящих ящериц демонстрировали высокую поглощающую способность. Исходя из полученных данных о проценте фагоцитоза, у ящериц в начальной стадии гибернации средняя поглощающая способность иммунных клеток была вдвое ниже (37.5%), по сравнению с данным показателем у активных ящериц (75.5%). Та же ситуация наблюдалась с фагоцитарным числом – в среднем 2.53 у активных и 0.96 у гибернирующих. Фагоцитарный индекс (ФИ) у ящериц в гибернации также был ниже, чем у активных ящериц (2.48 против 3.37). В сравнении с другим представителем подотряда ящериц – желтопузиком – показатели фагоцитарной активности живородящей ящерицы можно считать низкими (ФИ желтопузика 9.3-16,8, ПФ – 67-91%) (Желанкин и др., 2008). В качестве нижних порогов для желтопузика указаны значения при воздействии препарата – иммуносупрессора, поэтому при соотношении показателей у двух видов можно говорить о значительной иммуносупрессии на начальной стадии гибернации живородящей ящерицы.

Заключение

Стандартный метод определения поглощающей способности фагоцитов может применяться в составе комплексной оценки иммунного статуса ящериц. Полученные данные фагоцитарной активности гетерофилов указывают на снижение иммунитета при гибернации живородящей ящерицы.

Список литературы

Берман Д. И., Булахова Н. А., Алфимов А. В. И др. Живородящая ящерица зимой в Сибири // Природа. 2016. № 10. С. 16–29.

Ганцук С. В., Воробьева А. С. Сравнительная характеристика периферической крови двух видов ящериц камского Предуралья // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Самарская Лука. 2009. Т. 18, № 1. С. 47–50.

Девришов Д. А., Печникова Г. Н., Жарова Т. П. и др. Методы оценки специфических и неспецифических факторов иммунитета: Уч.-методич. пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГАВМиБ, 2012. С. 4–5.

Желанкин Р. В., Брылина В. Е., Васильев Д. Б. и др. Иммунный статус и его изменения у ящериц *Pseudopus apodus* в связи с дегельминтизацией и последующей иммунокоррекцией // Научные исследования в зоологических парках. 2008. № 24. С. 53–62.

Vistro W. A., Zhang Y., Azhar M. et al. Hematological and Plasma Biochemical Parameters of Chinese Soft-Shelled Turtle during Hibernation and Non-Hibernation // International J. of Agriculture

ПАТОЛОГИИ В СТРУКТУРЕ КОСТНОЙ ТКАНИ НА ПОПЕРЕЧНЫХ СРЕЗАХ ТРУБЧАТЫХ
КОСТЕЙ ОЗЕРНЫХ ЛЯГУШЕК

М. А. БРЯКОВА^{1,2}

¹УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА
РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА (ЕКАТЕРИНБУРГ)

²ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРО РАН (ЕКАТЕРИНБУРГ)

marina.briakova@urfu.ru

PATHOLOGIES IN THE STRUCTURE OF BONE TISSUE ON CROSS SECTIONS OF TUBULAR
BONES OF MARSH FROGS

М. А. BRIAKOVA^{1,2}

¹URAL FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER THE FIRST PRESIDENT OF RUSSIA
B. N. YELTSIN

²INSTITUTE OF PLANT AND ANIMAL ECOLOGY, URAL BRANCH, RUSSIAN ACADEMY
OF SCIENCES (EKATERINBURG)

This paper presents the results of a study of populations of marsh frogs from the Kamchatka for the presence of pathologies in the structure of bone tissue on transverse sections of tibiofibula prepared using the skeletochronology method. As a result, 8 out of 603 studied individuals showed changes in the structure of bone tissue, which were supposedly the result of injury, which amounted to 1.3% of the studied sample.

Введение

Согласно литературным данным, аномалии и патологии в структуре костей амфибий могут быть связаны с повышенной концентрацией некоторых химических элементов в окружающей среде, результатом травм, инфекции (Skutschas et al, 2018), а также с метаболическими заболеваниями (Rothschild, 2010). Патологии в костных структурах наблюдаются как у современных, так и у ископаемых видов амфибий и рептилий (Skutschas et al, 2018).

Изменения в структуре костной ткани у амфибий представляет собой очень специализированную категорию патологий, которая получила минимальное освещение в научной литературе (Rothschild, 2010; Skutschas et al, 2018).

Целью данного исследования было изучение структуры поперечных срезов диафиза голени озерных лягушек *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), для выявления патологий в структуре костной ткани.

Для выполнения заданной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить окрашенные поперечные срезы диафиза голени озерных лягушек, обитающих в термальных водоемах полуострова Камчатка, для выявления аномальных структур.
2. Оценить частоту встречаемости патологий в структуре костной ткани костей голени озерных лягушек, а также выявить зависимость наличия аномалий от пола и морфы.

Материал и методы

Материалом для данного исследования послужили 603 особи озерных лягушек, собранных Сергеем Марленовичем Ляпковым на территории полуострова Камчатка в период с 2015 по 2017 г., среди которых 244 самки, 313 самцов и 46 неполовозрелых особей. Места сбора показаны на Рисунке 1. Поперечные срезы из середины диафиза голени каждой лягушки были

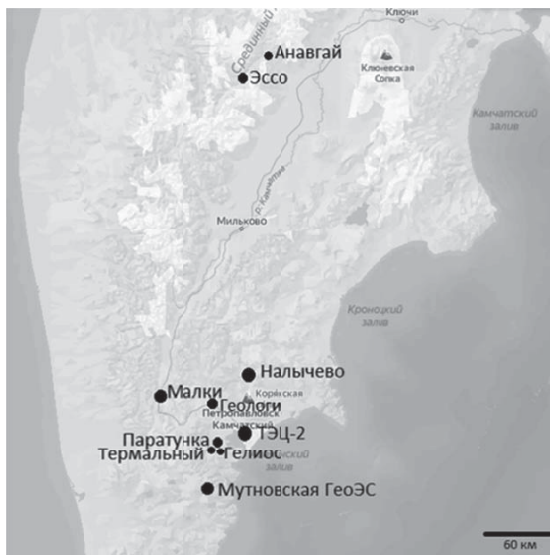


Рисунок 1 – Фрагмент карты полуострова Камчатка с местами сбора материала изготовлены с помощью метода скелетохронологии по стандартной методике (Смирин, 1989; Rozenblut, Ogielska, 2005).

Результаты и обсуждение

Патологии в костях голени озерных лягушек популяций Камчатки были обнаружены всего у 8 особей: у 1 особи из популяции Эссо, 2 особей из популяции Малка и у 5 особей из популяции ТЭЦ-2. Стоит отметить, что патологии обнаружены в наиболее многочисленных из изученных популяций (объемы выборок см. в таблице 1). В большинстве случаев они были видны лишь на поперечных срезах голени, при визуальном осмотре целой кости никаких отклонений от нормы обнаружено не было. У 3 особей при визуальном осмотре были обнаружены изменения структуры кости: № 242 (2016 г.), № 326 (2016 г.) и № 23 (2017 г.),

Таблица 1– Размер выборок в каждом местообитании

Название местообитания	Общее количество особей, экз.	Количество особей с патологиями, экз.
Паратунка	30	0
Эссо	109	1
Термальный	78	0
Теплоэлектроцентральный-2	149	5
Малка	123	2
Гелиос	43	0
Анавгай	52	0
Мутновская геотермальная электростанция	3	0
Налычево	3	0
Геологи	4	0
Халактырское озеро	7	0

(Рисунки 2, 3 и 4), соответственно у 5 лягушек внешних проявлений изменения структуры кости не было обнаружено.

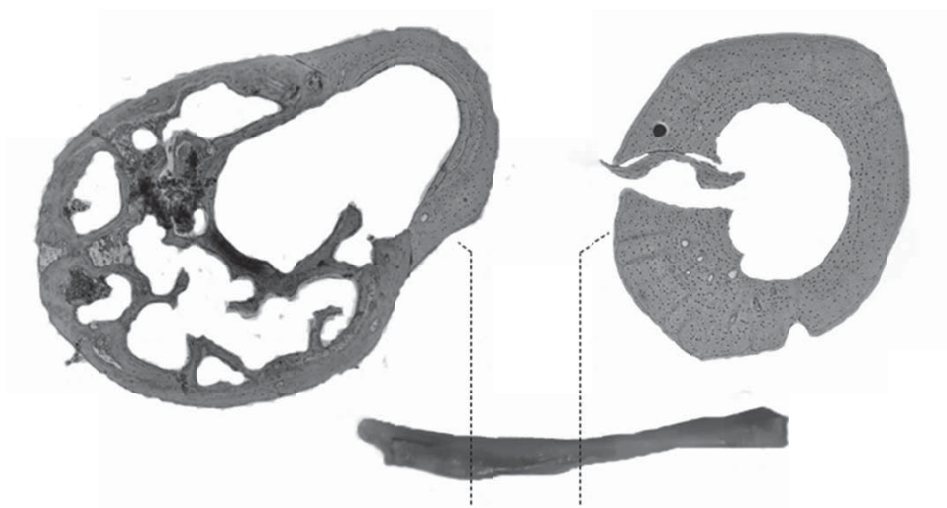


Рисунок 2 – Поперечный срез кости голени самца озерной лягушки № 242.

(Здесь и далее пунктиром показано место поперечного среза)

Процент встречаемости патологичных структур в костях голени в исследованной выборке озерных лягушек популяций Камчатки составил 1.3%. Значимой связи наличия патологий в структуре кости с полом ($\chi^2=0.284$, $df=2$, $p>0.05$) и с морфой ($\chi^2=0.138$, $df=1$, $p>0.05$) не обнаружено.

К первой группе можно отнести образование полостей в местах работы остеоцитов с неравномерным распределением межклеточного вещества вокруг них. Зачастую в местах, где

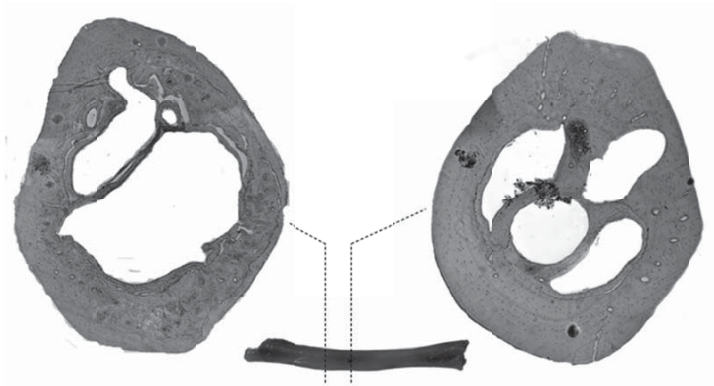


Рисунок 3 – Поперечный срез кости голени самца озерной лягушки № 326

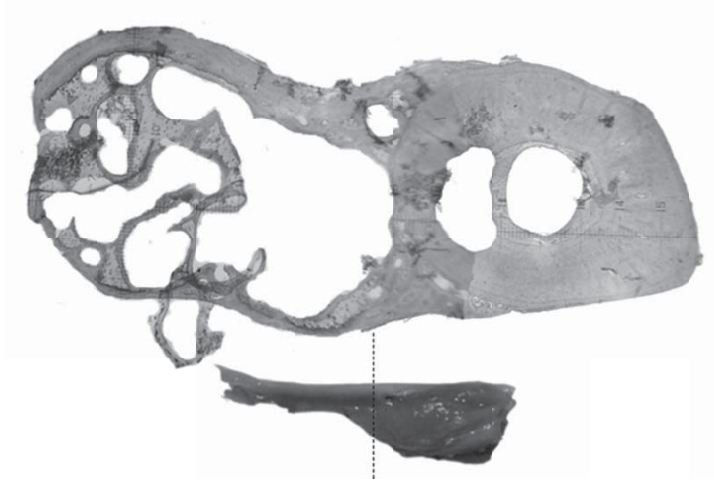


Рисунок 4 – Поперечный срез кости голени самца озерной лягушки № 23

обнаруживается данная патология, наблюдается выпячивание наружного края кости в поперечном сечении, однако данный признак без дополнительных исследований нельзя считать диагностическим при анализе трубчатых костей на наличие аномалий и патологий, так как нормальная кость в поперечном сечении также может иметь неровный контур. В изученной литературе не удалось обнаружить патологии и аномалии подобного рода, однако можно предположить, что данная патология является результатом травмы.

Ко второй группе относятся патологии, которые представляют собой разрастание костной ткани с образованием твердых плотных наростов на ограниченном участке кости. У самцов № 23 (Рисунок 4) и № 242 (Рисунок 2) из популяции ТЭЦ-2 наблюдается отложение солей извести, внутренняя структура экзостоза пористая за счет наличия крупных кистозных

полостей с растворением ткани, представлена разрастанием первичной периостальной костной ткани с параллельными волокнами. В полостях наблюдается скопление темноокрашенных клеток, представляющих собой гнойное очаговое расплавление с полиморфной клеточной инфильтрацией (Rothschild et al., 2012). У современных рептилий подобное образование идентифицировано как гематома (Rothschild, 2010; Skutschas et al., 2018), что позволяет предположить, что представленные у самцов озерной лягушки популяций Камчатки патологии также являются результатом травмы с последующим образованием гематомы. Однако стоит отметить тот факт, что у самца озерной лягушки № 23 были отмечены симметричные экзостозы на обеих костях голени.

Заключение

Поперечные срезы костей голени озерных лягушек популяций полуострова Камчатка выявили патологии костей голени у 8 из 603 исследованных особей, что составляет 1.3%. Значимой связи между наличием аномалии кости голени и полом, а также между наличием аномалии кости голени и морфой обнаружено не было. Было отмечено, что в 5 из 8 случаев изменения структуры костной ткани были заметны только после изготовления поперечных срезов кости.

Благодарности

Автор выражает свою искреннюю благодарность к.б.н., в.н.с. кафедры Эволюционной биологии биологического факультета МГУ Ляпкову Сергею Марленовичу за предоставленную возможность работать с его сборами, д.б.н., заведующему лабораторией Функциональной экологии наземных животных ИЭРиЖ УрО РАН Вершинину Владимиру Леонидовичу за ценные советы и к.в.н., доценту кафедры Морфологии и экспертизы факультета ветеринарной медицины и экспертизы УрГАУ Попкову Егору Ивановичу за помощь в описании структуры поперечных срезов. Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН (№ госрегистрации темы 122021000082-0).

Список литературы

- Смирин Э. М.* Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев, 1989. С. 144–153.
- Rothschild B. M., Schultze H. P., Pellegrini R.* Herpetological osteopathology: annotated bibliography of amphibians and reptiles. NY: Springer New York, 2012. 450 p.
- Rothschild B.* Macroscopic recognition of nontraumatic osseous pathology in the postcranial skeletons of crocodylians and lizards // J. of Herpetology. 2010. V. 44, № 1. P. 13–20.
- Rozenblut B., Ogielska M.* Development and growth of long bones in European water frogs (Amphibia: Anura: Ranidae), with remarks on age determination // J. of morphology. 2005. V. 265, № 3. P. 304–317.

Skutschas P., Kolchanov V., Boitsova E. et al. Osseous anomalies of the cryptobranchid *Eoscapherpeton asiaticum* (Amphibia: Caudata) from the Late Cretaceous of Uzbekistan // Fossil. Record. 2018. V. 21, № 1. P. 159–169.

АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ *HEMIDACTYLUS FRENATUS*
(SCHNEIDER, 1792) (REPTILIA, SAURIA, GEKKONIDAE) В ГОРОДАХ ЮГО-
ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

О. Ю. БУЛДОВА, Е. Л. КОНСТАНТИНОВ

КАЛУЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО

buldova.o@yandex.ru, nepentes@list.ru

ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL ABNORMALS *HEMIDACTYLUS FRENATUS* (SCHNEIDER,
1792) (REPTILIA, SAURIA, GEKKONIDAE) IN THE CITIES OF SOUTH – EAST ASIA

O. YU. BULDOVA, E. L. KONSTANTINOV

KALUGA STATE UNIVERSITY NAMED AFTER K. E. TSIOLKOVSKY

buldova.o@yandex.ru, nepentes@list.ru

The paper presents the results of an analysis of morphological anomalies in the house gecko *Hemidactylus frenatus*, which inhabits the capitals of large cities in Southeast Asia. When processing 739 specimens of *H. frenatus*, 47 specimens were found to have one or another type of anomaly ($P_{as}=6.36\%$). In the noted groups, limb anomalies are most common in individuals ($P_{as}=5.81\%$). Analysis of intercity characteristics of the manifestation of anomalies revealed significant differences ($p<0.05$). The results of the analysis indicate the specificity of the urban environment associated with the degree of urbanization.

Введение

Нарушение стабильности развития организмов под действием различных факторов приводит к появлению морфологических девиаций (аномалий). Большинство работ по данной теме указывают на увеличение спектров и частот аномалий в неблагоприятных условиях среды. Город же в свою очередь, как среда с большим разнообразием мест обитания, приобретает особую значимость в вышеуказанных исследованиях.

Актуальность таких исследований определяется описанием этих явлений в герпетофауне в антропогенно-трансформированных биотопах (городах). В отечественной литературе имеется материал по данной теме на примере амфибий в работе Л. Я. Боркина с соавторами (Боркин и др., 2012), в сборнике конференций по аномалиям (Вершинин и др., 2014).

Одним из основных критериев для оценки качества среды с помощью биоиндикационных методов является высокая встречаемость вида-индикатора. Перспективными видами синантропной герпетофауны Юго-Восточной являются наиболее

часто встречающиеся представители рода *Hemidactylus*, в частности *H. frenatus*.

В данной работе проведен анализ мофологических аномалий *H. frenatus* в зависимости от половой структуры и межгородских различий в крупных городах Юго-Восточной Азии (Бангкок, Пномпень, Вьентьян).

Материал и методы

Материалом для данной работы послужили экспедиционные сборы 2011 – 2014 гг. Всего в анализе использовано 739 особей: в г. Бангкок – 714 (♂ 86 ♀129), в г. Пномпень – 205 (♂ 89 ♀91) и в г. Вьентьян – 211 (♂ 85 ♀87). Сбор материала произведен в центральной части и на окраинах городов.

Типизация аномалий проведена в соответствии и известными подходами (Некрасова, 2008; Вершинин, 2015). Определение аномалий производили с применением бинокля МБС-12. При статистической обработке были использованы критерии, предложенные Л. Я. Боркиным с соавторами (Боркин и др., 2012). Математическая обработка результатов производилась с применением таблиц Excel 2019.

Результаты и обсуждения

В ходе камеральной обработки 739 экземпляров *H. frenatus* в изученных городах, было обнаружено 47 особей, имеющих тот или иной вид аномалий $P_{as}=6.36\%$.

В отмеченных группах чаще всего встречаются особи, имеющие аномалии конечностей ($P_{as}=5.81\%$). Наибольший вклад в значение этого показателя вносит брахидактилия (brachydactyly) – короткие пальцы (уменьшенное количество фаланг), что составляет $P_{as}=5.55\%$.

Из групп других аномалий ($P_{as}=0.26\%$) сходное распространение имеют эктродактилия (ectrodactyly) – отсутствие некоторых целых пальцев, аномалии в виде клешни ($A_p=0.14\%$ и $A_{ra}=2.56\%$), эктромалия (ectromelia) – отсутствие какой-либо части конечности ($A_p=0.14\%$ и $A_{ra}=2.56\%$) и новообразования хвоста ($A_p=0.14\%$ и $A_{ra}=2.56\%$).

Анализ объединенной выборки самцов и самок показал разное распределение аномалий. У самцов из 260 особей аномалии имеют 14 экземпляров ($P_{as}=1.89\%$), среди 307 самок обнаружено 20 особей с тем или иным видом аномалий ($P_{as}=2.71\%$).

Как у самцов, так и самок наиболее подвержены различным аномалиям конечности (♂ $P_{as}=2.30\%$ и ♀ $P_{as}=2.70\%$).

В группе других аномалий процент встречаемости особей с девиациями у самцов и самок сходен (♂ $P_{as}=2.16\%$ и ♀ $P_{as}=2.51\%$).

Анализ общего спектра аномалий не выявил значимых различий по индексу Животовского (♂ $S_{ap}(\mu)=0.60\pm 0.19$, ♀ $S_{ap}(\mu)=0.65\pm 0.25$ $p<0.05$) и доли редких морф (♂ $h=0.99\pm 0.003$, ♀ $h=0.99\pm 0.003$ $p<0.05$). Показатели разнообразия аномалий и доли редких морф у самцов и самок указывают на равномерное распределение.

Изучаемые города существенно отличаются друг от друга по степени урбанизации. Одним из показателей процесса урбанизации является увеличение численности городского населения. По последним данным численность населения г. Бангкок составляет более 8 млн. человек, г. Пномпень около 2 млн. человек и г. Вьентьян порядка 900 тыс. человек.

Самым разнообразным городом по количеству выявленных аномалий является г. Бангкок ($N_{as}=39$ (24♂ и 15♀)), далее следует г. Пномпень ($N_{as}=6$ (4♂ и 2♀)) и г. Вьентьян ($N_{as}=2$ (1♂ и 1♀)). Встречаемость особей с аномалиями по городам имеет следующее распределение: г. Бангкок ($P_{as}=12.07\%$), г. Пномпень ($P_{as}=2.93\%$), г. Вьентьян ($P_{as}=0.95\%$).

Несмотря на то, что некоторые аномалии имеют разные частоты проявления у самцов и самок, общий спектр разнообразия у них схожий.

В зависимости от типов городов их пространственная структура может сильно различаться (Вершинин, 2014). В городе можно выделить условно центр и краевую зону. В Бангкоке в центре из 68 особей морфологические аномалии имеют 24 экземпляра ($P_{as}=35.29\%$), в северной окраине из 64 особей у 2 ($P_{as}=3.13\%$), в восточной части города из 107 особей у 8 ($P_{as}=7.47\%$) и в западной окраине у 7 из 65 особей ($P_{as}=10.77\%$). На юге морфологические аномалии особей не обнаружены.

В центральной части Пномпеня из 24 обследованных особей морфологические аномалии обнаружены у 3 ($P_{as}=12.5\%$), в северной окраине из 52 у 2 ($P_{as}=3.84\%$), в западной окраине из 29 особей у 1 экземпляра отмечена аномалия ($P_{as}=3.44\%$).

В центре г. Вьентьяна из 50 особей морфологические аномалии имеет 1 экземпляр ($P_{as}=2\%$), в восточной части города из 30 особей так же у 1 отмечены аномалии ($P_{as}=3.33\%$).

В изучаемых городах наиболее часто обнаруживаемой группой морфологических аномалий являются аномалии конечностей ($A_p=5.81\%$ и $A_{ra}=93.61\%$): в г. Бангкоке ($A_p=11.4\%$ и $A_{ra}=94.87\%$), в г. Пномпене ($A_p=2.92\%$ и $A_{ra}=83.33\%$) и в г. Вьентьяне ($A_p=0.94\%$ и $A_{ra}=100\%$).

Индекс Животовского значимо выше ($p<0,05$) в г. Бангкоке ($S_{ap}(\mu)=2.077\pm 0.48$), чем в г. Пномпене ($S_{ap}(\mu)=1.32\pm 0.17$), и г. Вьентьяне ($S_{ap}(\mu)=1.01\pm 0.06$).

Анализ сравнения доли редких морф показал, статистически значимые ($p<0,05$) различия имеются между г. Вьентьяном ($h=1.0\pm 0.05$) с г. Бангкоком ($h=0.99\pm 0.04$) и г. Пномпене ($h=0.99\pm 0.04$).

По литературным данным известно, что по мере роста антропогенной нагрузки увеличивается видовое разнообразие девиаций и доля особей с аномалиями, а также частота встречаемости аномалий в городских местах обитания по сравнению с естественными биоценозами (Вершинин, 1989; Куранова, 1998).

Результаты анализа свидетельствуют о специфичности городской среды, связанной со степенью урбанизации (Вершинин, 2014).

Заключение

При обработке 739 особей *H. frenatus* в изученных городах, было обнаружено 47 особей, имеющих тот или иной вид аномалий $P_{as}=6.36\%$.

В отмеченных группах девиаций наиболее часто встречаются особи имеющие аномалии конечностей ($P_{as}=5.81\%$). Наибольший вклад в значение этого показателя вносит брахидактилия (brachydactyly) – короткие пальцы (уменьшенное количество фаланг), что составляет $P_{as}=5.55\%$.

Из группы других аномалий ($P_{as}=0.26\%$) поровну распределены эктродактилия (ectrodactyly), эктромелия (ectromelia) и новообразования хвоста ($A_p=0.14\%$ и $A_{ra}=2.56\%$).

Встречаемость особей с аномалиями по городам имеет следующее распределение: г. Бангкок ($P_{as}=12.07\%$), г. Пномпень ($P_{as}=2.93\%$), г. Вьентьян ($P_{as}=0.95\%$), что согласуется с нарастанием уровня урбанизации.

Список литературы

Боркин Л. Я., Безман-Мосейко О. С., Литвинчук С. Н. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Тр. Зоол. Ин-та РАН. СПб. 2012. Т. 316, № 4. С. 332–335.

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

Вершинин В. Л. Экология города: учебное пособие. 2–е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун – та, 2014. 88 с.

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

Клаустницер Б. Экология городской фауны. М.: Мир, 1990. 246 с.

Куранова В. Н. Фауна и экология земноводных и пресмыкающихся Юго-Востока Западной Сибири. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Свердловск, 1998. 24 с.

ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТАРНОЙ ИНВАЗИИ НА ПРОЯВЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ У ЛИЧИНОК ОСТРОМОРДОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA ARVALIS* NILSSON, 1842)

А. В. БУРАКОВА¹, В. Л. ВЕРШИНИН^{1,2}

¹ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРО РАН (ЕКАТЕРИНБУРГ)

²УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ЕКАТЕРИНБУРГ)

annabios@list.ru, vol_de_mar@list.ru

THE INFLUENCE OF PARASITIC INVASION ON THE MANIFESTATION OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN THE LARVAE OF THE MOOR FROG (*RANA ARVALIS*)

NILSSON, 1842)

A. V. BURAKOVA, V. L. VERSHININ

INSTITUTE OF PLANT & ANIMAL ECOLOGY, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE, URAL

DIVISION (EKATERINBURG)

URAL FEDERAL UNIVERSITY (EKATERINBURG)

The massive localization of metacercariae of the trematode *Opisthioglyphe ranae* (Frölich, 1791) in the tail of *R. arvalis* larvae and the presence of tail anomalies suggest that this parasite can initiate external morphological deviations of amphibians. Five variants of anomalies were identified in *R. arvalis* larvae. The residential zone of the urban agglomeration is characterized by the greatest variety of variants of anomalies, which is probably due not only to the characteristics of the development of amphibians, but also to the specifics of the anthropogenic environment: high mineralization, eutrophication of water bodies, changes in pH, temperature conditions. The most common option is tail shortening, the proportion of which is higher in the forest-park zone (80%).

Сочетанное влияние комплекса естественных и антропогенных факторов, наряду с паразитарной инвазией могут инициировать морфологические аномалии в популяциях амфибий, и как следствие, влиять на их выживаемость, приводя к сокращению численности популяций.

Влияние паразитарной инвазии на морфооблик амфибий отражена в ряде зарубежных работ (Sessions, Ruth, 1990; Johnson et al., 1999, 2002; Rajakaruna et al., 2008), где показано, что цисты паразитов могут влиять на морфогенез, вызывая, к примеру, многоконечность, отсутствие или деформацию конечности (Kevin, Johnson, 2012). Однако, впервые для Палеарктики такая работа была проведена на сеголетках *Rana arvalis* Nilsson, 1842, где показано, что вероятность формирования девиантных скелетных форм возрастает в популяциях амфибий зараженных цистами трематоды *Holostephanus volgensis* (Sudarikov, 1962) (Неустроева, Вершинин, 2011). Значительно позже коллективом российских и зарубежных авторов (Svinin et al., 2020) была исследована аномалия Р и доказана паразитарная природа формирования аномалии (вызывается трематодой *Strigea robusta* (Szidat, 1928)), а не вирусная, как предполагалось раньше.

Поскольку работ посвященных изучению паразитов личинок амфибий в сопряжении с морфологическими отклонениями на территории РФ нет, объектом нашего исследования стали головастики *R. arvalis*. В связи с этим, цель работы – анализ видового состава паразитов личинок *R. arvalis* и связь обнаруженных паразитов с выявленными морфологическими аномалиями у личинок *R. arvalis*.

Материал и методы

Сбор материала произведен в 2020 году на территории г. Екатеринбурга расположенного

на восточном склоне Среднего Урала. В работе использована типизация городских ландшафтов (Вершинин, 1983). Изучено 269 экз. личинок *R. arvalis*, из них в пределах городской агломерации – 210 экз. (на селитебной собрано 109 экз.; лесопарковой – 101 экз.), природных – 59 экз.

Работа проведена с применением стандартных методов и подходов. Определяли стадию развития личинок амфибий (Дабагян, Слепцова, 1975). Использовали метод полного гельминтологического вскрытия (Ивашкин и др., 1971), видовую принадлежность гельминтов устанавливали по определителю К. М. Рыжикова с соавторами (Рыжиков и др., 1980) и В. Е. Сударикова с соавторами (Судариков и др., 2002), для уточнения вида изготавливали тотальные препараты (Аниканова и др., 2007). Возрастная структура гемипопуляций гельминтов установлена на основании развития половой системы паразитов (Минеева, Евланов, 2009). Классификация аномалий устанавливалась по специализированной литературе (Вершинин, 2015). Статистический анализ произведен при помощи программы Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Обнаружено 6 видов гельминтов 2-х типов на разных стадиях развития:

Тип Nematoda Cobb, 1932

Класс Chromadorea Inglis, 1983: *Oswaldocruzia filiformis* (Goeze, 1782) (III стадия, кишечник), *Cosmocerca ornata* (Dujardin, 1845) (III стадия, кишечник), *Rhabdias bufonis* (Schränk, 1788) (III стадия, легкие).

Тип Platyhelminthes Claus, 1887

Класс Trematoda Rudolphi, 1808: *Opisthioglyphe ranae* (Frölich, 1791) (II стадия, кишечник), *Opisthioglyphe ranae* (Frölich, 1791) (IV стадия, кишечник), *Opisthioglyphe ranae* (Frölich, 1791), mtc. (хвост), *Opisthioglyphe ranae* (Frölich, 1791), mtc. (полость тела), *Holostephanus volgensis* (Sudarikov, 1962), mtc. (полость тела), *Haplometra cylindracea* (Zeder, 1800) (III стадия, легкие), *Haplometra cylindracea* (Zeder, 1800) (IV стадия, легкие).

В клоаке отмечены представители Типа Chromista Cavalier-Smith, 1981, Класса Opalineae Wenyon, 1926 – *Opalina ranarum* (Purkinje et Valentin, 1835). Выявлены не инвазионные стадии развития гельминтов.

Головастики чаще заражаются метацеркариями, в результате активного проникновения церкарий (Kehr, Namann, 2003). Наиболее часто в нашем исследовании у головастиков в хвостовом плавнике и сеголеток в полости тела встречается кишечная трематода *O. ranae*. Амфибии заражаются трематодой *O. ranae* двумя путями: 1 – триксенный жизненный цикл – со сменой 3-х хозяев, который заканчивается развитием половозрелой стадии (мариты) при поедании второго промежуточного хозяина, зараженного метацеркариями гельминта, окончательным хозяином; 2 – диксенный – со сменой 2-х хозяев, при котором церкарии *O.*

ranae проникают через однослойный покровный эпителий головастика в полость тела и накапливаются в богатом кровеносными сосудами хвосте (Grabda-Kasubska, 1969). В нашем исследовании вероятно, *O. ranae* развивается по второму типу.

У головастика *R. arvalis* обнаружено 5 вариантов аномалий, проявление которых может быть связано с паразитарной инвазией: укороченный хвост, искривление оси конца хвоста под прямым углом, искривление основания хвоста, кифоз, асинхрония развития правой и левой конечности. Вероятность того, что выявленные аномалии могут быть связаны с паразитарной инвазией достаточно высокая ($\chi^2=5.03$, при $p=0.0249$). Общая частота аномалий и аномальных особей составляет 6.32%, что достаточно много (Таблица 1). Значения этих показателей одинаковые, поскольку нет сочетанных аномалий.

Таблица 1 – Встречаемость внешних морфологических аномалий (%) у личинок *R. arvalis*

Тип аномалии	n <i>R. arvalis</i> / n аномалий	% аномалий	% аномальных особей
хвост укороченный	269/11	4.09	4.09
искривление оси конца хвоста под прямым углом	269/2	0.74	0.74
искривление основания хвоста	269/1	0.37	0.37
кифоз	269/2	0.74	0.74
асинхрония развития правой и левой конечности	269/1	0.37	0.37
Все аномалии	269/17	6.32	6.32

Согласно Е. Е. Коваленко (Коваленко, 2000) пороговое значение доли аномальных особей считается 5% (при условии минимальной выборки не менее 100 особей).

Наиболее частым вариантом аномалий у головастика *R. arvalis* были отклонения связанные с деформацией хвоста: укорочение хвоста (4.09%) – преобладающая аномалия, второй по распространенности тип аномалии – искривление оси конца хвоста под прямым углом (0.74%) и кифоз (0.74%). Все обнаруженные аномалии являются «фоновыми», проявление которых не всегда является следствием влияния неблагоприятных факторов среды (Коваленко, 2000). Общим вариантом аномалии является укороченный хвост, доля которого выше в лесопарковой зоне (80%). Наибольшим разнообразием вариантов аномалий характеризуется селитебная зона городской агломерации (Таблица 2).

Вероятность появления аномалии от паразитарной инвазии высока для селитебной и лесопарковой зон ($\chi^2=15.55$, при $p=0.0001$ и $\chi^2=15.55$, при $p=0.0001$ соответственно) (Таблица 2). Встречаемость такой аномалии как укороченный хвост увеличивается в градиенте урбанизации. Значимых различий между зонами не выявлено (Таблица 2).

Массовая локализация метацеркарий трематоды *O. ranae* в хвосте и наличие аномалий хвоста, позволяют предположить, что данный вид гельминта может инициировать выявленный

Таблица 2 – Встречаемость морфологических аномалий (%) и их доля у головастиков *R. arvalis* в градиенте урбанизации

Тип аномалии	Селитебная зона n=109	Лесопарковая зона n=101	Загородная территория n=59
хвост укороченный	4.59/55.56	3.96/80	3.39/66.67
искривление оси конца хвоста под прямым углом	1.84/22.22	–	–
искривление основания хвоста	–	0.99/20	–
кифоз	1.84/22.22	–	–
асинхрония развития правой и левой конечности	–	–	1.69/33.33
Все аномалии	8.25	4.95	5.08

Примечание: «–» – нет данных; n – выборка животных в каждой зоне; через «/» представлены данные по встречаемости и доле аномалии.

спектр отклонений. Высокая доля аномалий на городских территориях связана не только с особенностями развития амфибий, но и со спецификой антропогенной среды. Онтогенез амфибий протекает в открытой среде небольших водоемов, их кожа высоко проницаема для различных веществ, что делает их в высокой степени зависимыми от внешних факторов среды и способствует появлению девиантных морфологических форм. Наличие теплового загрязнения, изменения pH и минерализации нарушается нормальный ход онтогенеза, что способствует возникновению гетерохроний (Вершинин, 2011; Вершинин, Вершинина, 2018).

Антропогенные изменения среды, наряду с эффектом повышенной локальной плотности, наличием паразитарной инвазии, безусловно, оказывают влияние на качество морфогенеза головастиков амфибий.

Благодарности

Авторы выражают благодарность к.б.н. Н. С. Неустроевой за предоставленные данные, а также коллегам из ИЭРиЖ: к.б.н. С. Д. Вершининой, к.б.н. Д. Л. Берзину за помощь в сборе материала. Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН (№ госрегистрации темы 122021000082-0).

Список литературы

Аниканова В. С., Бугмырин С. В., Иешко Е. П. Методы сбора и изучения гельминтов мелких млекопитающих. Петрозаводск: Изд-во Карельск. науч. центра РАН, 2007. 145 с.

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

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 80 с.

Вершинин В. Л. Урбанистический градиент и его многолетняя динамика как основа эффективного контроля состояния популяций амфибий // Вопр. герпетол.: Мат-лы 4-го съезда

Герпетологического об-ва им. А. М. Никольского. СПб: Русская коллекция, 2011. С. 56–65.

Вершинин В. Л., Вершинина С. Д. Роль пространственной структуры и геохимии в морфогенезе амфибий (на примере девиантных форм *Rana arvalis* Nilsson, 1842) // Онтогенез и формирование биологического разнообразия. Серия «Геобиологические системы в прошлом». М.: ПИН РАН, 2018. С. 192-200. <http://www.paleo.ru/institute/publications/geo>

Дабаян Н. В., Слепцова Л. А. Травяная лягушка *Rana temporaria* L. // Объекты биологии развития. Москва: Наука, 1975. С. 442.

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

Коваленко Е. Е. Изменчивость посткраниального скелета бесхвостых амфибий (Amphibia, Anura): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2000. 117 с.

Минеева О. В., Евланов И. А. Возрастная структура и динамика численности гемипопуляции трематоды *Opisthioglyphe ranae* (PLAGIORCHIDAE) из озерной лягушки Саратовского водохранилища // Паразитология. 2009. Т. 43, № 6. С. 473–477.

Неустроева Н. С., Вершинин В. Л. Скелетные отклонения бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. Т. 4, № 123. С. 85–90.

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

Судариков В. Е., Шугин А. А., Курочкин Ю. В. и др. Метациклические трематоды – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. М.: Наука, 2002. Т. 1. 298 с.

Grabda-Kazubska B. Studies on abbreviation of the life-cycle in *Opisthioglyphe ranae* (Froelich, 1791) and *O. rastellus* (Olsson, 1876) (Trematoda: Plagiorchidae) // Acta Parasitol. Pol. 1969. V. 16. Fasc. 27. P. 249-269.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Ritchie E. G. et al. The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship // Science. 1999. V. 284, № 5415. P. 802–804.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Thurman E. M. et al. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the Western United States // Ecol. Monogr. 2002. № 72. P. 151–168.

Kevin B. L., Johnson P. T. J. A Practical Guide for the Study of Malformed Amphibians and Their Causes // J. of Herpetology. 2012. V. 46, № 4. P. 429-441.

Kehr I. A., Hamann M. I. Ecological aspects of parasitism in the tadpole of *Pseudis paradoxa* from Argentina // Herpetological Review. 2003. V. 34. P. 336–341.

Rajakaruna R. S., Piyatissa P. M. J. R., Jayawardena U. A. et al. Trematode infection induced malformations in the common hourglass treefrogs // J. of Zoology. 2008. V. 275. P. 89–95.

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

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Litvinchuk S. N. et al. *Strigea robusta* causes polydactyly and severe forms of Rostand's anomaly P in water frogs // Parasites Vectors 2020. V. 13, № 381.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ РАЗБИЕНИЙ КАРАПАКСА

Ю. Л. ВОЙТЕХОВСКИЙ¹, Д. Г. СТЕПЕНЩИКОВ²

¹РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. А. И. ГЕРЦЕНА (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

vojtehovskij@herzen.spb.ru)

²ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ КНЦ РАН (АПАТИТЫ, dm706390@mail.ru)

COMPUTER MODELLING OF POLYGONAL PARTITIONS OF THE CARAPAX

YU. L. VOYTEKHOVSKY¹, D. G. STEPENSHCHIKOV²

¹A. I. HERZEN RUSSIAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY (SAINT PETERSBURG)

²GEOLOGICAL INSTITUTE OF KSC RAS (APATITY, dm706390@mail.ru)

The article is devoted to the modelling of polygonal partitions of the carapax of turtles of the species *Trachemys scripta* Schoepff, 1792 into 4-, 5- and 6-corner plates of 13 number, converging on 3. We obtained 426 variants with point symmetry groups: 6mm (1), 4mm (1), 3m (2), mm2 (10), m (100), 2 (4), 1 (108). Normally, the carapax of *Trachemys scripta* has mm2 symmetry, excessive compared to m, sufficient for directional motion in the field of gravity according to Curie's principle. All known pathologies downgrade the symmetry of the carapax to symmetries 2 and 1. The results sharpen the question of what to consider normal and pathological from the point of view of organism functioning.

Введение

Панцири черепах (*Testudines*) – весьма удачные изобретения природы. Костные щитки образуют жесткие и вместительные для внутренних органов полусферические конструкции. Из возможных вариаций чисел, форм и сочетаний щитков в карапаксе и пластроне эволюция отобрала ряд оптимальных, ставших характеристиками биологических видов. На сегодня их известно около 230, группируемых в 12 семейств и 5 подотрядов, за 250 млн. лет освоивших сушу, пресные и солёные водоёмы. Но какие варианты исключены природой как неэффективные? Отчасти представить их позволяют зафиксированные в природе патологии. Их потенциальное (заведомо избыточное) разнообразие можно смоделировать при некоторых разумных граничных условиях, установленных на природных образцах того или иного биологического вида, взятого в совокупности – в норме и аномалиях. Далее эта задача решена

для карапаксов черепах вида *Trachemys scripta* Schoepff, 1792 (Рисунок 1).

Материал и методы

Для моделирования полигональных разбиений карапакса проанализированы нормальные и аномальные экземпляры вида *T. scripta* (Чхиквадзе, 1973; Черепанов, 1987; Бакрадзе, Пицхвлаури, 1989; Черепанов, 1994, 2016; Киладзе, 2017). Во всех случаях на карапаксах установлены 13 полигональных (4-, 5- и 6-угольных) щитков, сходящихся по три в каждом узле разбиения. Эти условия приняты в качестве граничных. Иные граничные условия (легко изменяемые в расчетных алгоритмах) дадут другие результаты.

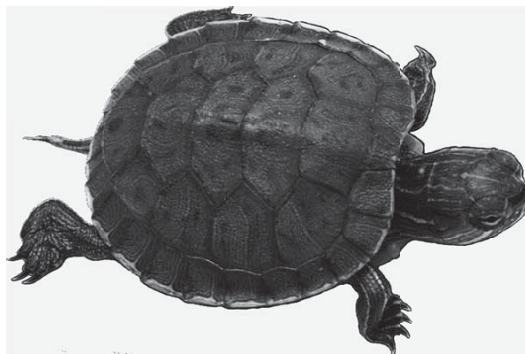


Рисунок 1 – Пресноводная красноухая черепаха вида *Trachemys scripta* Schoepff, 1792, подвид *Trachemys scripta elegans* (Wied 1839)

Для настоящего исследования адаптированы оригинальные алгоритмы (know how), ранее использованные для моделирования биологических объектов (капсидов икосаэдрических *Viruses*, скелетов *Radiolaria*, ценобиев *Volvocacea*, покровов иглобрюих *Diodon* и кузовковых *Ostraciidae* рыб), их минеральных структурных гомологов (фуллеренов) и выпуклых полиэдров общего вида (Войтеховский, 2001, 2009; Voytekhovskiy, 2014, 2015, 2016; Voytekhovskiy, Stepenshchikov, 2016).

Результаты и обсуждение

Моделирование с принятыми граничными условиями дало 426 комбинаторно различных (по набору щитков или/и их сочетанию в панцире) разбиений со следующими плоскими точечными группами симметрии (т. г. с.): 6mm (1), 4mm (1), 3m (2), mm2 (10), m (100), 2 (4), 1 (108). Эта характеристика фундаментальна в естественных науках, ибо показывает компромисс внутреннего императива эволюционирующего объекта и ограничений среды (Curie, 1894; Беклемишев, 1964; Шафрановский, 1985; Войтеховский и др., 2006; Войтеховский, 2010).

В норме карапакс *T. scripta* имеет симметрию mm2 (Рисунок 1, Рисунок 2, № 396), избыточную по сравнению с m, согласно принципу Кюри, необходимой и достаточной для горизонтального движения черепахи в поле силы тяжести. По литературным данным, все

известные патологии понижают симметрию карапакса до т. г. с. 2 и 1. Что же считать нормой, а что патологией? С точки зрения принципа Кюри, понижения симметрии карапакса с m до 2 и 1 – явные патологии, ибо они не совместимы с характером движения, что и подтверждается натурными наблюдениями. Завышенная симметрия $mm2$ выглядят аномальной по сравнению с необходимой и достаточной m . Но $mm2$ – норма с точки зрения успешной жизненной стратегии *T. scripta*. Следовательно, т. г. с. 6mm, 4mm и 3m, если они были бы встречены в карапаксах, тоже должны рассматриваться как благоприятные аномалии (по сравнению с нормой $mm2$), но не как патологии.

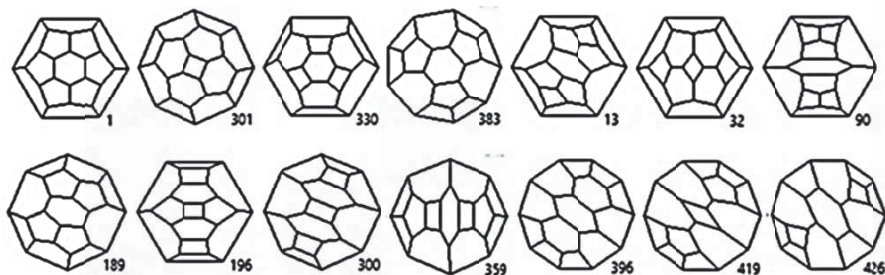


Рисунок 2 – Разбиения с избыточной симметрией: т. г. с. 6mm (# 1), 4mm (301), 3m (330, 383), $mm2$ (13, 32, 90, 189, 196, 300, 359, 396, 419, 426).

Заключение

С точки зрения математического моделирования, черепахи – это бегающие и плавающие решения диофантовых (в целых неотрицательных числах) уравнений относительно наборов полигональных щитков, образующих квази-полусферические панцири. При заданных граничных условиях спектр непротиворечивых численных решений и их геометрических реализаций может быть найден для любого вида *Testudines* Batsch, 1788. По отношению к норме, найденной природой в ходе эволюции, модельные спектры заведомо избыточны.

Результаты моделирования карапаксов для красноухой черепахи *T. scripta* указывают на необходимость строгого определения понятий нормы, аномалии и патологии. Норма – стиль организации, генетически закрепленный биологическим видом. Аномалия – любое отклонение от нормы. Патология – негативная аномалия, понижающая шансы организма на выживание.

С точки зрения принципа Кюри, для горизонтального движения в поле силы тяжести черепахам необходимо и достаточно иметь карапакс с т. г. с. m . В этом смысле его т. г. с. $mm2$ у *T. scripta* кажется избыточной аномалией, но не патологией. Этот морфоструктурный феномен следует рассматривать как эволюционный эпифеномен.

Список литературы

Бакрадзе М. А., Пицхеллаури В. П. Интересная морфа средиземноморской черепахи // Вопросы герпетологии. Киев: Наукова думка, 1989. С. 20.

Беклемишев В. Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. М.: Наука, 1964. Т. 1. 432 с. Т. 2. 448 с.

Войтеховский Ю. Л. О морфологическом разнообразии колоний *Pandorina morum* (Müll.) Bory (Volvocaceae) // Журн. общ. биол. 2001. Т. 62, № 5. С. 425–429.

Войтеховский Ю. Л. Геометрические мотивы в морфологии рыб *Tetraodontiformes* // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70, № 3. С. 257–261.

Войтеховский Ю. Л. Доступно и точно о принципе диссимметрии Кюри // Природа. 2010. № 6. С. 19–23.

Войтеховский Ю. Л., Тимофеева М. Г., Степенчиков Д. Г. Принцип Кюри и морфологическое разнообразие колоний *Pandorina morum* (Müll.) Bory (Volvocaceae) // Журн. общ. биол. 2006. Т. 67, № 3. С. 206–211.

Кладзе А. Б. Морфологическая геометрия карапакса различных экологических форм черепах. М.: РУСАЙНС, 2017. 194 с.

Черепанов Г. О. Формирование мозаики роговых щитков панциря черепах // Зоол. журн. 1987. Т. 66, № 9. С. 1339–1348.

Черепанов Г. О. Аномалии костного панциря черепах // Зоол. журн. 1994. Т. 73, № 6. С. 68–78.

Черепанов Г. О. Изменчивость щитков панциря черепах: закономерности морфогенеза и природа аномалий // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Биология. 2016. № 3. С. 170–174.

Чхиквадзе В. М. Мозаичность строения и особенности роста панциря черепах // Вопросы герпетологии. Киев: Наукова думка, 1973. С. 273.

Шафрановский И. И. Симметрия в природе. Л.: Недра, 1985. 168 с.

Curie P. Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique // J. Physique. Paris. 1894. № 3. P. 393–415.

Voytekhovskiy Yu. L. Symmetry, asymmetry, dissymmetry and enantiomorphism of the polyhedral forms // Paleont. J. 2014. V. 48, № 11. P. 1137–1142.

Voytekhovskiy Yu. L. Biomineral analogues in ontogeny and phylogeny // Paleont. J. 2015. V. 49, № 14. P. 1–7.

Voytekhovskiy Yu. L. Homological series of icosahedral viruses and fullerenes // Paleont. J. 2016. V. 50, № 13. P. 1505–1509.

Voytekhovskiy Yu. L., Stepenchikov D. G. Fullerene transformations as analogues of radiolarian skeleton microevolution // Paleont. J. 2016. V. 50, № 13. P. 1544–1548.

АНОМАЛИЯ КИШЕЧНИКА ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* (PALLAS, 1771) В ДАГЕСТАНЕ

Д. М. ГАМИДОВА¹, У. А. ГИЧИХАНОВА^{1,2}

¹Дагестанский государственный университет (Махачкала)

²Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург)

djamka_90@mail.ru, uzlipat92@mail.ru

ANOMALY OF THE INTESTINE OF THE MARSH FROG
PELOPHYLAX RIDIBUNDUS (PALLAS, 1771) IN DAGESTAN

D. M. GAMIDOVA¹, U. A. GICHIKHANOVA^{1,2}

¹Dagestan State University (Makhachkala)

²Zoological Institute RAS (St. Petersburg)

The article describes a rare anomaly of the digestive tract of a lake frog (*P. ridibundus*) caught in a reservoir in the city of Makhachkala.

Введение

У земноводных морфологические аномалии встречаются чаще, чем у других позвоночных (Dubois, 1979; Vershinin, 1989). Наиболее распространенным морфологическим отклонением амфибий является «аномалия Ростана», которая может проявляться в форме полидактилии (увеличение количества пальцев), полифалангии (увеличение количества фаланг пальцев), брахидактилии (укорочение пальцев), синдактилии (неполное или полное сращение двух или более пальцев), олигодактилии (уменьшение количества пальцев), эктродактилии (отсутствие или недоразвитие одного или нескольких пальцев), эктромелии (отсутствие или укорочение длинных костей) и др. Как правило, инфекционным агентом данной аномалии является паразит или вирус. Помимо перечисленных отклонений скелета конечности у амфибий выявлены мышечная дистрофия, аномалия вокализации, расширенный зрачок, аномалии узора, аномалии осевого и периферического скелета (Dubois, 2017; Vershinin 1989; Rostand, 1971; Ouellet, 2000; Боркин, 2014; Кожевникова, Лада, 2016; Трофимов, 2016; Марушак и др., 2017; Svinin et al., 2018, 2019a,b,c). В настоящей работе описывается вариант аномалии кишечника озерной лягушки *Pelophylax ridibundus*.

Материал и методы

Самец озерной лягушки был обнаружен 17 октября 2021 г. в одном из водоемов г. Махачкала (9 м н.у.м., 42°59'05.6"N, 47°29'38.8"E). Водоем общей площадью около 50 м², глубиной от 0.5 до 2 м. Вскрытие проводили по общепринятой методике (Карташев и др., 2004). После препарирования экземпляр был зафиксирован в 70 %-м растворе спирта и хранится в герпетологической коллекции кафедры зоологии и физиологии ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет». Для определения уровня загрязненности водоема был проведен химический анализ пробы воды в научно-производственной лаборатории экологического мониторинга и технических измерений.

Результаты и обсуждение

При содержании в лабораторных условиях пойманного самца озерной лягушки отклонения в его поведении не были выявлены, в том числе и пищевом. После рассмотрения внешнего строения на боковой стороне тела между верхней и нижней конечностью справа был обнаружен нехарактерный вырост розово-багрового цвета длиной 8 мм и диаметром 3 мм (Рисунок 1а). Внешнее травмирование на месте выроста не было отмечено. Вскрытие показало, что желудок слепо заканчивается и не связан с кишечником (Рисунок 1б). Вырост был расположен на границе тонкого и толстого отдела кишечника. Судя по литературным данным, вероятной причиной проявления аномалий у озерной лягушки могут быть различные факторы: наследственность (мутации, хромосомные aberrации), гибридизация, нарушение в эмбриональном развитии, заражение паразитами или вирусами, высокая плотность головастиков, нарушение питания, гормональный дисбаланс, экстремальные температуры

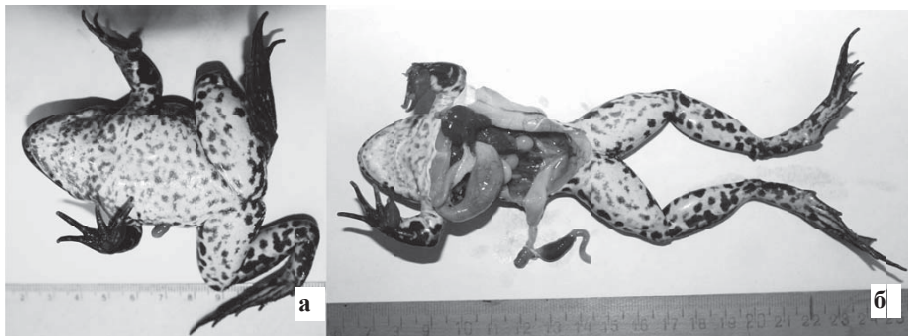


Рисунок 1 – Озерная лягушка *P. ridibundus* с аномалией желудочно-кишечного тракта
(а – внешнее строение, б – вскрытая лягушка)

среды, pH воды, загрязнение водоемов тяжёлыми металлами, пестицидами, удобрениями и др. (Dubois 1979; Vershinin, 1989; Ouellet et al., 1997; Flax, Borkin, 1997; Flyaks, Borkin, 2004; Nekrasova et al., 2007; Lannoo, 2008; Borkin et al., 2012; Безман-Мосейко и др., 2014; Henle et al., 2017). Остается непонятным как осуществлялась физиологическая функция пищеварения и чем вызвана была данная аномалия. При исследовании химического состава воды, где был пойман данный экземпляр, отмечен повышенный уровень нитратов и сульфатов.

Заключение

В работе приведено морфологическое описание редкого случая аномалии пищеварительной системы озерной лягушки, отловленной в водоеме г. Махачкала.

Список литературы

Безман-Мосейко О. С., Боркин Л. Я., Розанов Ю. М. и др. 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: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург, 2014. С. 13–19.

Боркин Л. Я. Морфологические аномалии в природных популяциях амфибий: что мы изучаем и как оцениваем? // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург. 2014. С. 25–36.

Карташев Н. Н., Соколов В. Е., Шилов И. А. Практикум по зоологии позвоночных: учеб. пособие для студ. вузов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Аспект Пресс, 2004. 383 с.

Кожевникова В. Н., Лада Г. А. О полидактилии у озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) в Тамбовской области // Общ. биол. 2016. Т. 21, вып. 1. С. 265–268.

Марущак А. Ю., Кузьмин Ю. И., Оскирко А. С. и др. Исследование морфологических аномалий и зараженности гельминтами озерных лягушек, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), в отдельных популяциях города Киева // Збірник праць Зоологічного музею. 2017. Вып. 48. С. 38–45.

Трофимов А. Г. Межпопуляционное сравнение аномалий скелета *Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771 // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3. Биология. 2016. Вып. 3. С. 150–156.

Dubois A. Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana esculenta* complex (Amphibia, Anura) // Mitt. Zool. Mus. in Berlin. 1979. V. 55. P. 59–87.

Dubois A. Rostand's anomaly P in Palaearctic green frogs (*Pelophylax*) and similar anomalies in amphibians. Studies on anomalies in natural populations of amphibians // Mertensiella. 2017. P. 49–56.

Flax N. L., Borkin L. J. High incidence of abnormalities in anurans in contaminated industrial areas (eastern Ukraine). In: Böhme W., Bischoff W. & Ziegler T. (ed.), Herpetologia bonnensis, Bonn: 1997. P. 119–123.

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

Henle K., Dubois A., Vershinin V. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes // Mertensiella (Studies on Anomalies in Natural Populations of Amphibians). 2017. P. 57–164.

Lannoo M. Malformed frogs. The collapse of aquatic ecosystems. Berkeley, Los Angeles, London (University of California Press), 2008. P. 1–288.

Ouellet M. Amphibian deformities: current state of knowledge. In: Sparling DW, Linder G,

Bishop CA (Eds) Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles. SETAC Press, Pensacola, Florida, 2000. P. 617–661.

Ouellet M., Bonin J., Rodrigue J. et al. Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats // J. of Wildlife Diseases. 1997. V. 33. P. 94–105.

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

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Litvinchuk S. N. et al. A mollusk *Planorbarius corneus* is an intermediate host of the infectious agent of Rostand's «Anomaly P» in green frogs // Russ. J. of Herpetology. 2019a. V. 26, № 6. P. 349–353.

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Litvinchuk S. N. et al. First record of the Jean Rostand's "anomaly P" in the marsh frog, *Pelophylax ridibundus*, in central Russia // Alytes. 2019b. V. 37. P. 31–45.

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Neymark L. A. et al. Morphological Deformities in Anuran Amphibians from the Koper River Valley in the «Privolzhskaya Lesostep» Nature Reserve and Adjacent Territories // The Second International conference «Amphibian and reptiles anomalies and pathology: methodology, evolutionary significance, monitoring and environmental health». KnE Life Sciences. 2018. P. 150–155.

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Osipov V. V. et al. New records of the anomaly P syndrome in two water frog species (*Pelophylax ridibundus* and *P. lessonae*) // Herpetozoa. 2019c. V. 32. P. 277–81.

Vershinin V. L. Morphological anomalies of amphibians in the urban area // Russ. J. of Ecol. 1989. V. 3. P. 58–66.

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ У ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ
(*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*, PALLAS, 1771) В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Г. А. ГАСЫМОВА^{1,2}, В. Л. ВЕРШИНИН^{3,4}

gqasimova@mail.ru, vol_de_mar@list.ru

¹ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

²УНИВЕРСИТЕТ ХАЗАР, КАФЕДРА ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, БАКУ,
АЗЕРБАЙДЖАН

³ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ЕКАТЕРИНБУРГ)

⁴УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ЕКАТЕРИНБУРГ)

THE PRESENCE OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN THE MARSH FROG (*PELOPHYLAX
RIDIBUNDUS*, PALLAS, 1771) IN AZERBAIJAN

¹ZOOLOGY INSTITUTE OF MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION REPUBLIC OF
AZERBAIJAN

²LIFE SCIENCES DEPARTMENT, KHAZAR UNIVERSITY, BAKU, AZERBAIJAN

³INSTITUTE OF PLANT AND ANIMAL ECOLOGY URAL DIVISION OF RUSSIAN ACADEMY
OF SCIENCES (EKATERINBURG)

⁴URAL FEDERAL UNIVERSITY (EKATERINBURG)

During faunistic studies conducted in the eastern part of Azerbaijan (Baku city suburb, Lankaran, Salyan and Khizi districts) various anomalies were recorded in 8 out of 80 individuals of Marsh frogs (*Pelophylax ridibundus*). These anomalies were grouped into two following types: 1) anomalies resulting from errors of morphogenesis (less number of toes on hind legs and incomplete striped pattern on the dorsal); 2) anomalies from traumatic injuries (jaw anomalies in individuals injured by fishing rod).

Введение

В течение последних двадцати лет рост количества различных аномалий, которые обнаруживаются у земноводных, вызывает беспокойство среди ученых и организаций, занимающихся охраной окружающей среды. Специальные исследования, проведенные в этом направлении, указывают на то, что появление аномалий у земноводных зависит от факторов, оказывающих на них прямое и косвенное воздействие. Генетические мутации, воздействие химических тератогенов, а также повреждения, вызванные хищными метазеркариями и трематодами, приводят к возникновению различных аномалий в структуре земноводных (Некрасова, 2008; Файзулин, 2012). Эти факторы не только порождают аномалии, но также снижают численность земноводных в мире.

В регионах, подверженных сильному воздействию человеческой деятельности, наблюдается увеличение разнообразия и общей частоты аномалий у земноводных (Вершинин, 2008). В настоящее время рекомендуется использовать разнообразие и частоту встречаемости аномалий в качестве ключевых показателей для оценки состояния популяций земноводных.

Цель работы – изучение разнообразия морфологических аномалий, которые были обнаружены в популяциях озерных лягушек на территориях, подверженных антропогенному воздействию разной степени, и выяснение причин, по которым они возникают.

Материал и методы

Информация, представленная в статье, была получена в период с 2017 по 2021 годы в восточной части Азербайджана, включая пригороды Баку, а также районы Ленкоран, Сальян и Хызи (Рисунок 1). В ходе фаунистических исследований, проведенных на 80 экземплярах озерных лягушек, были обнаружены разнообразные морфологические аномалии у 8 из них.



Рисунок 1 – Участки сбора материалов в ходе фаунистических исследований

Результаты и обсуждение

P. ridibundus, известная как озерная лягушка, представляет собой один из самых обычных и многочисленных видов земноводных в Азербайджане. Ее ареал охватывает различные водные и природные среды, включая полупустынные и пустынные зоны, а также высокогорные луга, а даже урбанизированные территории вблизи населенных пунктов (Алекперов, 1978; Гасымова, 2019, 2020). Озерная лягушка была обнаружена в наших исследованиях в водных средах, загрязненных бытовыми отходами. Многие ученые рассматривают этот вид как толерантный и адаптивный к экологическим изменениям.

В апреле 2017 года была выявлена аномалия в структуре нижней челюсти у одной из особой озерной лягушки, обитавшей в искусственном озере рядом с селом Истису в Ленкоранском районе (Рисунок 2 А).

Далее, одна из особей с аномалией в нижней челюсти была обнаружена среди десяти особей, собранных в сентябре 2019 года из канала в Сальянском районе (Рисунок. 2 Б). В четырех случаях полосы, обычно имеющие форму рисунка на спине, оказались либо неполными, либо разорванными (Рисунок 2 В).

В мае 2021 года была замечена еще одна аномалия у одной из тринадцати особей, которые были собраны из озера в районе села Даштатук в Ленкоранском районе. Этот случай характеризовался наличием двух пальцев и задней правой конечности у данной особи.

Кроме того, в сентябре 2019 года еще одна особь с аномалией на задней конечности была

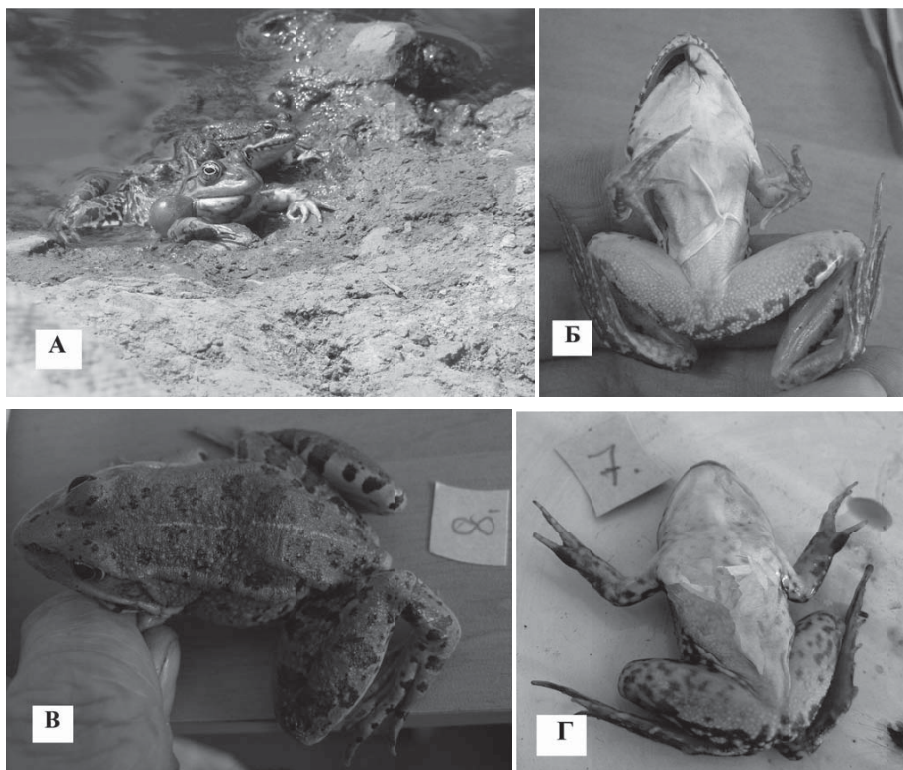


Рисунок 2 – Отмеченные аномалии озерной лягушки

(А – аномалия нижней челюсти, Ленкоранский район; Б – аномалия нижней челюсти, Сальянский район; В – неполная дорсомедиальная полоса, Сальянский район; Г – олигодактилия задней конечности)

обнаружена в одном из озер близ г. Баку. Среди восьми особей, собранных там, у одной из них было обнаружено три пальца на правой задней конечности (Рисунок 2 Г).

Отмечено, что отклонений от нормы не выявлено у двенадцати особей, собранных из окрестностей озера на территории Хызинского района, где проводились наши исследования.

Обычно аномалии в строении тела у земноводных классифицируются в две категории: 1) аномалии, которые происходят из-за ошибок в процессе морфогенеза; 2) аномалии, которые возникают в результате травм (Боркин, 2014). С учетом этого, мы также разделили аномалии, обнаруженные у озерных лягушек на два типа.

В первую категорию входят особи с недостаточным числом пальцев на задних конечностях (эктродактилия), которые были найдены у амфибий из озер Ленкоран и вокруг

города Баку, а также особи с неполной полосатой окраской на спине, обитающие в Сальянском районе. Эти аномалии обусловлены ошибками в процессе морфогенеза.

Аномалии, вызванные наростами, могут быть отнесены ко второй категории. К примеру, аномалии в строении челюстей, которые были обнаружены у особей из Ленкоранского и Сальянского районов, вероятно, связаны с травмами, полученными при попадании на крючок рыбаков.

Из наших данных видно, что аномалии, принадлежащие к первой категории, преобладают. В целом же стоит отметить, что случаи аномалий не являются массовыми, так как особи с такими аномалиями составляют очень малую часть от всей выборки.

Необходимо подчеркнуть, что предоставленная информация является лишь первоначальным обзором аномалий, выявленных у амфибий, обитающих в Азербайджане. Планируется проведение более глубоких исследований в данной области в будущем.

Список литературы

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

Файзулин А. И. Встречаемость и разнообразие морфологических аномалий популяций озерной лягушки (*Anura, Amphibia*) Среднего Поволжья // Изв. Самар. Науч. Центра Российской Академии Наук. 2012. Т. 14, № 5. С. 150–154.

Вершинин В. И. Амфибии как индикаторы состояния урбанизированных экосистем // Урбоэкосистемы. Проблемы и перспективы развития. Мат-лы III междунар. науч.-практич. конф. Ишим, 2008. С. 21–25.

Алекперов А. М. Земноводные и пресмыкающиеся Азербайджана. Баку: «Элм». 1978. 264 с.

Гасымова Г. А. Межпопуляционная изменчивость у озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) в Азербайджане // «Известия высших учебных заведений Поволжский регион. Естественные науки». 2019. № 2 (26). С. 28–37.

Гасымова Г. А. К биологии обыкновенной озерной лягушки (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771) в Азербайджане. // II Междунар. науч. конф. молодых ученых и специалистов на тему «Мультидисциплинарные подходы в решении современных проблем фундаментальных и прикладных наук». 2020. С.126–127 [на Азербайджанском].

Боркин Л. Я. Морфологические аномалии в природных популяциях амфибий: что мы изучаем и как оцениваем? // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: мат-лы Междунар. шк.-конфер. Екатеринбург Изд-во Уральского ун-та, 2014. С. 25–36.

ДВУХГОЛОВОСТЬ («СИАМСКИЕ БЛИЗНЕЦЫ») СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ ЧЕРЕПАХИ

TESTUDO GRAECA LINNAEUS, 1758 В ДАГЕСТАНЕ

У. А. ГИЧИХАНОВА^{1,2}, Л. Ф. МАЗАНАЕВА¹

¹Дагестанский государственный университет (Махачкала)

²Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург)

uzlipat92@mail.ru, mazanaev@mail.ru

TWO-HEADED (“SIAMESE TWINS”) OF THE MEDITERRANEAN TURTLE

TESTUDO GRAECA LINNAEUS, 1758 IN DAGESTAN

U. A. GICHIKHANOVA^{1,2}, L. F. MAZANAIEVA¹

¹Dagestan State University (Makhachkala)

²Zoological Institute RAS (St. Petersburg)

The article presents a morphological description of a two-headed specimen of the Mediterranean tortoise (*T. graeca*) from a clutch hatched in the Exo-Terra incubator and collected in the vicinity of the village of Achisu, Karabudakhkent district, Dagestan. Reconstruction of a three-dimensional model of an X-ray image of a Siamese twin *T. graeca* and study of its anatomical structure were carried out using the method of computer microtomography.

Введение

Двухголовость, или бифефалия – редкая аномалия, возникающая на стадии эмбрионального развития, когда идентичные близнецы не могут полностью отделиться друг от друга. Сиамские близнецы впервые были описаны для семейства Cheloniidae в XVII-XVIII вв. (Edwards, 1751). Позже двухголовая черепаха упоминается в American Journal of Science (Barbour, 1888). В опубликованной литературе приводятся сведения о проявлении данной аномалии у многих видов черепах под действием различных факторов (Hildebrand, 1938; Yntema, 1970; Tucker et al., 1976; Dimitropoulos, 1985; Eckert, 1990; Molina et al., 1996; Tucker, 1996; Tucker, Janzen, 1997; Harkewicz, 2002; Cooper, 2009; Sönmez et al., 2017; de Silva et al., 2020; Sirin et al., 2023). В СМИ также приводится информация о вылуплении двухголовой черепахи в Музее естественной истории в Женеве (09.1997 г.), в Великобритании (11.2004 г.), недалеко от Гаваны (09.2005 г.), в Киеве (2007 г.), в Китае (2018 г.), в США (09.2021 г.), в России (коллекционный экземпляр ЗИН РАН – ZISP 31384), а также на Тайване – трехголовой черепахи (1999 г.).

Материал и методы

В конце июня 2018 г. была инкубирована кладка средиземноморской черепахи *Testudo graeca* из 7 яиц в инкубаторе «Ехо-Тегга», отложенная в предгорьях Дагестана в окр. с. Ачису Карабудахкентского района. Вначале сентября из одного яйца, весом 25.3 г, длиной, шириной, высотой – 38.5, 35.4 и 32 мм соответственно, вылупилась двухголовая черепаха. На четвёртый

день после вылупления черепаха погибла. После гибели она была зафиксирована в 70 %-м растворе спирта. Экземпляр хранится в коллекции кафедры зоологии и физиологии ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет» (DGU 1/4, Респ. Дагестан, Карабудахкентский р-н, окр. с. Ачису, 11.09.2018, Leg: У. А. Гичиханова). Реконструкция трехмерной модели рентгеновского изображения сиамского близнеца *T. graeca* и изучение его анатомического строения было проведено с помощью метода компьютерной микротомографии (микро-КТ) в Центре коллективного пользования ЗИН РАН (<https://www.ckr-rf.ru/ckp/3038/>) на микротомографе NeoScan N80. Для визуализации 3D-модели была использована программа CTVox 3.3.0.0 (Bruker).

Результаты и обсуждение

Вылупившийся экземпляр средиземноморской черепахи является вариантом сиамских близнецов (Рисунок 1).

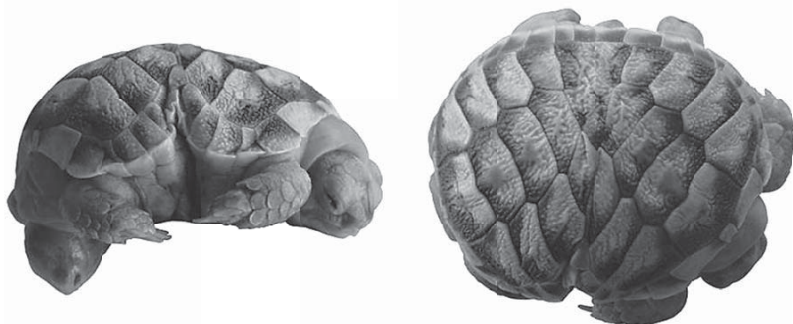


Рисунок 1 – Новорожденная двухголовая средиземноморская черепаха *T. graeca*.

Экземпляр имел две головы, две шеи, три пары конечностей (две передние и одна – задняя) и раздвоенный панцирь. Панцирь был сросшийся в области крестца и хвоста. В область срастания попала каудальная часть панциря обоих близнецов. У каждого близнеца срослись 4-5 позвоночных щитка. У левого близнеца выражены 1-3 плевральные щитки слева и 1-4 плевральные щитки – справа. У правого близнеца выражены 1-3 плевральные щитки справа и 1-4 плевральные щитки – слева. В область срастания попадает 4 плевральный щиток левого близнеца слева и правого близнеца справа. Маргинальные щитки левого близнеца слева (7-11) и правого близнеца справа (7-11) также сливаются. Маргинальные щитки правого ряда у левого близнеца и левого ряда правого близнеца представлены с 1 по 10. У правого близнеца намечается тенденция к раздвоению нухального щитка. Абдоминальные щитки сливаются наполовину. Супракаудальный, феморальные и анальные щитки у близнецов не отмечаются, так как они сливаются у обоих близнецов. Один близнец немного крупнее, чем второй. Длина

тела левого близнеца 2 мм, правого – 1.7 мм. Левый близнец характеризуется более крупным черепом. Срастание осевого скелета происходит в области 2 крестцового позвонка. Хвостовой отдел позвоночника один у обоих близнецов. Последняя пара ребер у левого близнеца не развита (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Трехмерная модель рентгеновского изображения сиамского близнеца средиземноморской черепахи *T. graeca*.

Заключение

Мы приводим морфологическое описание редкого случая аномалий – сиамские близнецы. Данные исследования расширяют общий спектр патологий рептилий.

Список литературы

Barbour E. H. A young tortoise, *Chrysemys picta*, with two heads // *American J. of Science*. 1888. V. 3, № 36. P. 227–230.

Cooper J. E. Conjoined («Siamese») twins of the leopard tortoise (*Geochelone pardalis*), with a plea for documentation of such abnormalities in reptiles // *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*. 2009. V.19, № 3. P. 69–71.

De Silva A., Bandaranayake R., Karunaratna S. Note on a case of congenital twinning of the star tortoise (*Geochelone elegans*) // *Sri Lanka, Radiata*. 2020. V. 29, № 4. P. 33–35.

Dimitropoulos A. A case of living twins in a single egg of the Marginated tortoise, (*Testudo marginata* Schoepff, 1792) in a clutch taken from the wild // *Herptile*. 1985. V. 10, № 3. P. 79–80.

Edwards G. A Natural History of Birds. Part IV. London, 1751. P. 206.

Eckert K. L. Twinning in leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) embryos // *Journal of Herpetology*. 1990. V. 24, № 3. P. 317–320.

Harkewicz K. A. Prolapse of the penis in a pair of conjoined twin male Hermanns tortoises

(*Testudo hermanni* spp.) // Proceedings of the Association of Reptilian Amphibian Veterinarians Conference. Reno. 2002. P. 11–12.

Hildebrand S. F. Twinning in turtles // J. of Heredity. 1938. V. 29, № 7. P. 243–254.

Molina F. B., Farias E. C., Gomes N. M. B. Case of twinning in the d'ORBIGNY's slides, *Trachemys dorbigni* (Testudines, Emydidae) // Bulletin of Chicago Herpetological Society. 1996. V. 31, № 8. P. 145–146.

Sönmez B., Sert M., Kayikçi S. et al. A two-headed green sea turtle (*Chelonia mydas*) hatchling on Samandağ beach, Turkey // Russ. J. Herpetol. 2017. V. 24, № 2. P. 158–162.

Sirin A., Dusen S, Baskale E. Evaluation of Siamese Twins of *Testudo graeca* Linnaeus, 1758 // Turkish Journal of Bioscience and Collections. Advanced Online Publicaton. 2023. P. 1–5.

Tucker J. K. Two examples of twinning in the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) // Bull. Chicago Herp. Soc. 1996. V. 31. P. 41–43.

Tucker J. K., Janzen F. J. Incidence of twinning in turtles // Copeia. 1997. V. 1. P. 166–173.

Tucker J. K., Funk R. S. Twinning in the Gulf Coast box turtle, *Terrapene carolina major*. // Florida Scientist. 1976. V. 39. P. 238–239.

Yntema C. L. Twinning in the common snapping turtle, *Chelydra serpentina* // The Anatomical Record. 1970. V. 166, № 3. 1970. P. 491–497.

АНОМАЛИИ КЛАДОК СИБИРСКОГО УГЛЮЗУБА (*SALAMANDRELLA KEYSERLINGII*
DYBOWSKI, 1870) НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

А. В. ГОРБУНОВА¹, В. Л. ВЕРШИНИН^{1,2}, Д. Л. БЕРЗИН¹

¹ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРО РАН (ЕКАТЕРИНБУРГ)

²УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ЕКАТЕРИНБУРГ)

ali.gorbunova.1998@yandex.ru, vol_de_mar@list.ru, berzin_dl@ipae.uran.ru

ANOMALIES OF SIBERIAN SALAMANDER CLUTCHES (*SALAMANDRELLA*
KEYSERLINGII DYBOWSKI, 1870) IN URBAN AREA

A. V. GORBUNOVA¹, V. L. VERSHININ^{1,2}, D. L. BERZIN¹

¹INSTITUTE OF PLANT & ANIMAL ECOLOGY, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE, URAL
DIVISION (EKATERINBURG)

²URAL FEDERAL UNIVERSITY (EKATERINBURG)

The article describes the encountered anomalies of Siberian salamander clutches along the urbanization gradient. The full range of anomalies was noted in the forest-park zone; the percentage of anomalies is higher in areas with increased anthropogenic load. The possible reasons for the occurrence of masonry anomalies are discussed.

Введение

Сибирский углозуб – представитель хвостатых амфибий, внесенный в Красную книгу Свердловской области. Репродуктивная специфика является важным аспектом жизнедеятельности земноводных, так как благодаря ему поддерживается численность популяций. Снижение плодовитости на урбанизированной территории, как и появление аномалий, может свидетельствовать о физиологических отклонениях в состоянии гонад у животных. Невозможность воспроизводства в течение нескольких лет может привести к исчезновению популяции.

Для оценки статуса вида и получения данных о репродуктивные специфика сибирского углозуба в черте Екатеринбурга и его окрестностях необходимо изучение аномалий кладок. Полученные данные могут быть применимы для создания проектов по сохранению данного вида хвостатых амфибий в городской черте.

Материал и методы

В пределах города Екатеринбурга исследовались популяции сибирского углозуба с разным уровнем урбанизации, в соответствии с типизацией В. Л. Вершинина (1980): III – зона малоэтажной застройки (Самолетная), IV – лесопарковая зона (Калиновский, Шарташский, Шувакишский, Юго-Западный лесопарки), К – загородная популяция, находящаяся в 23 км от г. Екатеринбурга (Режевской тракт).

В период икрометания визуально подсчитывалось количество кладок животных в каждом из исследуемых водоемов, оценивалась плодовитость сибирского углозуба. Наличие аномалий и количество икринок в каждом шнуре определялось в камеральных условиях по цифровым фотографиям прямым визуальным методом и подсчетом с использованием специально написанного скрипта (<https://sites.google.com/view/caviar-by-koya/caviar-counter>). Всего проанализировано 1217 кладок сибирского углозуба за период с 2016 по 2022 гг.

Гидрохимические анализы воды основных нерестовых водоемов были выполнены в лаборатории инженерно-экологических испытаний «АкваСолум».

Для оценки асимметрии кладок была использована формула:

$$X = (1 - a/b) * 100\%,$$

где a – это количество яиц в меньшем шнуре,

b – количество яиц в большем шнуре (Басарукин, Боркин, 1984).

Статистическая обработка данных проведена с использованием прикладного статистического пакета Statistica for Windows.

Результаты и обсуждение

В целом, выявлены следующие аномалии кладок:

1. кладки с диспергированным веществом яйца, диффузно равномерно

- распределённом в пределах наружной гелевой оболочки;
2. коагулированные кладки – гелевые оболочки яиц матовые, не набухают, развитие останавливается;
 3. кладки с аномально низким количеством икринок (менее 20 штук);
 4. кладки с большой асимметрией (более 30%);
 5. кладки с нерегулярным распределением яиц в шнуру;
 6. депигментированные кладки с икринками белого цвета (Вершинин, 2015).

Максимальная доля аномальных кладок (28.95%, n=55) приходится на зону малоэтажной застройки, более подверженной антропогенной нагрузке. В лесопарковой зоне – 9.66% (n=926), в зоне контроля – 17.1% (n=236). В то же время наиболее разнообразный спектр (все 6 аномалий) наблюдается в лесопарковой зоне города (Рисунок 1).

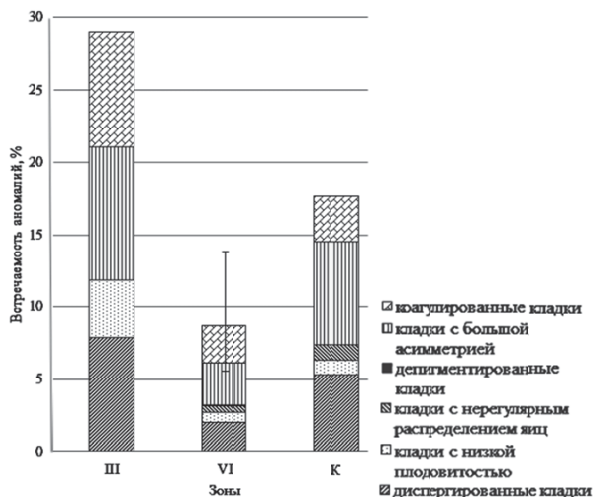


Рисунок 1 – Встречаемость аномалий в градиенте урбанизации

Наиболее распространены кладки с высокой степенью асимметрии – 3.33% всей выборки. Максимальное их количество встречается в зоне III (более 9%). Появление такого отклонения говорит о происходящих в организме самки негативных изменениях, вызванных урбанизацией (повышенный стресс, загрязненность местообитаний поллютантами). Они приводят к нарушению работы яичников, таким образом, один из них оказывается менее продуктивным, чем второй. Снижение плодовитости в городских популяциях связано с нарушением липидного обмена у самок из-за негативного влияния урбанизации (Вершинин, 1990).

Также представляет интерес следующая тенденция – встречаемость сильно асимметричных кладок снижается с увеличением количества яиц в них ($r=-0.33$, $n=1132$)

(Рисунок 2).

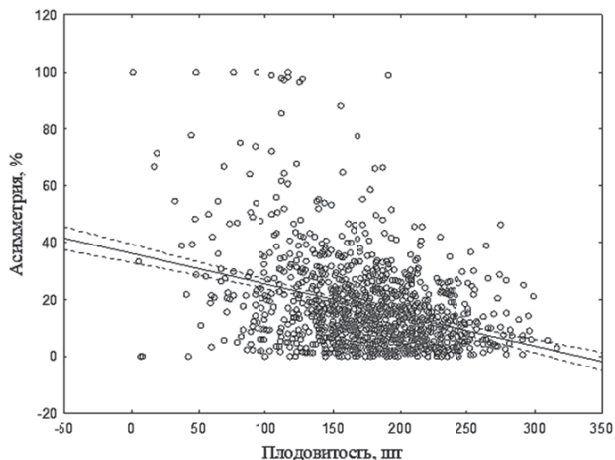


Рисунок 2 – Корреляция степени асимметрии кладки с количеством яиц

Из общих представлений, в популяции с нормальным распределением плодовитости высокой асимметрией должны обладать как кладки с минимальным, так и с максимальным числом яиц. Предположительно, у самок с низкой плодовитостью, в связи с наиболее изменённым физиологическим состоянием под действием антропогенных факторов, вероятность появления асимметричных кладок выше, чем у особей с высокой плодовитостью, чье физиологическое состояние, по ряду причин, оказалось менее изменённым.

На втором месте по встречаемости выделяются коагулированные (2.73%), а далее – диспергированные кладки (2.35%). Коагулированные погибшие кладки встречаются в водоемах с высокой кислотностью, pH 3.35-4.0. Снижение уровня воды в нерестовых местах приводит к повышению концентраций загрязняющих веществ в воде, что приводит к гибели кладок. Диспергированные кладки также чаще всего встречаются в зоне малоэтажной застройки. Повышенная антропогенная нагрузка, большое количество ТКО вокруг нерестовых водоемов и близость автодороги с высокой загруженностью негативно отражаются на окружающей среде и делают ее неблагоприятной для развития земноводных.

Снижение плодовитости вызвано сокращением резерва питательных веществ у производителей и необходимостью животных перераспределять ресурсы между текущим и последующим поколениями (Вершинин и др., 2006). Умеренное и слабое питание достоверно вызывает редукцию массы яичников (Вершинин, 1990). Отмечена также связь между количеством кладок с аномально низким количеством икринок и уровнем ХПК в нерестовых водоемах ($r=0.35$). Повышенное загрязнение органическими веществами, оказывает влияние на

физиологическое состояние самок, в результате чего они, обладают сниженной плодовитостью по достижении половозрелости.

Кладки с нерегулярным распределением икринок не встречались в зоне III, что вероятно, связано с небольшой выборкой, в сравнении с остальными зонами. Причины появления данной аномалии под вопросом. В кладке может происходить резорбция икры, как в случае с низкой плодовитостью. Скученное расположение икринок в узком конце шнура может в дальнейшем классифицироваться как отдельная аномалия кладок. Вероятно, галерты в этом случае имеют неравномерную толщину, что приводит, при их разбухании, к нерегулярному распределению яиц в кладке.

В лесопарковой зоне, из-за принадлежности к городу, часто происходит фрагментация местообитаний, что ограничивает популяцию и вызывает аномалии, обусловленные сокращением генетического разнообразия – таким образом, депигментированные кладки обнаружены только в одном из лесопарков города, на Калиновских разрезах. Нередко, выплывшиеся из альбиносических яиц личинки, постепенно пигментируются (Bender, 1997).

Заключение

Аномалии кладок земноводных возникают под влиянием комплекса факторов, включающих изменения в физиологическом состоянии репродуктивной системы производителей, неблагоприятные гидрохимические показатели нерестовых водоемов и загрязнение мест обитания, а также генетические особенности популяций. Такое воздействие может приводить к нарушениям процесса формирования кладок и развития личинок, что в свою очередь сказывается на выживаемости потомства и успешности размножения земноводных. Для сохранения устойчивости популяций необходимо изучать влияние данных факторов и минимизировать их, улучшая качество нерестовых водоемов, восстанавливать и сохранять места обитания, а также поддерживать генетическое разнообразие в популяциях.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН, № госрегистрации темы 122021000082-0.

Список литературы

Басарукин А. М., Боркин Л. Я. Распространение, экология и морфологическая изменчивость сибирского углозуба *Hynobius keyserlingii* на острове Сахалин // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Л., 1984. Т. 124. С. 12–54.

Вершинин В. Л. Распределение и видовой состав амфибий городской черты Свердловска // Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск, 1980. С. 5–6.

Вершинин В. Л. Аномальные кладки амфибий на территории городской агломерации // Экология. 1990. № 3. С. 61–66.

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий. Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 80 с.

Вершинин В. Л., Середюк С. Д., Черноусова Н. Ф. и др. Пути адаптиогенеза наземной фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург: УрО РАН, Банк культурной информации, 2006. 182 с.

Bender B. Temporärer Albinismus bei der Erdkröte *Bufo bufo* // Zeitschrift fuer Feldherpetologie. 1997. V. 41, №2. S. 212–214.

О ВОЗМОЖНОСТИ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ АМФИБИЙ ПРИ

ЛАБОРАТОРНОЙ КУЛЬТИВАЦИИ

М. Н. ДАНИЛОВА (ЕКАТЕРИНБУРГ)

mary.daniloff@gmail.com

TO AN OPPORTUNITY OF EARLY AMPHIBIAN ABNORMALITIES DETECTION DURING
LABORATORY CULTIVATION

M. N. DANILOVA (EKATERINBURG)

The article discusses the use of amphibian larvae cultivation under laboratory conditions to early dimorphisms detection. It includes a description of the types of abnormalities can be find out at different stages of larval development, as well as advantages and disadvantages of this approach.

Введение

Выявление аномалий строения у животных – одна из важнейших задач в морфологических исследованиях, в том числе герпетологических. Зачастую обнаружение дисморфии внешнего строения – дело случая, когда исследователь замечает необычное животное и отлавливает его для дальнейшего изучения. Даже при целенаправленном поиске особей с дефектами строения существует риск, что другие аналогичные объекты могут ускользнуть от внимания и спектр изучаемых аномалий не будет полным.

Культивация амфибий в лаборатории может служить разным целям. В том числе содержание целых кладок, изъятых в природе, либо полученных от лабораторных животных, может использоваться для получения однородных одновозрастных групп для дальнейших экспериментов, например, токсикологических. Постоянное наблюдение за развивающимися личинками и животными, проходящими метаморфоз, дает возможность зафиксировать проявление морфологических аномалий, начиная с ранних этапов онтогенеза. Наши предложения по выявлению дефектов строения опираются на практический опыт, полученный при проведении исследований влияния нефти на раннее развитие амфибий.

Материал и методы

Материал был собран автором в период работы в лаборатории экологического

мониторинга Института экологии растений и животных УрО РАН (1984-1988 гг.). Основной целью работы было выявления влияния различных доз сырой нефти на развитие головастиков бесхвостых амфибий. В экспериментах использовались остромордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson, 1842), травяная лягушка (*Rana temporaria* Linnaeus, 1758) и дальневосточная жерлянка (*Bombina orientalis* Boulenger, 1890). Кладки двух первых видов собирались в природе в окрестностях г. Екатеринбурга и одного из цехов по добыче нефти и газа в районе г. Сургута. В дальнейшем они были использованы в экспериментах. Также группа головастиков с формирующимися задними конечностями была отловлена на территории закрытой скважины Федоровского месторождения под г. Сургутом для дальнейшей культивации в условиях лаборатории. Икра дальневосточных жерлянок была получена в лаборатории от особей, пойманных в районе Уссурийского заповедника. Результаты основного исследования изложены в диссертационном исследовании автора (Данилова, 1992).

Наблюдения за развитием головастиков включали в себя еженедельную фиксацию стадии развития, длины туловища и массы животных, а также морфологических особенностей, если они имелись.

Особь, прошедшие метаморфоз, также культивировались некоторое время для получения данных об энергозатратах на этот процесс и общего наблюдения за их состоянием.

В данной статье мы не указываем видовую принадлежность обладателей тех или иных дисморфизмов, так как подход к их выявлению носит обобщенный характер. Количественное соотношение аномалий и нормы мы также не приводим, поскольку из-за различий отдельных кладок статистические данные не могут быть достоверными. Потенциальные причины морфологических отклонений нами не анализировались, поскольку такая цель в основном исследовании не ставилась.

Типологизация аномалий основывалась на работах В. Л. Вершинина и О. Д. Некрасовой (Вершинин, 2015, Некрасова, 2008).

Результаты и обсуждение

Учет морфологических аномалий у головастиков велся с целью получения дополнительных данных о воздействии загрязнителя. Исследование показало отсутствие такой связи, так как сходные аномалии выявлялись в разных экспериментальных группах и в контроле. Следует подчеркнуть, что наблюдались особенности отдельных кладок, проявившиеся в специфике выявленных дисморфологий.

Полученные в ходе работы результаты позволяют сформулировать ряд предложений по ранней детекции аномалий у личинок амфибий на протяжении лабораторного наблюдения. Стоит отметить, что индивидуумов с нарушениями, представляющими исследовательский интерес, рекомендуется изолировать для дальнейших наблюдений по мере обнаружения.

1. После изъятия из природы кладку яиц следует сохранить в комфортных условиях до выхода личинок.

На данный момент уже можно визуально идентифицировать некоторые из крупнейших аномалий осевого скелета, например, искривления или раздвоения головы и хвоста.

Так нами наблюдались признаки укорочения общей длины тела у отдельных головастиков, только выклюнувшихся из яиц.

2. Когда личинки начинают питаться самостоятельно и становятся более активными, деформации осевого скелета становятся все более очевидными, особенно искривления не только позвоночника, но и хвоста.

Также могут быть обнаружены дефекты строения лицевой части черепа (например, асимметрия, бицефалия и т.д.), кожи (различные нарушения окраски и структуры покровов), рта и ротового аппарата, а также лицевых органов чувств.

На этих стадиях раннего развития начинают проявляться физиологические отклонения, например, в виде гидропсии.

Во время наблюдения за формированием зачатков задних конечностей также можно заподозрить полимелию (в виде увеличенных или удвоенных бугорков).

Нами зафиксированы множественные случаи гидропсии туловищной части, у некоторых особей отеки в области нижней челюсти.

Выявлен случай искривления осевого скелета в крестцовой области.

Встречались индивидуумы с укороченным против нормы хвостом, с крючковидным изгибом на кончике хвоста, в основном, в горизонтальной плоскости, причем в одном случае с волнообразным изгибом, и еще одна особь имела изгиб, направленный вверх. У ряда головастиков наблюдалась волнообразная форма края плавника, окаймляющего хвост.

Были отмечены отдельные головастики с осветленной, либо затемненной окраской.

Также установлен случай бицефалии.

3. В предметаморфический и метаморфический периоды развитие конечностей делает отклонения более очевидными по мере формирования деталей. Устанавливаются все виды дисморфизмов скелета конечностей. После метаморфоза хорошо проявляются все типы дисморфогенеза скелетных образований, кожных покровов и органов чувств.

Многие аномалии, ранее отмеченные нами у развивающихся головастиков, сохранялись (гидропсия, искривления осевого скелета, укороченный хвост), другие становились ярковыраженными.

Нами были обнаружены несколько случаев асимметричной аниридии, как правой, так и левой.

Была отмечена особь с асимметричным строением нижней челюсти в сочетании с

гидропсией этой области.

Также на разных участках кожи фиксировались пятна, имевшие красноватый оттенок.

У одного индивидуума имелась опухоль на боковой поверхности хвоста.

Еще один экземпляр имел между задними конечностями небольшую опухоль с червеобразным выростом.

Были выявлены отдельные случаи укорочения бедренного отдела, что вызвало не смыкание коленных суставов.

Обнаружилась одна особь с полимелнией передней конечности в правой позиции. Дополнительная лапка находилась позади основной и была недоразвитой.

Также отмечены случаи ригидности задних конечностей. В одном случае лапки полностью располагались параллельно оси тела, в другом – перпендикулярно, но стопы были направлены кверху параллельно оси тела, в третьем – бедренные отделы и стопы были перпендикулярны оси тела, а берцовые – параллельны.

Опираясь, на наш опыт можно заключить, что раннее выявление аномалий, которые проявляются внешне в условиях лабораторного разведения амфибий, начиная с яиц и заканчивая, по крайней мере, стадией метаморфоза, делает потенциально возможным:

- статистическую оценку доли структурных нарушений без влияния абиотических факторов, хищников или инвазий;
- выявление тех дефектов, которые приводят к гибели личинок и не могут быть обнаружены при полевых исследованиях;
- выявление более широкого спектра дисморфизмов, чем при полевых исследованиях;
- использование для различных анализов более сформированные экземпляры при условии заботливого дорастивания до взрослого состояния особей, у которых в естественных популяциях аномалии вызывают снижение конкурентоспособности и создают более высокий риск гибели, по сравнению со здоровыми животными.

Тем не менее, есть и некоторые проблемные моменты:

- кладки разных самок из одного и того же водоема отличаются разной склонностью к проявлению тех или иных аномалий;
- изъятие яиц амфибий из естественной среды может привести к изменению генетического разнообразия и некоторому уменьшению численности популяций, последствия чего невозможно предсказать. Но этих последствий можно избежать, если, согласно гуманной рекомендации М. В. Магюшовой из Санкт-Петербургского государственного университета, особей, не имеющих морфологических отклонений, выпускать после метаморфоза обратно в естественную среду.

Заключение

Возможности, которые открывает перед исследователями выращивание земноводных, пойманных в природе на стадии икры, позволяют нам рекомендовать использование этого подхода в широком спектре исследований.

Несмотря на некоторые проблемные аспекты, такой подход дает надежду на расширение круга данных, необходимых для дальнейшего прогресса на пути изучения аномалий.

Список литературы

Данилова М. Н. Экспериментальное изучение влияния нефти на ранние этапы онтогенеза амфибий: дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1992. 129 с.

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий: учебное пособие. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2015. 80 с.

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

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МЕТОД СОДЕРЖАНИЯ И КАРАНТИНИРОВАНИЯ АМФИБИЙ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛЯ ВЫЖИВАНИЯ ПОТОМСТВА

Р. В. ЖЕЛАНКИН

ФГБНУ ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ РАН (МОСКВА); ООО «ВОЗРОЖДЕНИЕ ВВЦ» (ЦЕНТР «МОСКВАРИУМ») (МОСКВА)

zhelankin86@mail.ru

INDIVIDUAL METHOD OF AMPHIBIANS' KEEPING AND ITS EFFECTIVENESS FOR THE SURVIVAL OF OFFSPRING

R. V. ZHELANKIN

INSTITUTE OF PSYCHOLOGY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES (MOSCOW); «MOSKVARIUM» CENTER (MOSCOW)

When keeping young frogs in a common aquarium, the monthly mortality rate was 85% due to the disparity in the individual qualities of each animal, which led to the interception of food by some from others and cannibalism. It was decided in the future to place the animals in individual boxes and feed each one separately. The installation consisted of several boxes for keeping each individual inside a common aquatic system – an aquarium. To feed the frogs, the skinned imago of meat flies sprinkled with the «Ryabushka» premix were used. When kept in an experimental setup for 2 months of feeding frogs using the "Ryabushka" premix, the increase increased by an average of 2.5 mm, and the gain increased by 1.8 g, which exceeds the indicators of control individuals (0.5 mm, 0.7 g). Weekly hydrochemical tests indicated enhanced metabolic processes in amphibians fed in individual boxes.

Введение

Программы разведения и реинтродукции амфибий в неволе были созданы для

нескольких редких видов, находящихся под угрозой исчезновения, во всем мире, но с переменным успехом. Для их выращивания необходимо учесть многие параметры, касающиеся особенностей кормления. При этом рацион головастиков, метаморфизирующих сеголетков (метаморфов), годовиков и половозрелых особей сильно различается. Для головастиков требуются растительные корма, обогащенные белком беспозвоночных, для остальных же необходим живой корм (Матушкина и др., 2000). При этом нужно обеспечить хотя бы минимальное разнообразие кормовых объектов (Кузовенко, Файзулин, 2020), а также обогатить витаминно-минеральный состав кормов путем добавления премиксов.

Помимо редких видов, на сегодняшний день мясо некоторых лягушек является гастрономическим деликатесом, в связи с чем, лягушачьи фермы по всему миру нуждаются в обеспечении новыми технологиями (Желанкин и др., 2020).

В ряде российских и зарубежных материалов обсуждаются видоспецифичные методы обращения, передержки для обеспечения оптимального благополучия амфибий в неволе (Иванова, 2017; Silla et al., 2021). Согласно Международным стандартам, видоспецифичные требования к содержанию амфибий включают: категории основных сред обитания амфибий, параметры контроля искусственной среды обитания (температура, влажность, освещенность и т.д.), обогащения среды и ухода (ГОСТ 33219-2014), а также параметры оборудования помещений и организации процедур (ГОСТ 33215-2014). В программах разведения в неволе фотопериод в помещении для содержания амфибий должен отражать географическое положение вида.

Считается, что социальное поведение большинства земноводных в основном ограничено брачным сезоном. Тем не менее, рекомендуется групповое содержание амфибий, например, для улучшения питания и снижения реакции страха. Во избежание каннибализма и нанесения повреждений икре и личинок в стандарте положено изолировать от взрослых особей, а у сеголетков – путем подбора размера группы (ГОСТ 33219-2014). Интерес зоотехников и заводчиков амфибий, прежде всего, связан с временным раздельным содержанием вновь прибывших в хозяйство животных с целью карантинирования между вольерами и помещениями. Так, для крупномасштабного выращивания амфибий в неволе предлагаются простые в обслуживании системы со средней и высокой плотностью посадки (Browne et al., 2007).

Данные авторы рекомендуют использовать модульную систему модифицированных транспортных контейнеров, которые могут быть приспособлены для использования в качестве самостоятельных резервуаров для содержания отдельных видов или группы видов (ARC 2007). Эти системы требуют только функционирования внешних систем электроснабжения, водоснабжения и удаления отходов. Также для выращивания амфибий в аквакультуре,

рекомендуется увеличить интенсивность кормления путем его механизации и автоматизации, что особенно актуально на лягушачьих фермах закрытого типа (Желанкин и др., 2020).

В литературе не представлены способы решения проблемы выживания полученного потомства, особенно метаморфов бесхвостых амфибий, лишь указывается на низкий процент их выживаемости (Иванова, 2017).

Индивидуальный метод содержания молодняка в животноводстве апробирован, в частности, на коровах. При содержании телят до 2-месячного возраста в индивидуальных домиках-профилакториях на открытом воздухе площадью 1.8 м² опытная группа животных обладала на 3.2% более высокой относительной скоростью роста, чем контрольная (Карташова и др., 2011). Исходя из данных исследований выявлено, что содержание телят в индивидуальных условиях также способствовало укреплению состояния здоровья молодняка и формирование у животных механизмов адаптации к биоклиматическим факторам, в частности постоянно изменяющемуся температурному режиму.

Материал и методы

Установка представляла собой большой аквариум, подобный бассейну, в котором закреплялись индивидуальные боксы. Они были сделаны из прямоугольных пластиковых бутылок объемом 5 л., в которых располагались кормушка-тазик и укрытие из пластиковой трубки, зафиксированные с помощью пластмассовых хомутов. Над кормушкой располагалась воронка для забрасывания корма. Снизу заливалось 500–520 мл воды, а корпус бутылки был проколот отверстиями для проникновения воздуха. Все боксы располагались в большом аквариуме, заполненном водой на 5–8 см, так, что нижние части боксов были погружены в воду (Рисунок 1).

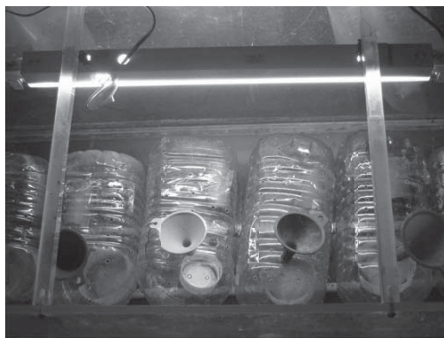


Рисунок 1 – Эксперимент с индивидуальным содержанием сеголетков (годовиков) озерной лягушки (сверху – люминесцентная лампа)

Подобный метод предложен автором впервые, так как предлагаемые зарубежными коллегами методы, хоть и включают техническое обеспечение пластиковых контейнеров, в том

числе индивидуальных, не допускают содержания каждой особи внутри общей водной системы, поскольку используются в целях карантина (Browne et al., 2007). В нашем случае система может быть использована для группового карантина с целью наблюдения за состоянием каждой особи, в сочетании со стерилизацией общего пула воды ультрафиолетовым стерилизатором.

Объектами исследования служили 6 опытных озерных лягушек (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771) и 4 контрольные – все одного возраста – сеголетки, выращенные из пойманных в природе головастиков. Начальная средняя масса опытных лягушек составляла 1.97 г, контрольных – 1.84 г. Лягушек содержали в индивидуальных боксах, описанных выше. Контрольные особи содержались в общем аквариуме.

Для кормления лягушек использовались обескрыленные имаго мясных мух, обсыпанные премиксом «Рябушка» – витаминно-минеральной добавкой, используемой в птицеводстве. Премикс давно используется террариумистами для кормления декоративных рептилий и амфибий (Окштейн, 2000), поскольку он обладает высокой адгезией к поверхности тела насекомых. До того как поместить живой корм в воронку индивидуального бокса, он обсыпался кормовой добавкой из расчета 0.5 г/кг массы корма. Смена воды производилась каждую неделю. Температура воздуха составляла +21-23°C, воды – +20-21°C. В каждом индивидуальном боксе проводилось измерение гидрохимических параметров при подмене воды 1 раз в неделю с помощью набора реактивов JBL Testlab в течение 3 недель для вычисления недельных показателей воды. Учет прироста длины туловища (от носа до копчика) проводился после 2 месяцев выращивания с помощью штангенциркуля. Учет привеса проводился с той же периодичностью с помощью электронных весов Pocket scale TH211.

Результаты и обсуждение

В качестве контрольного был проведен эксперимент: в акватеррариум размером 0.5м² были помещены 20 сеголетков-метаморфов озёрной лягушки, питание предоставлялось посредством цилиндрического решетчатого садка для вылупившихся из кокона туркменских тараканов, расположенного на кормоместе для лягушек. В садке были созданы условия для жизни насекомых, кормление производилось 2 раза в неделю. Тараканы при этом постепенно выползали из увеличенных ячеек садка, служа добычей лягушкам. У лягушек-метаморфов в данном эксперименте выживаемость была всего 15% в течение 1 месяца при содержании в условиях 0.025 м² на особь. Смерть происходила в результате «объедания» более активными лягушками менее активных (захвату основной пищи), а при разнице в размерах, возникающей в процессе роста, наблюдался прямой каннибализм. При индивидуальном содержании в экспериментальной установке за 2 месяца кормления лягушек с использованием премикса «Рябушка» прирост увеличился в среднем на 2.5±0.44 мм, а привес – на 1.8±0.23 г, что

превосходит показатели контрольных особей (0.5 мм, 0.7 г) (Таблица 1 – слева).

Таблица 1 – Прирост и привес опытных (опыт 1 – за 2021 г., опыт 2 – за 2023 г.) и контрольных озерных лягушек при добавлении в корм премикса «Рябушка» с указанием средних гидрохимических показателей

Показатели	Прирост за 2 мес., см.	Привес за 2 мес., г.	Гидрохимические показатели средние за 7 дней				
			кН, dkН	pH	CO ₂ мг/л	NO ₂ , мг/л	PO ₄ , мг/л
Опыт 2 (2023 г.)	0.25	1.8	4.21	7.90	2.59	0.06	0.17
Опыт 1 (2021 г.)	0.35	2.13	4.28	7,40	22.19	0.35	1.51
Контроль	0.2	0.70	3.50	7.85	3.50	0.35	0.66

В сравнении с проведенными ранее исследованиями (Желанкин, 2022) установлено, что опытная группа прибавила массу тела в 1.18 раз меньше, чем в предыдущем опыте, но в 2.57 раза больше, чем контрольная группа, а разница в росте была в 1.4 раза меньше, но контрольная группа отставала в 5 раз. Это связано с тем, что сеголетки в предыдущем опыте были взяты из природы, тогда как в данном исследовании они были получены из головастиков в лаборатории.

Гидрохимические показатели в опыте 1 в среднем были выше, чем в опыте 2 и контроле, что может свидетельствовать о более активном метаболизме при индивидуальном содержании (Таблица 1 – справа). Так, уровень углекислого газа был намного выше (для животных уровень должен стремиться к 0), и фосфат-ионов – также, а нитритов – не отличался от опыта. Активная реакция среды (pH) во втором опыте была более щелочной, нежели в первом опыте (ближе к нейтральному значению). Карбонатная жесткость (кН) отличалась незначительно. Показатель ионов аммония везде был одинаково низким, стремящимся к 0. Так, количество нитритов превысило допустимый уровень для пресноводного аквариума (в норме – 0) (Хомченко и др., 1997), что может быть связано с особенностью метаболизма лягушек; фосфат-ионов – превышено в опыте 1, норма – в опыте 2 и контроле (не более 1 ppm), pH во всех случаях понижен (в норме 8.1-8.4), кН соответственно тоже снижен (норма 8-12 dkН).

Заключение

Индивидуальный метод содержания сеголетков и годовиков озерной лягушки, предлагаемый автором, может быть рекомендован для разных видов бесхвостых амфибий, в том числе в качестве карантинного метода. Также метод подходит для исследования аномалий и протекания патологических процессов у амфибий, способов терапии и для зоопсихологических опытов. Показано увеличение прироста массы животных при кормлении живыми насекомыми совместно с премиксом «Рябушка» на 72% по сравнению с контролем, но был меньше на 54.2%, чем зафиксированный ранее автором в таком же опыте (Желанкин, 2022). Были выявлены индикаторы более эффективного метаболизма сеголетков озерных лягушек путем сравнения гидрохимических показателей. Итак, индивидуальный метод содержания лягушек, хотя и характеризуется увеличением поедаемости корма каждой

лягушкой (по сравнению с групповым содержанием), но нуждается в усовершенствовании путем более частой смены воды, стабильной температуры и освещенности.

Список литературы

Желанкин Р. В., Дернаков В. В., Пронина Г. И. Автоматизация кормления лягушек при аквариальном разведении // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса: мат-лы Национальной науч.-практич. конф. Ч. I. Рязань: Изд-во Рязанского гос. агротехнологического ун-та, 2020. С. 232–236

Желанкин Р. В. Показатели роста и выделения сеголетков озерной лягушки при моделировании промышленного индивидуального содержания // Беккеровские чтения. Мат-лы II Всеросс. Науч.-практич. конф. Волгоград, 2022. С. 69–72.

Иванова Н. Л. Биологические основы биотехнологии разведения интродуцированного в водоёмы Урала вида земноводных // Аграрн. Вестн. Урала. 2018. № 7. С. 65–67.

Карташова А. Н., Савченко С. В., Козельский В. Л. И др. Эффективность выращивания телят в индивидуальных домиках-профилакториях // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2011. № 14. С. 282–289.

Кузовенко А. Е., Файзулин А. И. О питании зеленых лягушек (*Pelophylax esculentus complex*) в популяционной системе REL-типа в Самарской области // Вестн. Тамбовского ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 2020. Т. 18. Вып. 6. С. 3022–3025.

Матушкина К. А., Кидов А. А., Серякова А. А. применение полнорационных кормов для рыб в зоокультуре жаб рода *Bufo* (*Amphibia, Anura, Bufonidae*) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. №1. С. 36–45.

Окитейн И. Л. Экзотические рептилии в юннатском кружке: Рекомендации по содержанию и разведению отдельных видов // М-во образования Росс. Федерации. Центр. станция юных натуралистов и экологов Минобразования России. Эксперим. шк.-лаб. М.: ЦСЮН, 2000. 27 с.

Хомченко И. Г., Трифонов А. В., Разуваев Б. Н. Современный аквариум и химия. Владимир: Изд-во «Новая Волна», 1997. 118 с

ГОСТ 33219-2014. Группа Т58. Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за рыбами, амфибиями и рептилиями. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127292>. (дата обращения 31.07.2024)

ГОСТ 33215-2014. Группа Т58. Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127789>. (дата обращения 31.07.2024)

Browne R. K., Odum R. A., Herman T., Zippel K. Facility Design and Associated Services for the Study of Amphibians. ILAR Journal. 2007. V. 48, № 3. P. 188–202.

Silla A. J., Calatayud N. E., Trudeau V. L. Amphibian reproductive technologies: approaches and welfare considerations // *Conserv. Physiol.* 2021. V. 9, № 1. coab011. doi: [10.1093/conphys/coab011](https://doi.org/10.1093/conphys/coab011)

МОНИТОРИНГ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В ГОРОДСКИХ
ПОПУЛЯЦИЯХ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ

Р. И. ЗАМАЛЕТДИНОВ

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (КАЗАНЬ)

i.ricinus@rambler.ru

MONITORING THE WIDESPREADING OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN URBAN
POPULATIONS OF ANURAN AMPHIBIANS

R. I. ZAMALETDINOV

KAZAN (VOLGA REGION) FEDERAL UNIVERSITY (KAZAN)

The article presents the results of long-term monitoring of the occurrence of morphological anomalies in mature individuals of tailless amphibians living in the territory of Kazan. In total, seven main types of anomalies have been identified over 20 years. In conditions of heterogeneity of the urban environment, a general pattern was identified – with the increase in anthropogenic transformation of the habitat, the overall diversity of types of anomalies decreases; In parallel, there is an increase in the incidence of polydactyly of the first toe on the hind limbs.

Введение

Тератологические явления издавна привлекают к себе внимание исследователей. Особый интерес к этой проблеме возникает в связи с интенсификацией антропогенного воздействия на окружающую среду, особенно на урбанизированных территориях (Vershinin, 2018). Последние представляют собой квинтэссенцию разнообразных типов антропогенной трансформации природной среды.

Принято считать, что с ростом антропогенной нагрузки увеличивается доля особей с аномалиями в выборке (Вершинин, 1989; 1997). Другие придерживаются мнения, что подобное утверждение некорректно и требует дальнейшего изучения (Коваленко, 2000; Flax, Borkin, 2004). Представляется целесообразным для более четкого понимания проблемы проведение работ мониторингового характера, в том числе и в условиях урбанизированных территорий. Настоящая работа представляет собой обзор данных, полученных в ходе 20-летних исследований в условиях интенсивной антропогенной трансформации природной среды в большом городе.

Материал и методы

В данной работе были проанализированы выборки половозрелых особей пяти видов бесхвостых амфибий: *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758), *Bufoites viridis* (Laurenti, 1768), *Rana arvalis* (Nilsson, 1842), *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882), которые были собраны в период 1997-2017 гг. на территории г. Казани.

Исходя из положения о том, что территория города является неоднородной (Клауснитцер, 1990; Вершинин, 1997) в настоящей работе мы использовали ранжирование территории Казани, основанной на характере использования того или иного участка. Нами были выделены следующие функциональные зоны (Замалетдинов и др., 2023): I зона. Условно эту зону можно обозначить как промышленную; II зона. Условно эта зона многоэтажной застройки и исторического центра города; III зона. Это зона включает в себя малоэтажную застройку в виде частных домов и дачных поселков; IV зона. Зеленая зона города включает в себя ООПТ, часть парковых территорий.

Мы провели анализ сходства выборок с аномалиями. В качестве показателя различий частоты аномалий в популяциях бесхвостых земноводных была применена оценка сходства g -распределений (Животовский, 1982; 1991), где значимость различий определяется по показателю I , который распределен как критерий χ^2 .

Результаты и обсуждение

За весь период исследований на изучаемой территории нами обнаружены следующие типы морфологических аномалий у бесхвостых земноводных (Некрасова, 2008; Вершинин, 2016):

1. Полидактилия на задних конечностях (первый палец); данный тип аномалий был отмечен у всех видов.
2. Полидактилия на задних конечностях (второй палец); данный тип аномалий был выявлен только у прудовой лягушки.
3. Схизодактилия; данный тип аномалий был выявлен только у прудовой лягушки.
4. Полимелия; данный тип аномалий был выявлен только у остромордой лягушки.
5. Олигодактилия; данный тип аномалий был выявлен у зеленой жабы и остромордой лягушки.
6. Кампомелия; данный тип аномалий был выявлен только у прудовой лягушки.
7. Анофтальмия; данный тип аномалий был выявлен только у прудовой лягушки.

Данные по частоте распространения морфологических аномалий на территории города и окрестностей представлены на Рисунке 1.

По нашим данным, наибольшее число типов аномалий отмечено в IV зоне города (3 типа у остромордой лягушки и 5 типов у прудовой лягушки).

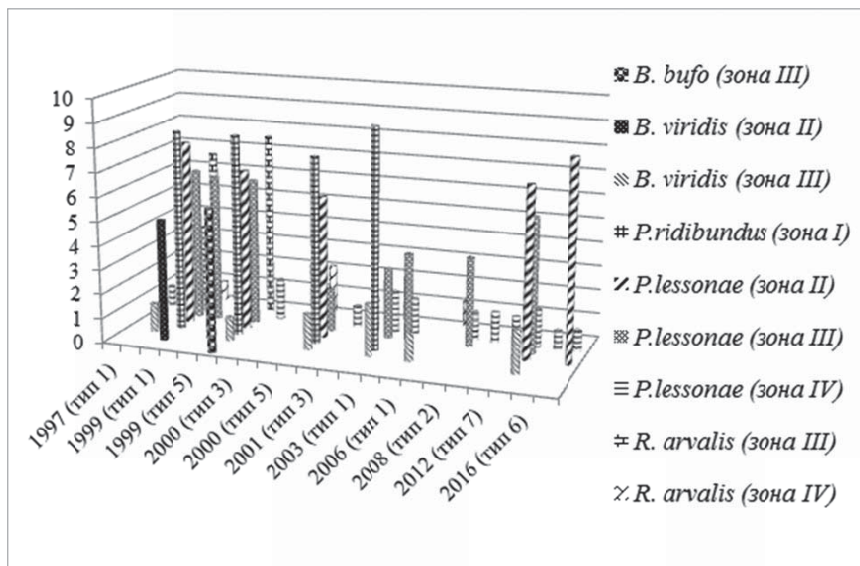


Рисунок 1 – Частоты встречаемости различных типов аномалий

Первая и вторая зоны характеризуются снижением разнообразия до одного типа (полидактилия задних конечностей первого типа). Причиной этого факта мы предполагаем более жесткое действие отбора, в результате которого особи с другими типами аномалий, вероятнее всего, элиминируются на ранних стадиях развития.

Мы провели анализ сходства выборок с аномалиями. Для зеленой жабы и остромордой лягушки данные о сходстве выборок представлены в Таблице 1; для зеленых лягушек в Таблице 2.

Таблица 1 – Показатели сходства (γ) и критерии идентичности встречаемости (I) морфологических аномалий в городских популяциях *B. viridis* и *R. arvalis*

Вид	Функциональная зона	γ	I
<i>B. viridis</i>	II - III	0.027	7.242*
<i>R. arvalis</i>	III - IV	0.05	7.599

*здесь и далее жирным шрифтом выделены статистически значимые различия

Это можно интерпретировать как резкое различие между местообитаниями, где были отобраны выборки по интенсивности факторов, вызывающих образование морфологических аномалий.

В нашем материале полидактилия отмечена во всех случаях на первом пальце (во всех зонах города) и/или на втором (только в зеленой части города). Подобную картину, по нашему мнению, можно рассматривать с различных позиций.

Таблица 2 – Показатели сходства r (выше диагонали) и критерии идентичности встречаемости – I (ниже диагонали) морфологических аномалий в городских популяциях зеленых лягушек

Функциональные зоны	I	II	III	IV
I		0.078	0.067	0.05
II	7.38		0.061	0.05
III	7.46	7.512		0.063
IV	7.59	7.59	7.49	

Известно, что первые два пальца на задних конечностях у бесхвостых земноводных при передвижении несут меньшую функциональную нагрузку, чем остальные (Clark, 1972). Вероятно наличие полидактилии задних конечностей на третьем, четвертом и пятом пальцах в условиях сильного стабилизирующего отбора, вероятно, обуславливает меньшую жизнеспособность особей с такими аномалиями. Соответственно они вероятно элиминируются на более ранних стадиях развития. Возможно, это связано с последовательностью закладки пальцев земноводных в ходе онтогенеза. Известно, что первый палец на задних конечностях при развитии бесхвостых амфибий закладывается позже остальных (Шмальгаузен, 1915). Соответственно нарушения в закладке первого пальца, вероятно, также в меньшей степени нарушает жизнеспособность.

Заключение

Таким образом, можно констатировать увеличение типового разнообразия морфологических аномалий от первой зоны к четвертой. Изменение частоты встречаемости наиболее распространенной аномалии (полидактилии) носит обратный характер, то есть имеет место тенденция увеличения доли встречаемости этой аномалии от четвертой зоны к первой. Отмеченные нами тенденции, в связи с отсутствием данных о конкретных причинах возникновения аномалий, не позволяют однозначно применять частоту встречаемости аномалий в качестве критерия оценки состояния окружающей среды.

Список литературы

Вершинин В. Л. Мониторинг морфологических отклонений амфибий в природе: [учебно-метод. пособие]. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 20 с.

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

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

Животовский Л. А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 271 с.

Животовский Л. А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным

признакам // Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. С. 38–44.

Замалетдинов Р. И., Хамидуллина Р. М., Шигапов И. С. Динамика структуры функциональных зон г. Казани в XX–XXI вв. // Современная Евразия: общественно-географический анализ = Modern Eurasia: a socio-geographical analysis: мат-лы Междунар. науч. конф. (XIV научная Ассамблея АРГО). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2023. С. 309–311.

Клауснитцер Б. Экология городской фауны: Пер. с нем. М.: Мир, 1990. 246 с.

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

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

Шмальгаузен И. И. Развитие конечностей амфибий и их значение в вопросе о происхождении конечностей наземных позвоночных. М., 1915. 263 с.

Clark D. R. Branding as a marking technique for amphibians and reptiles // Copeia. 1971. № 1. P. 148–151.

Flyaks N. L., Borkin L. J. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // Applied Herpetology, Leiden. 2004. 1 (3-4). P. 229–264.

Vershinin V. L. The theoretical Significance of Amphibian Anomalies from the Standpoint of the Module Principle // The Second International conference «Amphibian and reptiles anomalies and pathology: methodology, evolutionary significance, monitoring and environmental health». KnE Life Sciences. 2018. P. 161–168.

ЭМБРИОНАЛЬНЫЕ УРОДСТВА У ЛЕВАНТСКОЙ ГЮРЗЫ (*MACROVIPERA
LEBETINA* DWIGUBSKY, 1832)

Т. М. ИСКЕНДЕРОВ

ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

iskenderov52m@gmail.com

EMBRYONAL ANOMALY IN THE LEVANTIC GYURZA (*MACROVIPERA* *LEBETINA*
OBTUSA DWIGUBSKY, 1832)

T. ISKENDEROV

ZOOLOGICAL INSTITUTE OF THE MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF
THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

The article reports cases of embryonic anomalies in the Levant viper (*Macrovipera lebetina*

obtusa Dwigubsky, 1832). These anomalies appear during the development of embryos after egg laying. The deformities consist of forms of fusion of the coils of the spiral-shaped embryo, curvature of the spine in the neck and back areas. Statistics on the occurrence of each form of deformity are given.

Введение

Эмбриональные уродства, которые заключаются основным, в морфологических, анатомических аномалиях организмов в период эмбрионального развития и встречаются у всех видов позвоночных животных, в том числе у амфибий и рептилий. Причинами подобных аномалий могут служить самые разные факторы внутренней среды организма, включая и генетические, также факторы внешней среды (температура, влажность, загрязнение мест обитания и т.д.) (Галицын, 2013; Неустроева, Вершинин, 2011; Буракова, Вершинин, 2013; Иванов и др., 2013; Вершинин, 2015). Несомненно, эти факторы могут вызвать различные нарушения в морфогенезе эмбрионов и тем самым причинить к появлению разных форм морфологических или анатомических аномалий. Иными словами, от уровня экспрессии генов-интеграторов морфогенеза в конкретных условиях среды зависит дефинитивный облик эмбриона (Kondo, Miura, 2010)

В научной литературе часто обсуждаются различные виды аномалий наблюдаемых в онтогенезе амфибий и их причины. Однако, сведения об аномалиях рептилий встречаются редко (Иванов и др., 2013). Видимо, это связано с тем что, амфибии во всех этапах онтогенеза к воздействиям внешней среды более чувствительны, чем рептилии. Это, видимо, объясняется тем, что рептилии в процессе эволюции приобрели особые структурные и функциональные особенности, которые обеспечили им более надежной защиты от влияний внешних факторов.

Данное сообщение содержит сведения об эмбриональных аномалиях Левантской гюрзы (*Macrovipera lebetina obtusa* Dwigubsky, 1832)

Материал и методы

В июне-июле 2017 года с целью изучения морфогенеза эмбрионов Левантской гюрзы в природе (Гобустанское плато) были отловлены 15 голов беременных самок для временного содержания в стационаре и сбора яиц для искусственной инкубации. В июле самки отложили яйца и были собраны всего 86 полноценные яйца (каждой самке в среднем по 5,7 штук яиц), которые в дальнейшем сразу после откладки инкубировались по собственной методике при постоянных температурах 29-30 °С (Искендеров, 1978). В период искусственной инкубации для изучения эмбрионального развития и морфогенеза с интервалом 4-6 дней вскрывали по 1-2 яиц, морфологически изучались эмбрионы и оценивались состояние, уровень развития провизорных органов (аллантоис, желточный мешок).

Результаты и обсуждение

В развитии эмбрионов после откладки яиц по морфологическим признакам, также по состоянию провизорных органов определились 7 стадии морфогенеза. В процессе изучения морфогенеза эмбрионов были выявлены некоторые формы эмбриональных уродств. Эти уродства появились в период развития эмбрионов после откладки яиц, т.е. не в зародышевом, а пред плодными и плодными периодами (Рисунок 1). Уродства заключались в сращении витков спиралевидного эмбриона (а), искривлении позвоночника в областях шеи (б) и спины (с).

Эмбриональные уродства появились в разных стадиях морфогенеза. Сращение витков спирали у эмбрионов наблюдалось на стадии начало раскручивания витков, в 12-ой день инкубации.

На этой же стадии наблюдались и эмбрионы с аномалиями двух видов, сращением витков спирали и искривлением позвоночника в области шеи (Рисунок 1 – а, б). Уродства со

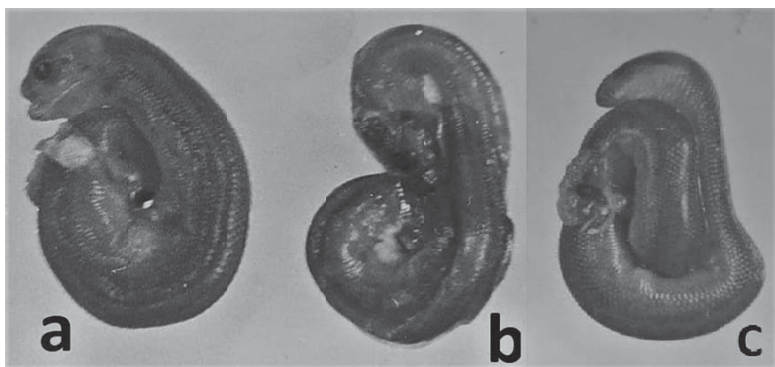


Рисунок 1 – Эмбриональные уродства в морфогенезе Левантской гюрзы (*Macrovipera lebetina obtusa* Dwigubsky, 1832): (а) – сращение витков спиралевидного эмбриона; искривление позвоночника в областях шеи (б) и спины (с).

сращениями витков спирали туловища наблюдались пред плодным периодом развития и приводили к смерти эмбрионов. Встречаемость подобных уродств составляла 3.4% (3 эмбрионов из 86).

Уродства с искривлениями позвоночника наблюдались также в плодном периоде морфогенеза. Искривления позвоночника в области спины, наблюдались на стадии начало пигментации туловища (28-й день инкубации) (Рисунок 1).

Искривлением позвоночника в областях шеи и передней части спины эмбрионов наблюдались лишь в 2-х случаях и обоих случаях эмбрионы были мертвыми, когда они готовились к вылуплению. Видимо, искривлённый позвоночник им помешал вылупиться. Встречаемость подобных уродств составляла 2.3% (2 эмбриона из 86).

Также встретились эмбрионы с аномалиями в позвоночнике в области спины (туловища). С такими аномалиями эмбрионы (плод) не смотря на то, что вылупились, но не

выживали и погибли спустя 15-20 дней после вылупления. Встречаемость подобных аномалий составляла 9.3% (8 эмбрионов из 86).

Заключение

Необходимо отметить что, все эти виды уродств наблюдались пред плодовыми и плодовыми периодами развития эмбрионов. В природе яйцекладущие виды змей, в том числе Левантская гюрза (*Macrovipera lebetina obtusa*) откладывают яйца в выбранное самкой укрытие, а яйца покрыты лишь мягкой волокнистой оболочкой. В это время яйца откладываются друг на друга, и в процессе откладки эти яйца могут механически выдавливать друг другу и тем самым повреждать эмбрионов, развивающихся внутри яиц. Подобные механические факторы вполне смогут нарушать развитие эмбрионов. Иными словами, одним из причин выявленных форм уродств у эмбрионов гюрзы, возможно, является механические факторы внешней среды.

Список литературы

Галицын Д. И. Девиации в фоллидозе Уральских популяций прыткой ящерицы (*Lacerta agilis* Linnaeus, 1758) // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: мат-лы междунар. шк. - конф. Екатеринбург, 23-26 сентября 2013 г. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2013. С. 52–58

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий. Уч. пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. 79 с.

Буракова А. В., Вершинин В. Л. Паразитарные инвазии как потенциальный источник скелетных аномалий амфибий // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2013. С. 37–45

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

Иванов А. А., Гуменный В. С., Бахарев В. А. Эффект сиамских близнецов гадюки обыкновенной *Vipera berus* // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2013. С. 119–123.

Kondo S., Miura T. Reaction-Diffusion Model as a Framework for Understanding Biological Pattern Formation II Science. 2010. V. 329. P. 1616–1620.

СЛУЧАЙ ДВУХГОЛОВОСТИ У РАЗНОЦВЕТНОГО ПОЛОЗА (*HEMORRHOIS RAVERGIERI*) В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Т. М. ИСКЕНДЕРОВ¹, Г. А. ГАСЫМОВА^{1,2}, Н. ДЖ. РАГИМОВА²

**¹ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

²УНИВЕРСИТЕТ ХАЗАР, КАФЕДРА ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, БАКУ,

АЗЕРБАЙДЖАН

İskenderov52@mail.ru, gqasimova@mail.ru, narminragimova03@mail.ru

A CASE OF TWO-HEADED SNEAKERS (*HEMORRHOIS RAVERGIERI*) IN AZERBAIJAN

T. M. ISGANDAROV¹, G. A. GASIMOVA^{1,2}, N. C. RAGIMOVA²

¹ZOOLOGY INSTITUTE OF MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION REPUBLIC OF
AZERBAIJAN

²LIFE SCIENCES DEPARTMENT, KHAZAR UNIVERSITY, BAKU, AZERBAIJAN

In this work, information is given about a two-headed individual of the variegated poloza (*Hemorrhoids ravergieri* Menetries, 1832) found in Azerbaijan. This individual is registered in the territory of Deste village of Naхçıvan MR Ordubad district. The total length of the body is 490 mm, the snake was approximately 3-4 years old. When observing the behavior of the individual, it was found that one head was dominant.

Введение

Известно, что у животных, в том числе и у человека в процессе эмбрионального развития могут возникать аномалии, в результате которых рождаются близнецовые особи со сросшими различными частями тела, двумя головами, тремя или четырьмя руками и т.д. Выделяют несколько типов срастания близнецов, одним из которых является «дицефалия» (*dicephalus*). У дицефалов имеются две головы и одно общее туловище (эффект сиамских близнецов). Эта загадочная аномалия встречается не только у людей, но и у многих видов животных, в том числе у змей (Иванов и др., 2013). Проявление эффекта «сиамских близнецов» дицефалов, т.е. двухголовых особей в природе – редкое явление. Дицефалия встречается только у одной из 100 000 змей, рожденных в дикой природе, и у одной из 10 000 змей, рожденных в неволе (www.wired.com/story/two-headed-snake). Пораженные змеи обладают двумя мозгами с разными характерами, хотя одна голова обычно доминирует над другой, у которой может отсутствовать трахея, пищевод или даже глаза. Ученые подозревают, что данное явление возникает в период развития эмбриона на ранних стадиях, который возможно подвергается воздействиям резкого изменения температуры, загрязнения окружающей среды или инбридинга.

Нами была обнаружена двухголовая особь молодого разноцветного полоза (*H. ravergieri*) (Рисунок 1) в апреле 2023 года в ксерофитно степных склонах в селе Десте Ордубадского района Нахичеванской АР (Азербайджанская Республика). Общая длина тела составляла 490 мм, змея была приблизительно в 3-4-х годовалом возрасте. Она двигалась свободно, незначительно приподнимая головы вверх и стараясь не кусаться. При наблюдениях за поведением особи выяснилось, что одна голова была доминирующей.



Рисунок 1 – Двухголовая особь молодого разноцветного полоза (*H. ravergieri*)

Список литературы

Иванов А. А., Гуменный В. С., Бахарев В. А. Эффект сиамских близнецов гадюки обыкновенной *Vipera berus* // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2013. С. 119–123.

The Life and Viral Fame of Virginia's Two-Headed Snake / <https://www.wired.com/story/two-headed-snake>

MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES OF FROGS IN AGRICULTURE FIELDS OF THE WESTERN GHATS, INDIA

S. V. KRISHNAMURTHY

DEPARTMENT OF POSTGRADUATE STUDIES & RESEARCH IN ENVIRONMENTAL SCIENCE, KUVEMPU UNIVERSITY, JNANA SAHYADRI, SHANKARAGHATTA - 577 451, KARNATAKA, INDIA

svkrishnamurthy@gmail.com

The following paper provides a summary of the morphological abnormalities observed in frogs living in the Western Ghats of India. This region is known for its rich biodiversity, with 226 frog species belonging to nine families and 28 genera. The study was conducted at 35 sites located in different parts of the Central Western Ghats, including native forests, coffee plantations, rice paddy

croplands, and water bodies. The results show that coffee plantations, rice paddy fields, and associated water bodies have varying levels of pesticide residues, which harm the frogs living in those areas. High incidences of morphological abnormalities were observed in contaminated sites. In contrast, frogs living in native forests have very low levels of morphological abnormalities. The study further suggests that agrochemical contaminants have a detrimental effect on frogs and increase morphological abnormalities.

Introduction

The Western Ghats consists of a series of rolling hills that run parallel to the West coast of India and cover an area of 160,000 km² in a stretch of 1,600 km. The region has a high level of endemism among vertebrates and plant species, making it an important hotspot of global biological diversity (Myers et al., 2000; Sloan et al., 2014). This region is an abode to over 30% of all plant, fish, bird, herpetofauna, and mammal species found in India. The region boasts unique habitats that support a variety of endemic species. The Western Ghats have more than 5,000 vascular plant species, and the largest number of known species of vertebrates are birds (508 species), followed by fishes (290), reptiles (227), mammals (139), and amphibians (252). High-endemic species are found among amphibians (87.8%), followed by reptiles (61.8%), fish (65%), mammals (11.7%), and birds (3%). (Radhakrishnan, Rajmohan, 2012). The amphibians of the Western Ghats comprise 226 anuran species belonging to nine families and 28 genera and 26 species of apodans belonging to two families and four genera (Dahanukar, Molur, 2020).

The total agriculture area of the Western Ghats has spread over 49.45 % in orchard and horticulture plantations 4.76 % (Kasturirangan et al., 2013). Most crop fields (Rice paddy, Sugar cane, Ragi), and plantations (Coffee, Tea, Rubber, and orchards (Areca, Banana) are located intermittently in the Western Ghats forests. Rice paddy is the primary food crop cultivated in the valleys of the hilly terrain, while plantation crops are grown on the hill slopes. Most of the orchards and rice paddies are in the low altitudes and valleys. As a result, a single agriculture landscape consists of many crop patterns, owned by different farmers who use various managerial practices and agrochemicals to protect their crops and increase yield. The terrain's slope causes agrochemicals from higher altitude plantations to leach into water bodies in the crop fields, which are the breeding grounds of amphibians, resulting in many possible agrochemical combinations in a single agriculture landscape (Nataraj, Krishnamurthy, 2012; 2014; Hegde et al., 2019). India uses 2.5% of the world's pesticides for various purposes, with more than 234 pesticides registered in India and over 125 large and medium-scale producers producing more than 500 pesticide products, including herbicides, fungicides, pesticides, rodenticides, and weedicides (Abhilash, Singh, 2009). The total pesticide usage in India is \approx 0.58 kg/ha, with insecticides accounting for the largest share in consumption, followed by herbicides and fungicides. Rice paddy cultivation uses the maximum share of pesticides (28%), followed by cotton

(20%) (Gupta, 2004).

Agricultural practices such as habitat changes, managerial practices, and the use of agrochemicals have posed a significant threat to amphibians in the Western Ghats region (Nataraj, Krishnamurthy 2012; 2013). Agrochemicals produce negative effects on amphibians, including stunted growth, altered metamorphosis, physiological changes, behavioral changes, and even morphological abnormalities (Zhelev et al., 2017, 2018, Hegde et al., 2021). Furthermore, many pesticides are AChE-inhibitors (Hua et al., 2013), which can cause malformations in frogs. The impact of agrochemicals can also result in the development of intersex in frogs, endocrine disruption, and gonadal abnormalities. Synthetic fertilizers used in agriculture can also have adverse effects on the growth and survival of many amphibians (Hegde et al., 2019). When combined with pesticides, synthetic fertilizers can synergistically produce negative impacts on the physiology of amphibians (Smith et al., 2011). The morphological abnormality of the frogs has been considered an indicator of environmental contamination. This paper summarizes the morphological abnormalities recorded in various croplands/plantations of the Western Ghats.

Material and methods

Several studies were made in 35 sites located at different places in Central Western Ghats. Studies are made in native forests, coffee plantations, rice paddy croplands, and water bodies. Each sampling site has an area of approximately 3.65 ha. Each of these sites is located at a distance ranging between 2 and 7 km (to avoid the possibility of movement of frogs between sites). The information pooled in this paper is from the studies made in these locations between 2006-2018.

During the frog sampling, the scan-searching method described in Sutherland (2006) was used to locate frogs. Once located, the frogs were carefully handpicked and placed in containers. After the survey was complete, all collected frogs were identified using standard taxonomic keys, counted, and their sex was recorded. The Snout-Vent Length and Body Mass of each frog were also recorded on the spot. Later, any visible morphological abnormalities were identified through visual inspection following the protocol outlined in Meteyer (2000). After being captured, the frogs were later released back into their respective habitats. The total density of frogs was recorded, along with any incidences of abnormalities - both total abnormalities and abnormalities for each species. The total incidences of abnormalities in the frogs were then compared with the pesticide residues found at the study sites. To compare the influence of contaminations on the incidences of abnormalities, the 35 studied sites in various croplands were categorized as reference sites, partly contaminated sites, and contaminated sites based on the pesticide residues in the soil. The reference sites had no pesticide residues, while partly contaminated sites had pesticide residues ranging between 0.01 and 0.15 ppm. Sites with more than 0.15 ppm of pesticide residues were considered highly contaminated sites. To determine the significance of differences in density and abnormalities of frogs between the sites, ANOVA was used.

The Karl Pearson correlation coefficient was used to check the relationship between total abnormalities and pesticide contamination. All statistical analyses of the study were performed using SPSS (ver. 20).

Result and discussion

The study found that native forests had the lowest morphological abnormalities. The frog density was 68 ± 22 frogs/ha, with occasional broken limbs in frogs were observed.

India is the sixth-largest coffee producer in the world. In the Western Ghats, over the period, large-scale conversion of native forests into coffee plantations was recorded. Coffee plantations cover approximately 3300 sq. km in the Western Ghats amidst the rich in forest biodiversity. In this study, coffee plantations surveyed for frogs were 10-40 years old. Farmers use many agrochemicals (pesticides, fungicides, weedicides, synthetic fertilizers, etc.) for coffee cultivation. From various surveys made in the coffee plantation, a total of 1446 frogs (from 11 species) were collected and $5 \pm 2.3\%$ of frogs were abnormal. A total of eight forms of abnormalities were recorded. Brachydactyly, ectrodactyly, and Ectromelia are the predominating forms of morphological abnormalities represented by 48.7%, 22.8%, and 11.9% of the total abnormal frogs respectively. Microphthalmia, Rotation in tibia-fibula, and anophthalmia were represented by 8.3%, 4.7%, and 2.5% of the total abnormal frogs.

In the Western Ghats, the Rice paddy fields are located intermittently with plantation crops and Areca orchards. Many amphibians live and breed in shallow waters of rice paddy fields and associated water bodies. Generally, the breeding period of the frogs coincides with the application of agrochemicals, including pesticides and synthetic fertilizers to these croplands. For the current analysis, surveys conducted in more than 20 rice paddy fields, which are 10-30 years old were considered. Farmers use many agrochemicals (pesticides, fungicides, weedicides, synthetic fertilizers, etc.) for cultivation. In these sites, based on the availability of water either single or double crop per year is cultivated. From the rice paddy field, a total of 848 frogs (from 11 species) were examined, and on average $6 \pm 3.5\%$ of frogs were found to be abnormal. Unlike coffee plantations Brachydactyly, bone bridge-tibia-fibula, and microphthalmia are the predominating forms of morphological abnormalities represented by 31.5%, 22.3%, and 25.8% of the total abnormal frogs respectively. This was followed by Ectrodactyly represented at 6.8 % and skin web at 3.8%.

On average, the density of frogs in reference sites, partly contaminated sites, and contaminated sites were found to be 32-58 frogs/ha, 36-50 frogs/ha, and 34-50 frogs /ha respectively. Differences in total densities between the sites are insignificant ($F_{2, 32}=0.013$, $p=0.987$), however, species composition differs. Overall, morphologically abnormal frogs have increased from Forest sites (near to zero) to Coffee and then Rice paddy sites. In both Coffee and Rice Paddy, on average, the incidences of abnormalities increase from uncontaminated (reference) sites to contaminated sites. Differences in total abnormal frogs between sites are significant ($F_{2, 32}=7.72$, $p=0.05$). It has been well reported that

agrochemical contaminants have negative effects at the individual level such as deviation in growth, metabolism, metamorphosis, development, behavior, survivorship, and the frequency of producing morphological abnormalities (Hegde, Krishnamurthy, 2014). The coincidence of the application of agrochemicals in rice paddies and early development of tadpoles in rice paddy shallow water and the occurrence of high morphological abnormalities in rice paddy fields were noticed (Patel et al., 2008). In these studies, the presence of high incidence of morphological abnormalities was recorded in contaminated sites of rice paddy fields and coffee plantations which reflect the negative influence of agrochemicals on the amphibians.

Conclusion

The frogs in the agriculture fields of the Western Ghats have exhibited morphological abnormalities. The incidences of abnormalities varied between different types of agro-ecosystems. High incidences of morphological abnormalities were recorded in contaminated sites of rice paddy fields and coffee plantations which could reflect the negative influence of agrochemicals on the frogs.

Acknowledgments

The author is thankful to Dr. H. P. Gurushankara, Central University of Kerala, and Dr Ganapati Hegde, Pollution Control Board, Government of Karnataka for the information.

References

Abhilash P. C., Singh N. Pesticides use and application: An Indian scenario // *J. Hazard. Mater.* 2009. V. 165, P. 1–12.

Dahanukar N., Molur S. JoTT Checklist of amphibians of the Western Ghats (v1.0), 01 January 2020. <https://threatenedtaxa.org/index.php/JoTT/checklists/amphibians/westernghats> (дата обращения: 08.08.2024)

Gupta P. K. Pesticide exposure – Indian scene // *Toxicol.* 2004. V.198, № 1-3. P. 83–90.

Hegde G., Krishnamurthy S. V., Berger G. Common frogs response to agrochemicals contamination in coffee plantations, Western Ghats, India // *Chemistry and Ecology.* 2019. V. 35, № 5. P 397–407.

Hua J., Morehouse N. I., Relyea R. Pesticide tolerance in amphibians: induced tolerance in susceptible populations, constitutive tolerance in tolerant populations // *Evol. Appl.* 2013. V. 6. P. 1028–1040.

Kasturirangan K., Babu C. R., Mauskar J. M. et al. Report of the high-level working group on mapping ecologically sensitive areas in western ghats. 2013. V. I. P. 175: – https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/ites/ecosystem-management-dam/documents/EducationDOC/EM_DOC/Recommended%20readingDOC/HLWG2.pdf

Meteyer C. U. Field Guide to Malformations of Frogs and Toads With Radiographic Interpretations: Biological Science Report [Electronic resource]. Madison, 2000. 20 p.

<https://www.amphibianark.org/wp-content/uploads/2018/07/Field-Guide-to-Malformations-of-Frogs-and-Toads.pdf> (дата обращения: 08.08.2024)

Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities // Nature. 2000. V. 403. P. 853–858.

Nataraj M. B., Krishnamurthy S. V. Effect of combinations of malathion and cypermethrin on survivability and time of metamorphosis of tadpoles of Indian cricket frog (*Fejervarya limnocharis*) // J. Environ. Sci. Health. Part B. 2012. V.47. P. 67–73.

Nataraj M. B., Krishnamurthy S. V. Exposure of tadpoles of *Fejervarya limnocharis* (Anura: Ranidae) to combinations of carbaryl and cypermethrin // Toxicol. & Environ. Chem. 2014. V. 95. P.1408–1415.

Patel A. M., Kulkarni P. A., Girish K. G. et al. *Fejervarya limnocharis* Morphology // Herp. Rev. 2008. V. 39, № 1. P. 77.

Radhakrishnan C., Rajmohana K. Fauna of ecosystems of India – Western Ghats // Zoological Survey of India // 2012. P. 1–14.

Sloan S., Jenkins C. N., Joppa L. N. et al. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots // Biol. Conser. 2014. V. 177. P. 12–24.

Smith G. R., Krishnamurthy S. V., Burger A. C. et al. Differential effects of malathion and nitrates exposure on American toad and wood frog tadpoles // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2011. V.60. P. 327–335.

Zhelev Z., Tsonev C. V., Arnaudova D. N. Health status of *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Amphibia: Ranidae) in a rice paddy ecosystem in southern Bulgaria: body condition factor and fluctuating asymmetry // Acta Zool. Bulg. 2017. V. 69, № 8. P. 169–177.

СВЯЗЬ САНИТАРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СТРУКТУРЫ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ

ЛЯГУШКИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ СВЕЖЕСТИ

Е. Э. КЛЕЙН¹, Р. В. ЖЕЛАНКИН²

¹ФГБОУ ВО РЭУ ИМ. Г.В. ПЛЕХАНОВА (МОСКВА)

²ООО «Возрождение ВВЦ» (Центр «Москвариум») (МОСКВА)

kleyn.ee@rea.ru, littletick@yandex.ru

THE RELATIONSHIP BETWEEN SANITARY INDICATORS AND THE STRUCTURE OF FROG MEAT OF VARYING DEGREES OF FRESHNESS

E. E. KLEIN¹, R. V. ZHELANKIN²,

¹PLEKHANOV RUSSIAN UNIVERSITY OF ECONOMICS (MOSCOW)

²MOSKVARIUM Center (MOSCOW)

The paper presents the results of microbiological and histological studies of spoilage of Marsh

frog (*Pelophylax ridibundus*) meat. The relationship of spoilage processes with changes in the structure of muscle fibers is described.

Введение

Мышечная ткань лягушек представляет значительный интерес для пищевой промышленности в силу своих высоких потребительских свойств и биологической ценности. Лягушки различных видов традиционно потребляются в пищу в азиатских регионах, Латинской Америке, а также в Западной Европе, куда они транспортируются из Китая, Вьетнама, Бразилии и других стран, где земноводные выращиваются в фермерских хозяйствах или вылавливаются из естественных мест обитания (Altherg et al., 2022). При этом вопрос порчи лягушатины остаётся актуальным как для производителей, которые нацелены на реализацию рентабельного продукта, так и для потребителей, которые заинтересованы в возможности приобретения качественных и безопасных полуфабрикатов. В связи с этим в рамках данной работы был рассмотрен такой аспект порчи мяса лягушки, как микробиологическое загрязнение и изменение мышечной структуры наиболее распространённого в российских условиях вида – озёрной лягушки (*Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771)).

Материал и методы

В качестве объекта исследования было взято мясо задних конечностей озёрной лягушки, пролежавшее в разных условиях в течение различных промежутков времени. Мясо исследовали органолептическим методом, химическими и гистологическими методами. Залитые в формалин мышцы бедра и голени были подвергнуты гистологическим процедурам заливки в парафин, затем изготовленные срезы были окрашены гематоксилин-эозином. Для выявления изменений была проведена микроскопическая оценка.

Также были проведены: проба с серноокислой медью по ГОСТ 23392, пероксидазная проба по ГОСТ 53747 п. 10.4., окраска мазков-отпечатков по Граму, микроскопия (Смирнов, 2015).

Подготовка проб осуществлялась в следующем порядке: измельчение мяса, взвешивание, варка, фильтрация, добавление реактива CuSO_4 , исследование фильтрата: цвет, мутность, желеобразность. В процессе варки также оценивался запах.

Результаты и обсуждение

При варке образцов различной свежести запах варьировался от аромата куриного бульона (свежее мясо) до рыбного, рыбно-болотного и кислого запаха в зависимости от степени порчи. По мере порчи мяса бульон, получаемый при его варке, становился всё более мутным и приобретал серый или белый оттенок. О сомнительной свежести также свидетельствовало образование геля и выпадение жёлтых хлопьев.

Количество патогенных и условно патогенных микроорганизмов (стрептококки,

единичные кокки, грамположительные палочки, грамтрицательные палочки единичные) росло по мере увеличения степени порчи мяса, при этом образец с наименьшей свежестью характеризовался показателем 48-100 грамположительных кокков в поле зрения.

При гистологическом анализе в саркоплазме с многочисленными ядрами в толще волокна, характерной для амфибий (Стрелкова и др., 2022), наблюдались изменения в зависимости от степени порчи мяса. В некоторых случаях появлялись мелкие тёмные гранулы, количество которых увеличивалось по мере роста степени порчи. Также в образцах сомнительной свежести наблюдалось нарушение целостности мышечной ткани: волокна в поперечном сечении были разрозненные, вытянутые, неправильной формы со значительным количеством нитей-филаментов с разрывами.

Заключение

Порчу мяса лягушек можно распознать стандартными методами, используемыми в ветеринарно-санитарной экспертизе мяса, а также на гистологических препаратах - путем изучения целостности мышечных волокон. Наличие бактерий и изменений, связанных с ними, в мясе можно обнаружить не только в мазках-отпечатках, но и при гистологическом исследовании. В мясе, подвергнутом порче, число бактерий в поле зрения микроскопа превышает 30, появляются специфические неприятные запахи при варке, в пробе с сернокислой медью происходит окрашивание и гелеобразование, в пробе на пероксидазу – потемнение, в гистологических препаратах наблюдается разрушение мышечных волокон (расслоение, лизис).

Список литературы

Смирнов А. В. Практикум по ветеринарно-санитарной экспертизе. Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2015. 320 с.

Стрелкова Е. Н., Гуменникова С. С., Евсеева С. С. и др. Атлас микроскопической анатомии земноводных. Ч. 1. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та. 2022. 109 с.

Altherr S., Auliya M., Nithart C. Deadly Dish – Role and responsibility of the European Union in the international frogs' legs trade // Pro Wildlife & Robin des Bois. 2022. P. 1–28.

О ПАРАЗИТЕ АМФИБИЙ *LUCILIA BUFONIVORA* MONIEZ, 1876 В КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. КОРЗИКОВ

ФБУЗ «ЦГИЭ В КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ» (КАЛУГА)

korzikoff_va@mail.ru

ON AMPHIBIAN PARASITE *LUCILIA BUFONIVORA* MONIEZ, 1876 IN THE KALUGA

REGION

V. A. KORZIKOV

HYGIENIC AND EPIDEMIOLOGICAL CENTER IN KALUGA REGION OF

For the first time, an obligate and specialized parasite of amphibians, *Lucilia bufonivora*, was recorded in the Kaluga region. The article provides a detailed description of observations of the parasite. Observations were carried out from the moment the larvae were found in the head of the common toad until the adult flies.

Введение

На территории Калужской области в последние десятилетия проводились интенсивные герпетологические исследования. Изучение амфибий проводили С. С. Писаренко, С. К. Алексеев, члены клуба «Stenus», автор данного сообщения и другие исследователи (Корзиков, 2016). Но специальных изысканий на территории региона по поиску зараженных особей амфибий мухой-лягушкоедкой *Lucilia bufonivora* Moniez, 1876 на территории Калужской области не проводились.

Материал и методы

Следует отметить, что мы осуществляли сбор материала начиная с 2005 по 2016 гг. для диссертационного исследования автора с помощью ловчих канавок и заборчиков; во время учетов на маршрутах; в результате сбора вручную и с помощью сачка (Корзиков, 2016). А также на нерегулярной основе в дальнейшем. Было просмотрено несколько тысяч амфибий, но заражения мухой-лягушкоедкой не отмечалось, в т.ч. прошлыми исследователями. Для анализа погодных-климатических условий сведения брались из открытых источников (Архив..., 2023; Данные..., 2023).

Результаты и обсуждение

L. bufonivora (Diptera, Calliphoridae), русское название – лягушкоедка, является облигатным и специализированным паразитом амфибий. Развитие их личинок в хозяине протекает быстро – обычно не более 5 дней. За это время личинки, активно питаются тканями хозяина. Паразитирование лягушкоедки выявлено у 14 видов амфибий (Лябзина, Узенбаев, 2014).

10 июня 2023 года недалеко от г. Калуга в окрестностях д. Жерело (координаты находки: 54.67780529С; 36.28841195В) между зарастающим пустырем и прудом в 10 ч. 30 мин. была обнаружена живая половозрелая самка серой жабы с поражением головы с так называемым вздутием – «коронкой» и находящимся рядом более-менее круглым отверстием, в котором сидели личинки мух задними концами наружу. Отверстие было расположено рядом с правой железой-паротидой (Рисунок 1). В ноздрях жабы личинки не были обнаружены. На теле также находились белые яйца мух – 21 экз. Жаба вела себя вяло, слабо ориентировалась в окружающем пространстве. Ввиду невозможности проведения наблюдений в 14 ч. 00 мин. была временно помещена в холодильник при температуре +7°C.

12 июня в 19 ч. 00. Жаба погибла. Был произведен осмотр жабы. Несмотря на нахождение в холодильнике из большей части яиц вывелись личинки.

13 июня в 8 ч. 15 мин. Жаба перемещена на улицу в пластиковую коробку с перфорацией для вентиляции, с увлажненной землей. Днем температура составляла около 22°C. Все личинки, вышедшие из яиц, видимо переместились в пораженное отверстие на голове. Одна личинка и одно яйцо погибли. Возможно, погибших личинок было больше ввиду меньшего количества имаго.



Рисунок 1 – Самка серой жабы, пораженная личинкой *Lucilia bufonivora*

14 июня отверстие из-за гниения «обрушилось», поэтому увеличилось и стало овальной формы. Количество видимых личинок, обращенных задними концами, тоже увеличилось. Подросшие опарыши стали часто выползать и ползать по телу жабы вплоть до их окукливания.

16 июня отверстие увеличилось еще больше. Отчетливо стали видны череп, часть костного позвонка. Активно текла гниль с головы на почву.

19 июня жаба значительно разложилась, стали отчетливо видны кости.

23 июня жаба полностью разложилась, присутствовали куколки в почве и личинки мух. Жаба была перенесена в помещение.

26 июня из куколок вывелось несколько взрослых мух.

27 июня вывелись последние мухи. Всего 11 экз. Основная часть была помещена на энтомологические булавки, несколько экз. помещено в пробирки с 95% этиловым спиртом.

Первые сведения о паразитировании личинок *L. bufonivora* на бесхвостых амфибиях в нашей стране содержались в работах И. А. Порчинского (1898) и А. А. Силантьева (1898). В дальнейшем были обнаружены зараженные особи амфибий Г. А. Ладой (2009) на территории Тамбовской области, В. И. Гараниным в Татарстане (1976), С. Н. Лябзиной и С. Д. Узенбаевым в Карелии (2014) и на прочих территориях другими исследователями.

Известно два способа проникновения личинок в тело амфибии: от места кладки или при проглатывании самки мухи с яйцами. Считается, что единственный путь заражения – это миграция личинок от места кладки в носовую полость (Лябзина, Узенбаев, 2014). В нашем

случае носовая полость не была заселена. Срок развития мухи в нашем случае от личинки до имаго составил 13 дней, за исключением нахождения опарышей в холодильнике.

Большинство авторов отмечает связь инфицированности с погодными условиями - рост доли зараженных особей в жаркие и сухие годы (Порчинский, 1898; Гаранин, Шалдыбин, 1976; Лада, 2009; Лябзина, Узенбаев, 2014). Вместе с тем, судя по значениям среднемесячных температур за 2023 г., объективного превышения климатической нормы не наблюдается (Таблица 1).

Таблица 1 – Погодные условия зимой-летом 2023 г. по данным метеостанции г. Калуги

Показатель / Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Сумма осадков, мм	42	52	81	15	30	58	55	114
Норма осадков, мм	40	37	36	41	54	69	92	75
Средняя месячная температура воздуха, °С	- 5.8	- 1.6	- 0.9	5.3	10.4	16.5	18.5	19.8
Норма температуры, °С	- 4.9	- 4.8	0.7	10.0	12.3	16.2	18	16

Также следует отметить, что за весенний период и начало летнего осадков выпало меньше нормы. Тем не менее за 1975-2020 гг. обнаружен отчётливый тренд к увеличению среднегодовой температуры (0.62°C/10 лет) и снижению количества осадков (-0.8%/10 лет) для Калужской области (Данные..., 2023).

Заключение

Обнаружен случай паразитирования *L. bufonivora* на *Bufo bufo* Linnaeus, 1758 в Калужской области. Представленные материалы должны расширить представления о лягушкоедке. Погодные условия 2023 г. для Калужской области имели разнонаправленный характер, не позволяющие сделать однозначный вывод о прямой связи между засушливой и жаркой погодой и зараженностью амфибий мухой-лягушкоедкой. Климатические изменения за последние десятилетия в западных регионах центральной России (ЦФО) имеют отчётливый тренд к увеличению среднегодовой температуры и снижению количества осадков. Поэтому, находки лягушкоедки в последние десятилетия, скорее всего можно связать с общей тенденцией к потеплению, а не с погодными условиями конкретного года.

Благодарности

Хотим выразить искреннюю признательность энтомологу ФБУЗ «ЦГиЭ в Калужской области» О. Л. Васильевой за подтверждение видовой принадлежности имаго *L. bufonivora*.

Список литературы

Архив погоды в Калуге // rp5.ru (ООО) «Расписание Погоды». URL: [https://rp5.ru/Архив погоды в Калуге](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Калуге) (дата обращения: 05.12.2023).

Гаранин В. И., Шалдыбин С. Л. О паразитировании личинок мухи *Lucilia bufonivora*, Moniez, 1876, на бесхвостых амфибиях // Паразитология. 1976. Т. 10, Вып. 3. С. 285–288.

Данные мониторинга климата по субъектам РФ // Институт глобального климата и экологии им. академика Ю. А. Израэля. URL: <http://www.igce.ru/performance/map-data/интерактивные-карты/данные-мониторинга-климата-по-субъект> (дата обращения: 05.12.2023).

Корзинов В. А. Фауна и экология амфибий северо-запада Верхнего Поочья: дис. ... канд. биол. наук. Калуга, 2016. 268 с.

Лада Г. А. О паразите амфибий *Lucilia bufonivora* (Insecta, Diptera, Calliphoridae) в Тамбовской области // Современная герпетология. 2009. Т. 9. Вып. ½ С. 62–64.

Лябзина С. Н., Узенбаев С. Д. О паразитировании мухи-лягушкоедки *Lucilia bufonivora* (Diptera, Calliphoridae) на травяной лягушке // Принципы экологии. 2014. №. 2(10). С. 33–39.

Порчинский И. А. О зеленых мухах (*Lucilia*) в связи с явлением местного вымирания лягушек и жаб // Тр. Русс. энтомот. об-ва в Санкт-Петербурге. 1898. Т. 32. С. 225–279.

Силантьевъ А. А. Зоологическія изслѣдованія на участкахъ экспедиціи лесного департамента. 1894–96 годовъ. СПб.: Типографія Е. Евдокимова, 1898. 222 с.

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДЕВИАЦИЯХ У ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ, *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* (PALLAS, 1771), В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. ЛАДА¹, С. Ю. ШИХОРИНА¹, Е. А. РАВКОВСКАЯ¹, А. Г. ГОНЧАРОВ¹,
Д. А. МЕДВЕДЕВ²

esculenta@mail.ru, shiorina.svetlana@yandex.ru, glaucus.lineatus@yandex.ru,
al.gon4arow@yandex.ru, medvedevda_tmb@mail.ru

¹ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г. Р. ДЕРЖАВИНА

²ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И ЭВОЛЮЦИИ ИМЕНИ А. Н. СЕВЕРЦОВА РАН
NEW DATA ON DEVIATIONS IN MARSH FROG, *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* (PALLAS,

1771), IN THE TAMBOV PROVINCE

G. A. LADA¹, S. YU. SHIKHORINA¹, E. A. RAVKOVSKAYA¹, A. G. GONCHAROV¹,
D. A. MEDVEDEV²

¹DERZHAVIN TAMBOV STATE UNIVERSITY

²SEVERTSOV INSTITUTE OF ECOLOGY AND EVOLUTION, RUSSIAN ACADEMY OF
SCIENCES

The work represents new data on morphological deviations in the marsh frog, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), in the Tambov Province. 4 out of 80 (5%) specimens caught in the Vorona River near the Kalais village (Tambov Province, Kirsanov District) in 2018–2020 had symmetrical

morphological deviations on the forelimbs and hindlimbs. Types and combinations of the identified anomalies: clinodactyly (schizodactyly) on the forelimbs; polymely and polydactyly on the forelimbs; polydactyly and clinodactyly (schizodactyly) on the hind limbs. Possible reasons for the origin of such deviations are discussed.

Введение

Озерная лягушка, *Pelophylax esculentus* (Pallas, 1771) – один из всесторонне изученных видов европейских амфибий. Неудивительно, что именно по этому виду накоплена значительная информация по морфологическим аномалиям (Borkin, Pikulik, 1986; Talvi, 1993; Puku, Fodor, 2002; Замалетдинов, 2003; Flyaks, Borkin, 2004; Файзулин, 2005, 2011; Закс, 2008; Спирина, 2009; Безман-Мосейко и др., 2014; Свинин и др., 2020). Первая находка девиаций такого рода в Центральном Черноземье (Воронежская губерния, Хреновской бор) относится к концу XIX века: на передних и задних конечностях зеленой лягушки, «*Rana esculenta*» (вероятно, именно озерной лягушки как наиболее массового вида зеленых лягушек в этих краях), выявили полидактилию (Холодковский, 1896; Силантьев, 1898).

В Тамбовской области первый экземпляр *P. ridibundus* с признаками октодактилии на обеих задних лапках обнаружен 14.08.1983 г. в р. Ворона вблизи д. Старица Кирсановского района (Lada, 1999). В мае – июне 2014 г. в р. Большая Липовица у одноименного села Тамбовского района у 3 из 23 пойманных лягушек выявлена симметричная полидактилия на задних (гексадактилия) и передних (пентадактилия) конечностях (Кожевникова, Лада, 2016).

В настоящей работе представлены новые сведения о морфологических девиациях у озерной лягушки в Тамбовской области.

Материал и методы

Сбор материала проводился в р. Ворона в окрестностях с. Калаис (Тамбовская область, Кирсановский район) (N52.620992, E42.631834) в следующие сроки: 25.07-29.08.2018 г. – 25 особей (взрослые и субадультусы), 20.07-15.08.2019 г. – 20 особей (взрослые и субадультусы), 19.08.2020 г. – 35 особей (сеголетки).

Выявленные случаи морфологических девиаций классифицированы в соответствии с используемыми подходами (Некрасова, 2008; Вершинин, 2015).

Взрослые и субадультусы особи из выборок 2018 и 2019 гг. подверглись полному гельминтологическому вскрытию (Скрябин, 1928). Видовая идентификация гельминтов проводилась по К. М. Рыжикову с соавторами (1980), В. Е. Сударикову с соавторами (2002). Изучены также кормовые организмы этих лягушек, определение осуществлялось по работам Б. Н. Мамаева (1972, 1976) и Н. Н. Плавильщикова (1994). Материалы по гельминтам и питанию озерной лягушки ранее опубликованы (Шихорина и др., 2021). В данной статье они подробно не рассматриваются, а лишь используются при обсуждении возможных причин, вызвавших

девиации у амфибий.

Результаты и обсуждение

Среди 45 озерных лягушек, добытых в 2018 и 2019 гг., три особи имели девиации. На передних конечностях у них имелось по пять пальцев (клинодактилия (шизодактилия)) (Рисунок 1а), на задних – по восемь (полидактилия и клинодактилия (шизодактилия)) (Рисунок 1б).

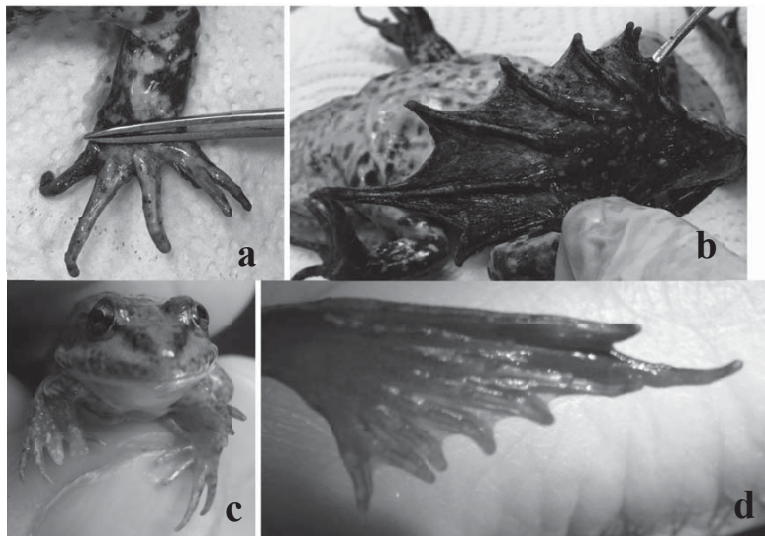


Рисунок 1 – Морфологические девиации озерной лягушки в окрестностях с. Калаис (Тамбовская область, Кирсановский район) а – клинодактилия (шизодактилия) на передней конечности; б – полидактилия и клинодактилия (шизодактилия) на задней конечности; в – полимелия и полидактилия на передних конечностях; г – полидактилия и клинодактилия (шизодактилия) на задней конечности.

Еще более сложный набор девиаций найден у одного из 35 сеголетков *P. ridibundus*, осмотренных в 2020 г. На передних конечностях у него была полимелия в сочетании с полидактилией, причем дополнительная конечность двупалая, начинается от плеча (Рисунок 1с). На задних конечностях он, как и другие аномальные особи, демонстрировал полидактилию и клинодактилию (шизодактилию), что проявлялось в виде восьми пальцев (Рисунок 1д). Во всех четырех зарегистрированных случаях девиации были симметричными. Частота встречаемости особей с девиациями: среди взрослых и субadultусов: 6.7%; среди сеголетков: 2.8%; суммарно по всей выборке: 5.0%.

Сначала происхождение подобных аномалий попытались объяснить «вирусной гипотезой» (Rostand, 1952). В настоящее время все большее число сторонников приобретает

«трематодная версия» возникновения этого явления (Svinin et al., 2019; Svinin et al., 2020).

В результате паразитологического исследования озерной лягушки, выполненного нами на 45 взрослых и полувзрослых экземплярах из того же материала, который использован в данной статье, обнаружено 16 видов гельминтов, относящихся к классу Trematoda, и неопределенная до вида Nematoda gen. sp., larvae (Шихорина и др., 2021). Среди них найдены три вида трематод рода *Strigea* Abildgaard, 1790 (*S. falconis* Szidat, 1928, *S. sphaerula* (Rudolphi, 1803), *S. strigis* (Schrank, 1788)), к которому принадлежит и главный претендент на роль фактора, инициирующего развитие зеленых лягушек по аномальному пути – *S. robusta* (Svinin et al., 2020). Среди кормовых организмов, потребленных лягушками из нашей выборки, найден брюхоногий моллюск из семейства Planorbidae, некоторые представители которого являются промежуточными хозяевами гельминтов рода *Strigea*. Тем не менее, во всех трех особях, у которых имелись морфологические девиации, не было зарегистрировано ни одного гельминта.

Заключение

В заключение мы можем высказать предположение, что причины, вызывающие морфологические девиации озерной лягушки (и, вероятно, других видов зеленых лягушек), более разнообразны и могут иметь различную природу.

Список литературы

Безман-Мосейко О. С., Боркин Л. Я., Розанов Ю. М. и др. 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: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург, 2014. С. 13–19.

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий: уч. пос. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 80 с.

Закс М. М. О морфологических аномалиях зеленых лягушек (*Rana ridibunda*, *R. lessonae*) г. Пензы // Изв. Пензенск. гос. пед. ун-та. Естественные науки. 2008. № 10. С. 63–65.

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

Кожевникова В. Н., Лада Г. А. О полидактилии у озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) в Тамбовской области // Вестн Тамбовск. ун-та. Серия: Естественные и технические науки. 2016. Т. 21, вып. 1. С. 265–268.

Мамаев Б. М. Определитель насекомых по личинкам. М.: Просвещение, 1972. 400 с.

Мамаев Б. М., Медведев Л. Н., Правдин Ф. Н. Определитель насекомых Европейской части СССР. М.: Просвещение, 1976. 304 с.

Некрасова О. Д. Классификация аномалий бесхвостых амфибий // Праці Українського

Герпетологического Товариства. 2008. № 1. С. 55–58.

Плавильщиков Н. Н. Определитель насекомых. М.: Топпикал, 1994. 313 с.

Рыжиков К. М., Шарпило В. П., Шевченко Н. Н. Гельминты амфибий фауны СССР. М.: Наука, 1980. 279 с.

Свинин А. О., Ермаков О. А., Литвинчук С. Н., Башинский И. А. Синдром аномалии Р у зеленых лягушек: история открытия, морфологические особенности и возможные причины возникновения // Тр. Зоол. ин-та РАН. 2020. Т. 324, № 1. С. 108–123.

Силантьев А. А. Зоологические исследования на участках экспедиции лесного департамента 1894-96 годов. СПб., 1898. 222 с.

Скрябин К. И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.: Изд-во МГУ, 1928. 45 с.

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

Судариков В. Е., Шигин А. А., Курочкин Ю. В. И др. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. М.: Наука, 2002. Т. 1. 298 с.

Файзулин А. И. Анализ разнообразия морфологических аномалий как критерия оценки состояния популяций озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia) в Самарской области // Популяции в пространстве и времени: сборник материалов 8-го Всероссийского популяционного семинара. Н. Новгород, 2005. С. 433–434.

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

Холодковский Н. А. Два примера полидактилии // Труды Императорского Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. 1896. Т. 27, вып. 1: протоколы заседаний. № 2. С. 74-80, 86-87.

Шихорина С. Ю., Равковская Е. А., Лада Г. А. Питание и гельминты озерной лягушки, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), в среднем течении реки Ворона (Тамбовская область, Кирсановский район) // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2021. Т. 36. С. 152–165.

Borkin L. J., Pikulik M. M. The occurrence of polymely and polydactyly in natural populations of anurans of the USSR // Amphibia – Reptilia. 1986. V. 7, № 3. P. 205–216.

Lada G. A. Polydactyly in anurans in the Tambov Region (Russia) // Russ. Journ. of Herpetology. 1999. V. 5, №. 2. P. 104–106.

Puky M., Fodor A. Occurrence of amphibian deformities along the Hungarian section of the River Danube, Tisza and Ipoly // International Association for Danube Research. Tulcea, 2002. V. 34.

P. 845–852.

Rostand J. Sur la variété d'expression d'une certaine anomalie (P) chez la grenouille verte (*Rana esculenta* L.) // Comptes rendus de l'Académie des Sciences. 1952. V. 235. P. 583–585.

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Litvinchuk S. N. et al. *Strigea robusta* causes polydactyly and severe forms of Rostand's anomaly P in water frogs // Parasites Vectors. 2020. V. 13, № 1. P. 381.

Svinin A. O., Bashinskiy I. V., Litvinchuk S. N. et al. A mollusk *Planorbis corneus* is an intermediate host of the infectious agent of Rostand's «anomaly P» in green frogs // Russ. J. of Herpetology. 2019. V. 26, no. 6. P. 349–353.

Talvi T. Naturally occurring limb abnormalities in anurans of the Estonia // 7th Ord. Gen. Meet. Soc. Eur. Herpetol.: Progr. and Abstr. Barcelona, 1993. P. 124.

Flyaks N. L., Borkin L. J. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine // Applied Herpetology. 2004. № 1. P. 229–264.

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ АНОМАЛЬНЫХ ГОЛОВАСТИКОВ У ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ
(*RANA TEMPORARIA* L.) НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ И ЕГО
ОКРЕСТНОСТИ)

М. И. МАТЮШОВА¹, Л. Я. БОРКИН²

¹САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ;

²ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

st103122@student.spbu.ru, Leo.Borkin@zin.ru

OCCURRENCE OF ANOMALOUS TADPOLES OF *RANA TEMPORARIA* L. IN THE
NORTH-WEST OF RUSSIA (SAINT-PETERSBURG AND ITS ENVIRONS)

М. И. МАТЮШОВА¹, Л. Я. БОРКИН²

¹SAINT-PETERSBURG STATE UNIVERSITY

²ZOOLOGICAL INSTITUTE, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES (SAINT-
PETERSBURG)

Three samples of free-swimming tadpoles (Gosner's stage 28) of *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 taken from water bodies located: 1 – on the edge of the city of St. Petersburg; 2 – in a palace landscape park; 3 – and in a forest, were studied. The last two reservoirs are outside the urban development zone. However, the highest occurrence of anomalous tadpoles was found in them 4.6% and 5.0% in water bodies 2 and 3 vs. 2.5% in first sample – 1. Five types of anomalies were identified related to the axial skeleton and opercular chamber disorder. The most common anomaly for all samples was shortening of the tail (more than 1/3 of the length).

Введение

В последние 50–60 лет в мире наблюдается резкий рост зарегистрированных случаев

появления аномальных особей в природных популяциях амфибий, главным образом, в умеренных широтах северного полушария. Причины, вызывающие нарушения морфогенеза, довольно разнообразны и являются предметом оживленной дискуссии (Lanoo, 2008; Боркин, 2014; Henle et al., 2017). Аномалии отмечаются преимущественно у особей, прошедших метаморфоз; исследований, проведённых на головастиках, значительно меньше. Так как подобные исследования рекомендуется проводить на сравнительно больших выборках, не менее 100 особей (Боркин и др., 2012), нами в качестве объекта были выбраны головастики травяной лягушки, *Rana temporaria* Linnaeus, 1758, которая широко распространена на территории северо-запада России и является обычным, фоновым видом.

Материал и методы

Головастиков *R. temporaria* вылавливали методом траления сачком с мелкой сеткой. Отлов проводился с 26 мая по 3 июня 2023 г в трёх водоёмах с различной степенью антропогенной нагрузки (Рисунок 1).

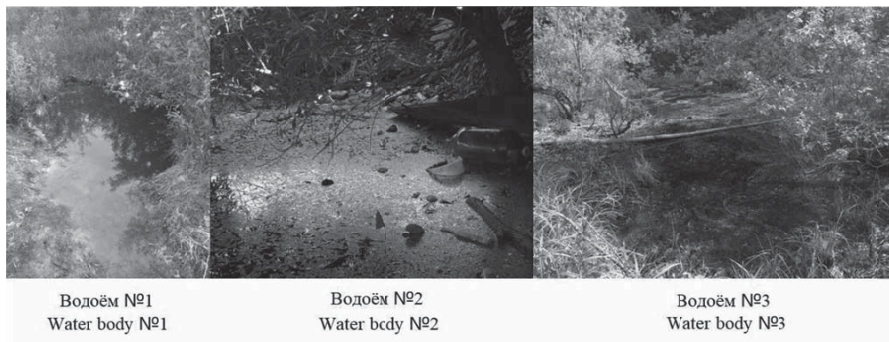


Рисунок 1 – Исследованные водоёмы №№ 1 – 3

Водоём № 1. Красногвардейский район города Санкт-Петербург, окрестности жилищного комплекса (далее ЖК) «Ручьи» (координаты: 60.005198 N, 30.460652 E), участок многоэтажной застройки в городской черте. Небольшой мелкий пруд на обочине песчаной дороги. Рядом на территории ведутся строительные работы, регулярно проходит спецтехника. Дата сбора – 1 июня 2023 г.

Водоём № 2. Петродворцовый район Санкт-Петербурга, далеко за пределами сплошной городской застройки, дворцово-парковый ансамбль Сергиевка, окрестности берега Финского залива (координаты: 59.894316 N, 29.873626 E). Заболоченный участок ландшафтного парка, водоём в основном мелкий, с отдельными глубокими местами, затенённый. На возвышениях и в воде много разного мусора, окрестности популярны для посещения. Дата сбора – 3 июня 2023 г.

Водоём № 3. Лесной пруд близ берега р. Оредеж около пос. Ухта, Ленинградская область (координаты: 59.349049 N, 30.255771 E). Относительно удалён от крупных населённых

пунктов, построек близ водоёма нет, мало посещаем, мусора в воде и на берегу не обнаружено. Дата сбора – 26 мая 2023 г.

В каждом водоёме одновременно выловлено не менее 100 свободно плававших головастика (стадия 28 по Gossner, 1960). Их первичное обследование на предмет аномалий проводилось на месте: головастики рассматривались по одному в воде, на белом фоне с использованием лупы (увеличение 15х). Личинки с аномалиями были отобраны, зафиксированы (70%-ный этанол) и переданы в коллекцию лаборатории герпетологии Зоологического института РАН, остальные были отпущены. Более детальный анализ аномалий уже фиксированных экземпляров осуществлялся в лаборатории с использованием бинокля Микромед МС-2 (увеличение 20х).

Оценку встречаемости аномальных личинок, различных аномалий и повреждений проводили по схеме, предложенной Л. Я. Боркиным и др. (2012).

Результаты и обсуждение

Встречаемость аномальных головастика (P_{as}) оказалась наиболее высокой в водоёмах № 2 (5.0%) и № 3 (4.6%), удалённых от сплошной городской застройки, а наименьшей в пруду № 1 (2.9%) на окраине Санкт-Петербурга (таблица). Наибольший спектр аномалий был у личинок в пруду № 3 ($S_{ap} = 5$), а наименьший в пруду № 1 ($S_{ap} = 2$).

Из 15 возможных типов аномалий у личинок амфибий (Вершинин, 2015) нами было обнаружено лишь 5. Это — укорочение хвоста, закругление его кончика, кифоз, дефект оперкулярной камеры и выраженный травматический дефект хвоста (Рисунок 2). У обследованных нами головастика (на стадии свободно плавающей личинки) ещё нет конечностей. Поэтому не удивительно, что подавляющее большинство аномалий затрагивало осевой скелет (хвост). Лишь у одной личинки (лесной пруд № 3, Ленинградская область) было найдено нарушение строения оперкулярной камеры.

Большинство обнаруженных нами аномалий явно связаны с нарушением морфогенеза, однако некоторых из них можно отнести к травматическим. Хвост головастика является очень нежным и легко травмируемым органом. Поэтому его незначительные повреждения, в том числе те, которые могли быть механическим последствием отлова, в качестве аномалий нами не учитывались. Доля таких личинок (таблица, P_m) составляла от 1.8% (лесной пруд № 3) до 2.5% (водоём № 2). Только значительные повреждения, характеризующиеся утратой более 50% хвоста и не имеющие следов крови, регистрировались нами в качестве категории *аномалии* травматического характера (Боркин, 2014).

Во всех трёх водоёмах наиболее распространённым отклонением было укорочение хвоста. Степень его выраженности существенно различалась между личинками. Поэтому значимым (учитываемым) укорочением мы считали укорочение на 1/3 и более от нормальной

длины хвоста.

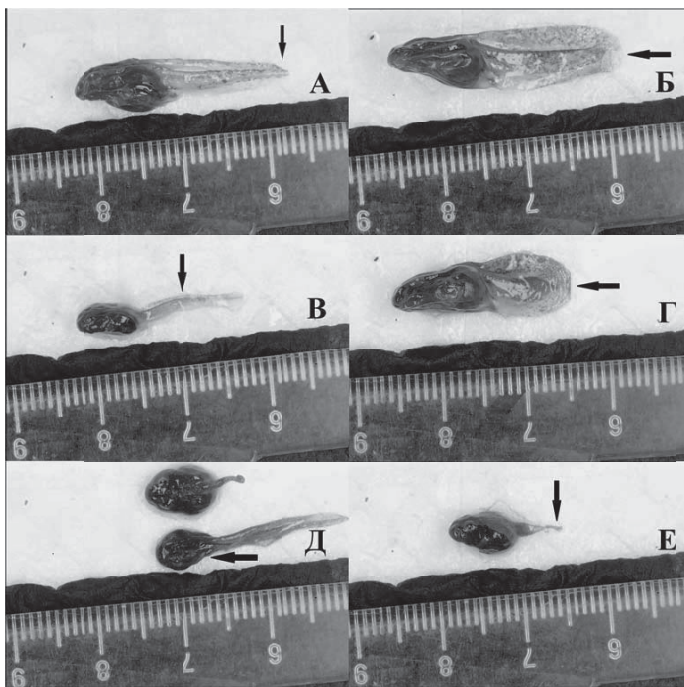


Рисунок 2 – Типы аномалий у головастика *Rana temporaria* из Санкт-Петербурга и Ленинградской области

(А – укорочение хвоста, Б и Г – укорочение хвоста и закругление кончика, В – кифоз, Д – дефект оперкулярной камеры, Е – выраженный травматический дефект хвоста)

Наименьшая отмеченная длина составляла приблизительно 1/3 от нормальной (Рисунок 2, Г). Относительная встречаемость данной аномалии (A_{pa}) варьировала от 60.0% до 33.3% и коррелировала с уровнем антропогенной нагрузки на водоём. Так, для городского пруда № 1 (окрестности ЖК «Ручьи») мы оцениваем этот уровень как наибольший, а для пруда № 3 (Ленинградская область) как наименьший (Таблица 1). Эта аномалия, вероятно, отрицательно влияет на выживаемость головастика (Ding et al., 2014), на успешность (Hoff, Wassersug, 2000; Zamora-Camacho et al., 2018) и скорость метаморфоза (Martins et al., 2022).

Однако наших данных недостаточно для таких выводов, которые необходимо проверить экспериментально.

Лесной пруд № 3 был единственным местом, в котором были обнаружены все отмеченные нами типы аномалий, включая две редкие (по единичной встрече), а именно кифоз и дефект оперкулярной камеры, связанный с уменьшением её объёма и изменением формы.

Таблица 1 – Встречаемость головастиков с аномалиями (P_{as}) и повреждениями хвоста (P_{in}), индивидуальный (S_{ai} , min–max, среднее) и общий спектр аномалий (S_{ap}), а также их парциальная (A_p) и относительная встречаемость (A_{ra})

Водоём №	n	P_{as} , %	P_{in} , %	S_{ai} min–max M	S_{ap}	A_{ra} , % A_{ap} , %				
						I	II	III	IV	V
1	102	2.9	2.0	1 1.0	2	60.0 2.9	—	—	—	40.0 2.0
2	119	5.0	2.5	1–2 1.5	3	46.2 3.4	30.8 1.7	—	—	23.1 2.5
3	109	4.6	1.8	1–2 1.2	5	33.3 2.8	22.2 1.8	11.1 0.9	11.1 0.9	22.2 1.8

Примечание: I – укорочение хвоста; II – закругление кончика хвоста; III – кифоз; IV – дефект оперкулярной камеры; V – травма хвоста.

Большинство головастиков имели только по одной аномалии. Однако в водоёмах № 2 и 3 попадались также и личинки с двумя аномалиями сразу: укорочение хвоста + закругление его кончика. Стоит отметить, что закругление кончика хвоста в наших выборках вообще не встречалось самостоятельно, как *отдельная* аномалия и присутствовало исключительно в комбинации с укорочением. В парковом водоёме № 2 (Сергиевка) 30.8% аномальных головастиков имели оба этих дефекта (2/3 особей с укороченным хвостом имели закруглённый кончик), а в лесном пруду № 3 их было 22.2%, в городском же пруду № 1 головастики с двумя аномалиями не обнаружены (Таблица 1). Таким образом, из-за различий в числе головастиков с двумя аномалиями сразу средний показатель индивидуального спектра аномалий (S_{ai} , M) в водоёмах варьировал от 1.0 (городской пруд № 1) до 1.5 (лесопарковый водоём № 2) с промежуточным значением 1.2 в лесном пруду. Искривления осевого скелета (кифоз и сколиоз) обычно описывались как наиболее частые варианты аномалий личинок амфибий до 26-й стадии развития (Cooke, 1981). Нами кифоз был обнаружен только у одной личинки 28-й стадии в лесном пруду № 3. Ранее эта аномалия как весьма редкая была найдена лишь у одного головастика также 28-й стадии у гималайской жабы, *Duttaphrynus himalayanus* (Günther, 1864), тогда как сколиоз был обычен в шести выборках (Vershinin et al., 2023).

Дефект оперкулярной камеры — другая единично встреченная аномалия. Полагают, что она в целом является редкой для *R. temporaria* и обычно является следствием урбанизации (Вершинин и др., 2016). Однако в нашем случае, учитывая место обнаружения (водоём № 3 на наименее урбанизированной из обследованных территорий), она, вероятнее всего, имеет другие причины.

Обычно фоновая встречаемость внешних морфологических аномалий у земноводных не превышает 5% (Боркин и др., 2012). Таким образом, судя по нашим выборкам, наличие аномальных головастиков *R. temporaria* в трёх обследованных прудах города Санкт-Петербург

и Ленинградской области следует отнести к *фоновой* встречаемости (на её грани), которая является нормальным явлением и существенно не влияет на успешность существования популяции в целом.

Заключение

Чёткой корреляции между степенью антропогенной нагрузки и встречаемостью аномальных головастика нами не обнаружено. Так, их наименьшая доля (2.9%) была установлена для Красногвардейского района Санкт-Петербурга, где ведётся активное освоение территории и строительство, в то время как в ландшафтном парке Сергиевка (водоём № 2) процент был выше (5.0%), приближаясь к нижнему пороговому значению массовой встречаемости (Боркин и др., 2012). В удалённом от населённых пунктов лесном водоёме № 3 встречаемость аномальных головастика была также достаточно высока (4.6%), хотя и в пределах фона. Для установления причин массовых аномалий личинок *R. temporaria* в ландшафтном парке Сергиевка требуются дополнительные исследования, включающие анализ состава воды и почвы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность К. Д. Мильто (Зоологический институт РАН) за содействие при макросъёмке головастика.

Список литературы

Боркин Л. Я. Морфологические аномалии в природных популяциях амфибий: что мы изучаем и как оцениваем? // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: мат-лы междунар. шк.-конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. С. 25–36.

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

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та. 2015. 80 с.

Cooke A. S. Tadpoles as indicators of harmful levels of pollution in the field // Environmental Pollution, Series A, Ecological and Biological. 1981. V. 25, № 2. P. 123 – 133.

Ding G., Lin Z., Zhao L. Locomotion and survival of two sympatric larval anurans, *Bufo gargarizans* (Anura: Bufonidae) and *Rana zhenhaiensis* (Anura: Ranidae), after partial tail loss // Zoologia. 2014. V. 31, № 4. P. 316–322.

Gosner K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification // Herpetologica. 1960. V. 16, № 3. P. 183–190.

Henle K., Dubois A., Verшинin V. A review of anomalies in natural populations of amphibians

and their potential causes // *Mertensiella*. Mannheim. 2017. V. 25. P. 57–164 (K. Henle, A. Dubois, eds, *Studies on Anomalies in Natural Populations of Amphibians*).

Hoff K. V., Wassersug R. J. Tadpole locomotion: axial movement and tail functions in a largely vertebraeless vertebrate // *American Zoologist*. 2000. V. 40, № 1. P. 62–76.

Martins A. G. S., Rebouças R., Santos I. et al. Influence of tail injury on the development of Neotropical elegant treefrog tadpoles // *Acta Herpetologica*. 2022. V. 17, № 1. P. 13–20.

Zamora-Camacho F. J., Cortes-Manzanares S., Aragon P. Simulated predation pressure in *Pelobates cultripes* tadpoles modulates morphology at the metamorphic stage // *Current Zoology*. 2018. V. 65, № 6. P. 651–656.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В ЭРИТРОЦИТАХ ЗЕЛЁНЫХ ЛЯГУШЕК РОДА

PELOPHYLAX НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Б. РОМАНОВА, Е. С. РЯБИНИНА

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО

romanova@ibbm.unn.ru; ryabinina.e.s@yandex.ru

CYTOGENETIC DISORDERS IN ERYTHROCYTES OF GREEN FROGS LIVING IN THE

NIZHNY NOVGOROD REGION

E. B. ROMANOVA, E. S. RYABININA

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

An analysis of the proportion of micronuclei in mature erythrocyte blood and immature erythrocyte bone marrow of *Pelophylax ridibundus* and *P. lessonae* living in 12 water bodies of the Nizhny Novgorod region was carried out. Hierarchical grouping was carried out and five clusters were identified using Ward's method. Each cluster contained water bodies with similar levels of chemical pollution of the environment. An increase in the proportion of micronuclei in red blood cells and bone marrow has been established, determined by the total complex pollution of the environment and the specific effects of specific pollutants, primarily heavy metals. The increase in the proportion of erythrocytes with micronuclei in the blood of *P. ridibundus* and *P. lessonae* was determined by the contribution of micronuclei of the attached species. Interspecies differences in the proportion of micronuclei in the bone marrow and peripheral blood of frogs, due to the hydrochemical characteristics of the environment, were revealed.

Введение

Важной задачей экологической физиологии является оценка влияния абиотических факторов и выявление адаптивных изменений, протекающих неодинаково не только в различных систематических группах амфибий, но и у близких видов (Вершинин, 2004).

Перспективным направлением изучения нарушений генетического аппарата клеток организма, является микроядерный тест. Анализ основан на особенности клеток пролиферирующих клеток (в первую очередь эритроцитов разной степени созревания) под воздействием мутагенов образовывать особые ядерные структуры – микроядра (Жулева, Дубинин, 1994; Манских, 2006; Кузина, 2011; Крюков, 2023; Luzhna et al., 2013; Mansi et al., 2014 и др.). Микроядра образуются в процессе нарушений генетического материала (Migliore et al., 1997; Ковалева, 2008; Кривцова и др., 2021), как из отстающих ацентрических фрагментов, возникших в результате структурных aberrаций хромосом (кластогенный эффект), так и целых хромосом, задерживающихся в анафазе на экваторе клетки (анеугенный эффект). Несмотря на относительную изученность механизмов возникновения микроядер (Квасов и др., 2000; Прошин, 2007; Ковалева, 2008; Кривцова и др., 2021; Крюков, 2023; Woznicki et al., 2004; Koh-ichi et al., 2011), отдельные характеристики хромосомных нарушений, изменчивости генома и взаимосвязь их с факторами окружающей среды до сих пор остаются несистематизированными. Между тем, исследования цитогенетических показателей имеют не только практическую значимость, связанную с оценкой качества среды путём биоиндикации, но и способствуют получению характеристик популяционного гомеостаза, определяющего выживание животных в условиях нарастающей антропогенной нагрузки.

В работе проведено аутоэкологическое исследование встречаемости микроядер в крови и костном мозге озерных *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) и прудовых *P. lessonae* (Camerano, 1882) лягушек, обитающих в водных объектах Нижегородской области, группирующихся по гидрохимическому составу.

Материал и методы

Объектом исследования являлись лягушки: *P. ridibundus* (391 особь) и *P. lessonae* (165 особей), собранные на территории 12 водных объектов территории Нижегородской области. Химический анализ водных проб проводили с помощью спектрофотометра Nach DR-2800 (NACH LANGE GmbH, Германия) с последующим расчетом удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ). Кровь и костный мозг, полученные от каждой особи, использовали для приготовления цитологических препаратов (Меньшиков и др., 1987). В полихроматофильных эритроцитах (ПХЭ) костного мозга и зрелых нормохроматофильных эритроцитах (НХЭ) крови дифференцировали четыре вида микроядер: оформленные, прикрепленные, палочковидные, разрыхленные. При сравнении долей использовали критерий χ^2 с поправкой Холма. Классификацию водных объектов проводили методом главных координат и кластерным анализом на основе метода объединения Уорда, который направлен на выявление кластеров сходного гидрохимического состава. В свою очередь сходство рассчитывалось как евклидово расстояние в пространстве логарифмированных значений частных коэффициентов.

Для изучения вида зависимости количественных признаков цитогенетического гомеостаза от гидрохимических условий среды использовали регрессионный анализ. Все расчеты проводили в среде R (R Core Team, 2020) с применением пакетов программ Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corp., USA) и Statistica 8 (StatSoft Inc., OK, USA). За величину уровня значимости принимали $\alpha=0.05$.

Результаты и обсуждение

На основе метода объединения Уорда и анализа силуэтов выделено пять кластеров (А, Б, В, Г, Д), в каждом из которых содержались водные объекты с близкими показателями химического загрязнения среды. Согласно УКИЗВ самыми загрязненными, являлись кластер А и кластер В, включающие экстремально грязные водные объекты V класса качества воды; кластеры Г, Д, Б. были менее загрязненными. По градиенту химического загрязнения среды в порядке ухудшения качества воды водных объектов (от IV класса, грязная/очень грязная к V классу, экстремально грязная) представительство видов зеленых лягушек менялось. Сравнение относительных частот распределения видов в градиенте УКИЗВ водных объектов урбанизированной территории выявило преобладание озерных лягушек с более широким диапазоном толерантности по сравнению с прудовыми.

В НХЭ озерных и прудовых лягушек наиболее часто встречались прикрепленные микроядра. Доля разрыхленных, оформленных и палочковидных была значимо меньше. Следует отметить, что в сравнительно более благоприятных, но загрязненных условиях водной среды у озерных лягушек (кластер Г) относительно равномерно встречались НХЭ с оформленными, палочковидными и разрыхленными микроядрами, напротив, доля клеток с микроядрами прикрепленного вида оказалась небольшой по сравнению с выборками озерных лягушек более «грязных» кластеров. Суммарное содержание НХЭ с микроядрами коррелировало с возрастанием доли эритроцитов с микроядрами прикрепленного вида в крови обоих видов лягушек. Отметим, что сумма НХЭ с микроядрами ($z = 14.16$, $p < 0.001$), а также доли отдельных видов микроядер (оформленные – $z = 4.63$, $p = 0.00004$; прикрепленные – $z = 12.98$, $p < 0.001$; палочковидные – $z = 3.77$, $p = 0.00016$; разрыхленные – $z = 4.82$, $p = 0.000001$) в эритроцитах прудовых лягушек в экстремально загрязненных условиях водной среды (кластер А) были значимо выше, чем у озерных. Межвидовые различия в показателях цитогенетического гомеостаза отмечены и в менее загрязненных условиях водной среды: прудовые лягушки характеризовались менее высоким содержанием микроядер прикрепленного вида и повышенной долей микроядер оформленного ($z = 6.07$, $p < 0.001$), разрыхленного ($z = 3.56$, $p = 0.0003$) и палочковидного ($z = 4.91$, $p = 0.000001$) видов.

Сравнительный учет хромосомных нарушений в молодых клетках костного мозга и зрелых эритроцитах периферической крови показал, что соотношение микроядер в ПХЭ и НХЭ

обуславливалось спецификой гидрохимических условий среды и видовой принадлежностью особей. Доля оформленных микроядер в клетках костного мозга обоих видов лягушек оказалось больше, чем в НХЭ крови. При этом, у прудовых лягушек (кластер А) суммарное содержание микроядер в крови было выше, чем в костном мозге ($z = 11.20, p < 0.001$) за счет повышенной доли эритроцитов с разрыхленными ($z = 4.58, p < 0.001$) и прикрепленными ($z = 11.58, p < 0.001$) микроядрами. В условиях кластера Б это соотношение сохранялось (Рисунок 1). У озерных



Рисунок 1 – Соотношение видов микроядер в эритроцитах крови и костного мозга прудовых лягушек в разных гидрохимических условиях среды

лягушек (кластер А) суммарное содержание клеток с микроядрами в крови и костном мозге не различалось. В ПХЭ костного мозга более значительной была доля разрыхленных ($z = 10.57, p < 0.001$), а доля прикрепленных меньше ($z = 10.43, p < 0.001$) по сравнению с содержанием этих видов микроядер в НХЭ. В условиях кластера Б в ПХЭ у особей дифференцировались палочковидные микроядра, доля разрыхленных микроядер была меньше по сравнению с их содержанием в НХЭ (Рисунок 2).

Суммарное содержание микроядер в ПХЭ костного мозга двух видов лягушек также различалось: у озерных лягушек в условиях водной среды (кластер А) ($z = 2.39, p = 0.016$) и кластера Б ($z = 19.07, p < 0.001$) доля микроядер была выше по сравнению с прудовыми за счет вклада микроядер всех анализируемых видов. В условиях синтопического обитания (в одном водоеме - бол. Белкино_2019) содержание микроядер в ПХЭ прудовых лягушек было выше ($z = 5.29, p < 0.001$) по сравнению с озерными озерных лягушек (10.00%) за счет повышенного содержания микроядер прикрепленного вида, составляющих 92-94 % от всех типов микроядер. Доли остальных видов микроядер у обоих видов при синтопии не различались.

Зависимость суммы микроядер, а также доли отдельных видов у озерных и прудовых лягушек от концентраций неорганических веществ (нитратов, сульфидов, хлоридов, тяжелых

металлов: Ni, Pb, Cr, Zn, Co, Mn) в водных системах подтверждалась анализом уравнений регрессии с высоким значением уровня значимости ($p < 0.01$) для коэффициентов корреляции и детерминации.

Таким образом, в костном мозге и периферической крови двух видов зеленых лягушек водных объектах урбанизированной территории наблюдалось возрастание доли клеток с микроядрами, что свидетельствовало о мутагенном влиянии гидрохимических загрязнителей. Дифференцированный учет микроядер позволил выявить преобладание в ПХЭ и НХЭ зеленых

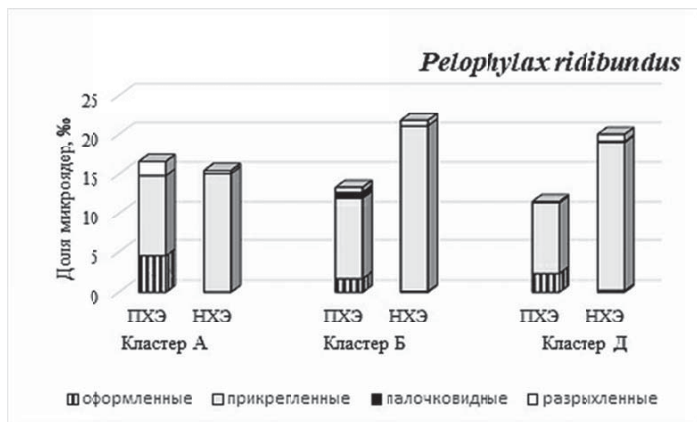


Рисунок 2 – Соотношение видов микроядер в эритроцитах крови и костного мозга озерных лягушек в разных гидрохимических условиях среды

лягушек эритроцитов с прикрепленными микроядра, включающими в себя ацентрические фрагменты, что является результатом хромосомных aberrаций. Доля клеток с разрыхленными, оформленными и палочковидными микроядрами была значительно меньше. Следует отметить повышенное содержание в ПХЭ оформленных микроядер, включающих целые хромосомы, задерживающиеся на экваторе клетки в анафазе и возникающие в результате изменений взаимодействия хромосом с микротрубочками ахроматического веретена деления, по сравнению с НХЭ. В условиях высокого комплексного гидрохимического загрязнения среды обитания с учетом тяжелых металлов наблюдалась возрастание генетических нарушений. В первую очередь за счет индукции хромосомных aberrаций, что свидетельствовало об активации соматического мутагенеза.

Заключение

Возрастание доли микроядер в клетках системы крови зеленых лягушек в градиенте химического загрязнения водной среды обуславливалось, как суммарным комплексным загрязнением среды, так и спецификой воздействия конкретных загрязнителей, в первую очередь тяжелых металлов, способных оказывать генотоксическое воздействие на живые

организмы.

Более выраженные межвидовые различия проявлялись в условиях экстремального гидрохимического загрязнения, что иллюстрировало разные пути поддержания цитогенетического гомеостаза видов к нарастающему прессу антропогенной нагрузки в пределах одного рода.

Список литературы

Вершинин В. Л. Гемопоз бесхвостых амфибий – специфика адаптациогенеза видов в современных экосистемах // Зоол. журн. 2004. Т.83, №11. С. 1367–1374.

Жулева Л. Ю., Дубинин Н. П. Использование микроядерного теста для оценки экологической обстановки в районах Астраханской области // Генетика. 1994. Т. 30, № 7. С. 999–1004.

Квасов И. Д., Парфенов В. Н., Цветков А. Г. Внутрядерные структуры, содержащие факторы созревания РНК, в ранних вителлогенных ооцитах травяной лягушки // Цитология. 2000. Т.42. № 6. С. 536–549.

Ковалева О. А. Цитогенетические аномалии в соматических клетках млекопитающих // Цитология и генетика. 2008. № 1. С. 58–72.

Крюков В. И. Анализ микроядер и ядерных аномалий в эритроцитах рыб, амфибий, рептилий и птиц: критерии выявления и типирования. Научно-методическое пособие. Красноярск: Научно-инновационный центр. 2023. 94 с.

Кузина Т. В. Цитофизиологические особенности крови промысловых рыб Волго-Каспийского канала. Автореф. канд. биол. наук. Астрахань. 2011. 24 с.

Кривцова Е. К., Ингель Ф. И., Ахальцева Л. В. Цитомный анализ: современный универсальный инструмент медико-биологических и эколого-гигиенических исследований (обзор литературы). Часть 1 // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 10. С. 1151–1156.

Манских В. Н. К вопросу о механизмах образования микроядер в соматических клетках бесхвостых амфибий в норме и при действии N-нитрозо-N-метилкарбамида // Бюл. эксперим. биол. и мед. 2006. Т. 141, № 2. С. 217–220.

Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. П. и др. Лабораторные методы исследования в клинике. М: Медицина. 1987. 368 с.

Прошин С. Н. Нарушения морфологии интерфазных ядер в клеточных популяциях животных при оценке на геном дестабилизирующих факторов. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб.-Пушкин: ВНИИГРЖ. 2007. 33 с.

Koh-ichi U., Atsushi O., Noriaki S. Generation of Micronuclei during Interphase by coupling between cytoplasmic membrane blebbing and nuclear budding // PLoS ONE. 2011. V. 6. P. 11 URL: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0027233> (дата обращения:

25.11.2023).

Luzhna L., Kathiria P., Kovalchuk O. Micronuclei in genotoxicity assessment: from genetics to epigenetics and beyond. A review. // *Front. Genet.* 2013. V. 4. P. 131. URL: doi: 10.3389/fgene.2013.00131 (дата обращения: 25. 11.2023).

Mansi A., Sunitha J. D., Geetanshu D., Neelakshi S. R. Micronuclei assay of exfoliated oral mucosal cells: review // *Annals of Dental Specialty.* 2014. V. 2. P. 47–50. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/e965/408168ba3699938d4062fd282a8eff66284e.pdf> (дата обращения: 25.11.2023).

Migliore L. Coppedè F., Fenech M., Thomas P. Association of micronucleus frequency with neurodegenerative diseases. Review // *Mutagenesis.* 2011. V. 26, № 1. P. 85–92.

Woznicki P., Lewandowska R., Brzuzan P. The level of DNA damage and the frequency of micronuclei in haemolymph of freshwater mussels *Anodonta woodiana* exposed to benzo(a)pyrene // *Acta toxicol.* 2004. V. 12, №1. P. 41–45.

О СОЧЕТАННОСТИ НЕКОТОРЫХ АНОМАЛИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ У ОСТРОМОРДОЙ
ЛЯГУШКИ (*RANA ARVALIS* NILSSON, 1842)

А. Г. ТРОФИМОВ

ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ЕКАТЕРИНБУРГ)

alexandertrofimov92@gmail.com

ABOUT SOME ASSOCIATED LIMB ANOMALIES IN THE MOOR FROG (*RANA ARVALIS*
NILSSON, 1842)

A. G. TROFIMOV

INSTITUTE OF PLANT AND ANIMAL ECOLOGY, URAL BRANCH OF THE RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCE (YEKATERINBURG)

614 specimens of *R. arvalis* from 14 natural populations were studied, 7 of them (1.1%) had schizodactyly, 4 of them (0.7%) had extra elements of carpus, in 2 cases these anomalies were together and were bilateral. A statistically significant correlation was found between the occurrence of individuals with these anomalies and the presence of *Holostephanus volgensis* (Sudarikov, 1962) metacercariae. A study of tailless amphibians with bilateral schizodactyly from natural habitats hypothetically could help to find individuals with atypical variants of the carpus structure.

Введение

В настоящее время существует мало данных об изменчивости строения запястья у бесхвостых амфибий в природных популяциях и, как правило, считается, что внутривидовая изменчивость дефинитивного состояния отсутствует (Fabrezi, Barg, 2001). Для остромордой

лягушки ранее было показано существование внутривидовой изменчивости строения базиподия передних конечностей (Трофимов, 2022), а наблюдаемые конфигурации аномального строения вероятно связаны с неслиянием эмбриональных закладок элемента Y, что может быть вызвано воздействием трематод. В данной работе представлены данные о встречаемости других аномалий у особей с атипичным строением запястья.

Материал и методы

Исследован скелет конечностей у 614 особей остромордой лягушки из 14 естественных местообитаний в 3 областях – Свердловской, Курганской и Тюменской. Все особи заканчивали метаморфоз или прошли его полностью, после 42-43 стадии развития (Gosner, 1960) все элементы базиподия дифференцированы (Fabrezi et al., 2017). Препараты были окрашены альциановым синим и ализариновым красным на хрящ и кость соответственно (Walker, Kimmel, 2007).

Результаты и обсуждение

Для встречаемости особей с развитием экстра-элементов запястья, а также для встречаемости особей со схизодактилией задних конечностей была выявлена статистически значимая корреляция с наличием у особей метацеркарий трематод, тогда как для других аномалий этой корреляции не наблюдалось. Также для этих двух аномалий не обнаружено иных статистических значимых корреляций с такими факторами, как пол, морфа, степень урбанизации местообитания, месяц и год сбора.

У 5 из 7 особей со схизодактилией зафиксировано наличие метацеркарий трематоды *Holostephanus volgensis* (Sudarikov, 1962) в мягких тканях, при этом 3 из 4 особей с двухсторонним проявлением данной аномалии были заражены этими паразитами. У всех 4 особей с аномальным строением запястья также обнаружены метацеркарии в мягких тканях, а 2 особи с двухсторонним проявлением этой аномалии имели двухстороннюю схизодактилию задних конечностей, в отличие от 2 особей с односторонним развитием экстра-элементов запястья, у которых схизодактилия не отмечена.

Таким образом, 2 из 9 остромордых лягушек (22.2%) имели обе указанные аномалии при наличии метацеркарий *H. volgensis*, с другой стороны, 2 из 7 животных со схизодактилией имели атипичное строение запястья (28.6%) и, наконец, 2 из 4 особей с двусторонней схизодактилией (50%) несли отклонения в строении запястья.

Гипотетическое объяснение корреляции указанных аномалий с наличием трематод может заключаться в изменении регуляции цикла ретиноевой кислоты, что известно на примере трематоды *Ribeiroia ondatrae* Looss, 1907 (Szuroczki et al., 2012).

Заключение

В исследованном материале особи с аномальным строением запястья составили 0.7%, а

особи со схизодактилией – 1.1%, в тоже время встречаемость лягушек с обеими аномалиями еще меньше, всего 0.3%, однако, как показано выше, схизодактилия задних конечностей, которая хорошо заметна при внешнем осмотре, может являться маркером аномалий базиподия передних конечностей. Поэтому целесообразным представляется детальное изучение бесхвостых амфибий с двухсторонней схизодактилией в местообитаниях, где отмечена значительная инвазированность трематодами, т.к. это, наряду с направленным скринингом атипичных структур запястья в природных популяциях, позволит дополнить картину морфогенеза конечностей с позиций единства онтогенетических и эволюционных процессов.

Список литературы

Fabrezi M., Barg M. Patterns of carpal development among anuran amphibians // *J. of morphology*. 2001. V. 249, № 3. P. 210–220.

Fabrezi M., Goldberg J., Chuliver Pereyra M. Morphological variation in anuran limbs: constraints and novelties // *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*. 2017. V. 328, № 6. P. 546–574.

Gosner K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification // *Herpetologica*. 1960. V. 16, № 3. P. 183–190.

Szuroczki D., Vesprini N. D., Jones T. R. et al. Presence of *Ribeiroia ondatrae* in the developing anuran limb disrupts retinoic acid levels // *Parasitology research*. 2012. V. 110. P. 49–59.

Walker M. B., Kimmel C. B. A two-color acid-free cartilage and bone stain for zebrafish larvae // *Biotechnic & Histochemistry*. 2007. V. 82, № 1. P. 23–28.

Трофимов А. Г. Изменчивость автоподия *Rana arvalis* (Nilsson, 1842) // Эволюционная и функциональная морфология позвоночных. Материалы II Всероссийской конференции и школы для молодых учёных памяти Феликса Яновича Дзержинского (ответственный редактор А. Б. Поповкина). Москва: КМК, 2022. С. 310–317.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОЧЕТАННЫХ ЭМБРИОНАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ НЕСИНАНТРОПНЫХ MICROMAMMALIA ИЗ ПРИРОДНЫХ ЛОКАЛИТЕТОВ И ЛАБОРАТОРНЫХ СБОРОВ.

Т. Р. ТУХБАТУЛЛИНА

ttukhbatullina@gmail.com

НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИМ. В. А. АЛМАЗОВА, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

CHARACTERISTICS OF COMBINED EMBRYONAL ANOMALIES IN
REPRESENTATIVES OF NON-SYNANTHROPIC MICROMAMMALIA FROM NATURAL
LOCALITIES AND LABORATORY COLLECTIONS.

This work characterizes the most impressive combined embryonic developmental anomalies of non-synanthropic small mammals from natural areas of the forest park in the city of Yekaterinburg and laboratory samples, which are lethal in postnatal ontogenesis. The most common single anomalies in different species are also described. A feature of the distribution of single and combined anomalies is that they do not have a clear pattern and are found in representatives of different species, which indicates their lack of species specificity.

Введение

Общепринятых критериев, которые позволяли бы нам отличить норму от аномалии, не существует (Вершинин 1997; 2015). Тем не менее, многообразие аномалий достаточно для их классификации, которая обнаруживает множество подходов (Ярыгин и др., 2003; Solecki et al., 2013). Основными критериями выступают: причина; стадия, на которой проявляется воздействие; последовательность их возникновения в организме; распространенность и локализация. Наиболее распространенный способ классификации - по анатомо-морфологическому принципу (классификация принята ВОЗ), что является наиболее удобным для нас. Данный подход позволяет рассмотреть аномалии каждого органа, системы органов и их сочетания.

Все аномалии мы разделили на: морфологические аномалии развития (Калмин, Калмина, 2000) и аномалии развития репродуктивной системы (Hughes, et al 2006). К аномалиям развития можно отнести и эмбриональную смерть, которая также подразделяется, в зависимости от причин ее вызывающих (Chan et al, 2004; Figueras-et al, 2014; Savchev et al. 2014). Многие исследователи связывают нарушения раннего развития с апоптической гибелью клеток в эмбрионах (Exley et al., 1999; Van Blerkom, 2001; Jurisikova et al., 2003). Это же может привести и к резорбции эмбрионов на ранних стадиях развития.

Материал и методы

Сборы материала происходили в течение 2016-2019 годов на территории Юго-Западного лесопарка, который расположен в черте города и, главным образом, подвержен рекреационной нагрузке. Контрольные выборки проведены в окрестностях села Шигаево, Шалинского района, в 178 км от Екатеринбурга. Также, сравнительным материалом служили выборки из вивария ИЦиГ СО РАН г. Новосибирск – линейные особи *M. arvalis* (CD1 outbred – сток происходит из большой колонии мышей Swiss, принадлежавшей Институту Рокфеллера <http://spf.bionet.nsc.ru/spf-strains/>)

Исследование выполнено на беременных самках мелких млекопитающих 5 родов 9

видов: полевка рыжая (*Myodes glareolus* Schreber, 1780), красная (*Myodes rutilus* Pallas 1779), обыкновенная (*Microtus arvalis* Pallas 1778), пашенная (*Microtus agrestis* Linnaeus 1761), полевка экономка (*Microtus oeconomus* Pallas 1776), мышь полевая (*Apodemus agrarius* Pallas 1771), малая лесная (*Sylvaemus uralensis* Kratochvil & Rosicky 1952), лесная мышовка (*Sicista betulina* Gray 1827), бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus* Linnaeus 1758).

В целом изучено 1887 эмбрионов от 276 самок, из них 594 эмбриона от 59 самок CD1 outbred. При диссекции самок полностью извлекали и исследовали репродуктивный тракт. Состояние репродуктивного тракта оценивали на основании ряда морфологических особенностей: по числу желтых тел в каждом яичнике, числу прошлых и настоящих мест имплантации, числу эмбрионов в правом и левом рогах матки. При описании эмбрионов учитывали стадию развития и наличие девиантных форм.

Результаты и обсуждение

Всего было выявлено 27 вариантов аномалий для исследованных видов Micromammalia. Преобладающими типами аномалий у изученных видов являются: *S. araneus* – укорочение конечностей, *S. uralensis* – синдактилия, *M. glareolus* – деформация плаценты, брахидактилия и клиндактилия, в фоновом локалитете этого вида – только деформация плаценты, у *M. rutilus* – деформация плаценты и синдактилия, в выборке этого вида контрольного локалитета – деформация плаценты и обвитие пуповиной, *M. arvalis* – деформация плаценты, брахидактилия, клиндактилия и деформация плаценты в выборке контрольного локалитета, *M. arvalis outbred* CDI с нормальной плодовитостью – деформация плаценты и синдактилия, в лабораторной выборке многоплодных – клиндактилия и синдактилия, *A. agrarius* – дисморфия черепа, *M. oeconomus* – деформация плаценты, утолщение / укорочение конечностей, микрофтальмия.

Среди сочетанных аномалий *M. arvalis* наиболее впечатляющие образцы с пороками развития органов чувств, брюшной стенки и внутренних органов: гетерохрония – левый глаз приоткрыт, правый закрыт, незаращение брюшины, гепатомегалия, гетеротопия печени (Рисунок 1a) и незаращение брюшины – шистосома рефлексум (*schistosoma reflexum*), отсутствие сформированной грудной клетки, нейроглиома в краниальной области, брахидактилия, гетерохрония формы тела, которая еще на ранних стадиях имеет S-образную форму, с течением эмбриогенеза должна меняться на C-образную с 11 стадии (Астауров, 1975). При подобной гетерохронии форма тела остается S-образно скрученной (Рисунок 1b).

Так у представителя *M. arvalis* в ходе онтогенеза брюшная стенка не срастается, эмбрион может оставаться живым в перинатальный период, развиваться до родов. Такой тип аномалий может сочетаться с развитием других аномалий: гепатомегалия, незаращение костей черепа, оказывает влияние на родоразрешение, что может повлечь смерть самки и потомства. Очевидная гепатомегалия и гетеротопия печени присутствует и в наших образцах.

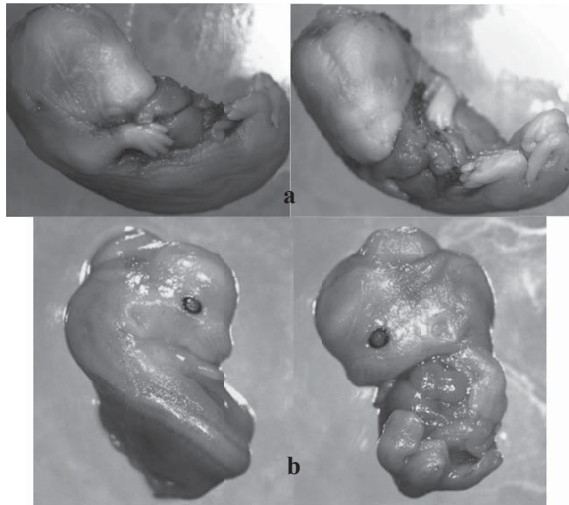


Рисунок 1 – Аномалии развития *M. arvalis*

Нейробластома – опухоль, которая часто возникает из мутировавших незрелых клеток симпатической нервной системы, сопутствующая ей деформация черепа, брахигнатия, эктопия хрусталика, четырехпалость (олигодактилия) – врожденный дефект, характеризующийся наличием только четырех пальцев на кисти или стопе, что может иметь генетическую или тератогенную этиологию.

У представителя *M. glareolus* хорошо диагностируется: нейробластома, деформация черепа, брахигнатия, эктопия хрусталика, четырехпалость (=олигодактилия) (Рисунок 2 а, b).

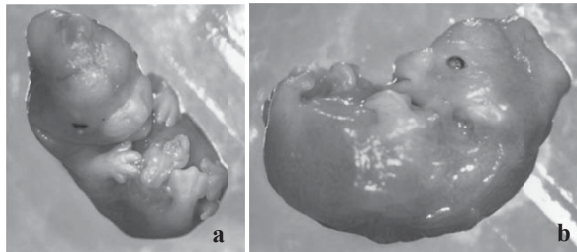


Рисунок 2 – Аномалии развития *M. glareolus*

У одного из эмбрионов *S. araneus* (Рисунок 3 а, b) брахигнатия сопутствует деформации плаценты и ретардации – более поздняя закладка органов в процессе онтогенеза, отставание в развитии на 2 стадии у насекомоядных. Ретардация в ряде случаев может привести к резорбции, которая может происходить на ранних стадиях развития эмбриона и на поздних стадиях, когда эмбрион относительно сформирован. Причины резорбции могут быть связаны с многоплодностью, нехваткой ресурсов, травмами, генетическими нарушениями плода или

действием окружающей среды.



Рисунок 3 – Аномалии развития *S. araneus*

(a – весь помет; b – аномальный эмбрион: ретардация развития и брахигнатия)

Деформация плаценты встречается довольно часто как в сочетании с другими аномалиями, так и одиночно. Причина может быть в многоплодности, в месте прикрепления (слишком близкое расположение к цервиксу) и т. д. Наибольший интерес представляют срастающиеся плаценты, в этом случае возникает близнецовость (Рисунок 4).

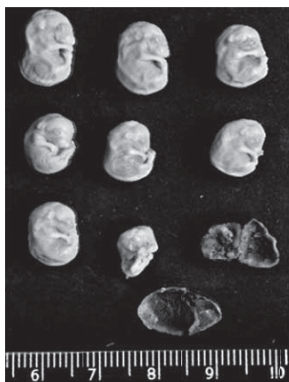


Рисунок 4 – Аномалии развития *M. rutilus*

(весь помет: в нижнем ряду – близнецы, у одного из которых наблюдается ретардация и аномалии (асормус)

Это явление, при котором в одном помете рождается больше одного детеныша. Дизиготная – каждый детеныш развивается из своей оплодотворенной яйцеклетки, монозиготная – 2 детеныша развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки. Имея дело с мелкими млекопитающими, когда в одном помете может родиться от 1 до 12 детенышей, можно говорить о дизиготной близнецовости, как о норме. Крайне редко встречаются варианты

развития эмбрионов, имеющих общие провизорные органы. Такие случаи мы рассматриваем как аномальные, так как присутствует риск развития других аномалий, либо ретардации. Ретардации на 1-2 стадии у таких близнецов встречается достаточно часто, и представлен в нашей выборке среди срощенных плацент, но есть и более редкие сочетания. В нашем случае представлен акормус (Рисунок 4), разновидность акардиуса. Один из близнецов является паразитическим в отношении отсутствующих жизненно важных органов и осуществляет свое развитие за счет здорового близнеца.

Акормус характеризуется отсутствующими конечностями и туловищем, но полноценным развитием головы и грудной клетки, встречается всего в 5% наблюдений (Driggers et al., 2002; Weisz et al., 2004). Известно, что на формирование акормусов влияют эмбриопатии, которые приводят к деградации органов, несмотря на то, что до определенного момента эмбрион развивался нормально.

Также существует мнение, что данная аномалия связана с патологией плаценты, а именно с формированием межсистемных сосудистых анастомозов, которые и приводят к нарушенному питанию плода - донора и недоразвитию органов и плода (Костюков и др., 2012).

Заключение

В ходе исследования нами было выделено 27 типов эмбриональных аномалий, среди которых мы отметили широкую встречаемость как одиночных, так и сочетанных аномалий. Число одиночных и сочетанных аномалий возникает у разных видов по-разному. По нашим данным, число вариантов сочетанных аномалий у большинства исследуемых животных гораздо больше количества разновидностей одиночных аномалий.

Описанные нами сочетанные аномалии являются детальными в постнатальный период, а значит увидеть и описать их можно только в период эмбриогенеза. Особенно показательными являются сочетания аномалий плода с аномалиями провизорных органов, которые обладают своей логической связью. Аномалии, которые связаны с незаращением брюшной стенки не имеют общих сопутствующих аномалий, что может указывать на мультифакторное происхождение этих аномалий.

Список литературы:

- Астауров Л. П.* Объекты биологии развития. М.: Наука, 1975. 579 с.
- Вершинин, В. Л.* Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий/ Автореф. дис... докт. биол. наук. Екатеринбург, 1997. 47с.
- Вершинин В.Л.* Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий. Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 80 с.
- Ярыгин В. Н., Васильева В. И., Волков И. Н., Синельщикова В. В.* Биология: Учебник для студ. мед. спец. вузов: В 2 кн. / Под ред. В.Н. Ярыгина. 5-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк.,

2003. 432 с.

Solecki W., Seto K. C., Marcotullio P. J. It's time for an urbanization science // Environment: science and policy for sustainable development. 2013. Т. 55, № 1. С. 12–17.

Калмин О. В., Калмина О.А. Аннотированный перечень аномалий развития органов и частей тела человека: Учебно-методическое пособие. Пенза: Изд-во ПГУ, 2000. 192 с.

Hughes I. A, Houk C., Ahmed S. F. et al. LWPES Consensus Group; ESPE Consensus Group. Consensus statement on management of intersex disorders // Arch. Dis. Child. 2006. V. 91, № 7. P. 554-563.

Chan A, King J. F., Flenady V. et al. Classification of perinatal deaths: development of the Australian and New Zealand classifications // J. Paediatr. Child. Health. 2004. V. 40, № 7. P 340-347.

Savchev S., Figueras F., Sanz-Cortes M. et al. Evaluation of an Optimal Gestational Age Cut-off for the Definition of Early-and Late-Onset Fetal Growth Restriction // Fetal Diagnosis and Therapy. 2014. V. 36, № 2. P. 99–105.

Exley G. E., Tang C, McElhinny A. S. et al. Expression of caspase and BCL-2 apoptotic family members in mouse preimplantation embryos // Biol. Reprod. 1999. V. 61, № 1. P. 231–239.

Van Blerkom J., Davis P., Alexander S. A microscopic and biochemical study of fragmentation phenotypes in stage-appropriate human embryos // Hum. Reprod. 2001. V. 16, № 4. P. 719–29.

Juriscova A., Antenos M., Varmuza S. et al. Expression of apoptosis-related genes during human preimplantation embryo development: potential roles for the Harakiri gene product and Caspase-3 in blastomere fragmentation // Mol. Hum. Reprod. 2003. V. 9, №3. P. 133–41.

Driggers R.W., Blakemore K.J., Bird C. et al. Pathogenesis of acardiac twinning: clues from an almost acardiac twin // Fetal. Diagn. Ther. 2002. V. 17. P. 185–187.

Weisz B., Peltz R., Chayen B. et al. Tailored management of twin reversed arterial perfusion (TRAP) sequence // Ultrasound. Obstet. Gynecol. 2004. V. 23. P. 451–455.

ОЦЕНКА ВСТРЕЧАЕМОСТИ РЕЗОРБЦИЙ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
НЕСИНАНТРОПНЫХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ Г.ЕКАТЕРИНБУРГА, КОНТРОЛЬНОГО ЛОКАЛИТЕТА И ЛАБОРАТОРНЫХ
ОБРАЗЦОВ.

Т. Р. ТУХБАТУЛЛИНА

НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИМ.

В. А. АЛМАЗОВА, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

ttukhbatullina@gmail.com

ASSESSMENT OF THE OCCURENCE OF RESORPTIONS IN REPRESENTATIVES OF

NONSYNANTHROPIC SMALL MAMMALS IN THE URBANIZED TERRITORIES OF
EKATERINBURG, CONTROL LOCALITY AND LABORATORY SAMPLES.

T. R. TUKHBATULLINA

NATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTER NAMED AFTER V. A. ALMAZOVA, ST.
PETERSBURG

This work is an analysis of the occurrence of resorption in representatives of micromammalia from three localities: the South-Western Forest Park of Yekaterinburg, a control collection point in the vicinity of the village of Shigaevo and laboratory samples. Three types of resorption have been identified based on the proportion of resorbed embryos in one litter: single, massive, complete. Single resorption is more common; mass and complete resorption are found only in laboratory voles and voles from the forest park. There are also two types of resorption based on the time of its onset: early resorption and late resorption. The highest percentage of resorption was found in samples from urbanized areas.

Введение

Резорбция – это патология, связанная с гибелью плода на ранних сроках беременности, но также ее можно рассматривать в качестве эволюционного механизма, который направлен на сокращение числа плодных камер. Этот процесс всегда работает только в узловые периоды развития, обычно на 5–8 стадии развития, 10–12 – наиболее поздние стадии развития эмбрионов мыши, когда возможен механизм резорбции. Как правило, «включать» механизм резорбции или нет «решает» организм самки, все зависит от причины, по которой этот механизм будет необходим (Muzikova, Clark, 1995). Эмбриогенез останавливается и эмбрион погибает. У грызунов гибель эмбриона сопровождается его лизисом и лизисом всех плодных оболочек, некроза не происходит (Exley et al., 1999; Van Blercom et al., 2001; Jurisikova et al., 2003). Причины резорбции могут быть разными: недостаточные ресурсы для вынашивания плода, наличие серьезных тератогенов в среде самки, образование мутантных овоцитов при неправильной экспрессии генов во время гаметогенеза (McGee, Hsueh, 2000), болезни самки и ее иммунологический ответ (Nayaakawa et al., 2000). Нарушения мейоза 2 в женском гаметогенезе может привести к возникновению точковых, хромосомных мутаций, изменению положения хромосом, либо же приведет к анеуплоидии, при которой эмбрион не развивается и резорбируется (Sample et al., 2015; Daughtry et al., 2016). Аномальное повышение мРНК-связывающего белка 3 инсулиноподобного фактора роста 2 (IGF2BP3) повышает риски абортирования (Fonseca et al., 2012; Zhu et al., 2022). Эффект аномального метилирования в матке матери на этапе гаметогенеза у плода может привести к эпимутациям в гаметах, которые могут стать причиной возникновения аномалий (Xavier et al., 2019; Skinner et al., 2019). Причина может быть и в эпигенетическом сбое (Bošković et al., 2018; Jawaid et al., 2018; Xavier

et al., 2019; Skinner et al., 2019), в конце концов, физиологическая причина, когда у старых самок происходят нарушения в расхождении хромосом, возникают различные трисомии, которые ведут к гибели эмбриона (Ho et al., 1994).

Нами были обнаружены эмбрионы, лизирующие на поздних этапах развития, когда плод уже достаточно крупный, и его развитие зашло уже далеко за максимально допустимую для резорбции стадию (Рисунок 1).

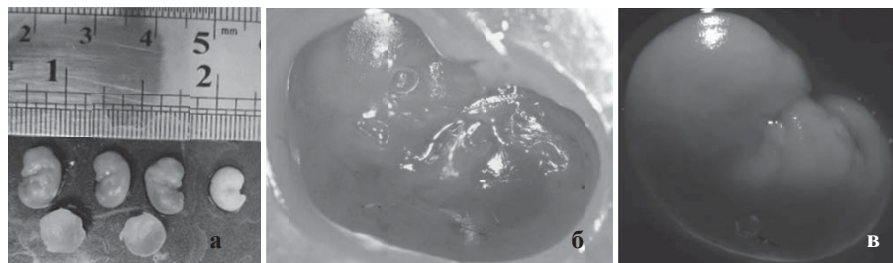


Рисунок 1 – Аномалии развития *S. uralensis*
(а – весь помет, б, в – поздняя резорбция)

Сложно сказать, что послужило причиной, известно, что в этом случае происходят изменения в состоянии плаценты, а именно нарушается кровоснабжение и происходит геморрагическое пропитывание, наполнение сосудов плаценты кровью, а иногда и изливание крови в плодную камеру (Дроздова, Лазарева, 2016). В литературных источниках в качестве причин гибели плода на поздних этапах развития указываются эффекты гибридизации или химеризма, данные эффекты были выявлены в естественной и управляемой модели (Rinkevich B., 2011; Amstislavsky, 2006).

Тем не менее, отрицать связь резорбции с эффектами урбоценоза преждевременно. Стресс от антропогенного вмешательства вполне может влиять на процесс гаметогенеза (возникновение анеуплоидии), либо оказывать летальный тератогенный эффект на генотип эмбриона, что приведет к дальнейшей резорбции.

Материал и методы

Сборы материала проводились в течение 2016-2019 годов на территории Юго-Западного лесопарка, который расположен в черте города и испытывает рекреационную нагрузку. Контрольный сбор производился в окрестностях села Шигаево, Шалинского района, в 178 км от Екатеринбурга, а также образцы из вивария ИЦиГ СО РАН г. Новосибирск – линейные *M. arvalis* (CD1 outbred – сток происходит из большой колонии мышей Swiss, принадлежавшей Институту Рокфеллера <http://spf.bionet.nsc.ru/spf-strains/>).

Исследование выполнено на беременных самках мелких млекопитающих 5 родов 9 видов. Полевка рыжая (*Myodes glareolus* Schreber, 1780), красная (*Myodes rutilus* Pallas 1779),

обыкновенная (*Microtus arvalis* Pallas 1778), пашенная (*Microtus agrestis* Linnaeus 1761), полевка экономка (*Microtus oeconomus* Pallas 1776), мышь полевая (*Apodemus agrarius* Pallas 1771), малая лесная (*Sylvaemus uralensis* Kratochvil & Rosicky 1952), лесная мышовка (*Sicista betulina* Gray 1827), бурозубка обыкновенная (*Sorex araneu* Linnaeus 1758).

В целом исследовано 1887 эмбрионов от 276 самок, из них 594 эмбриона от 59 самок CD1 outbred. При диссекции самок полностью извлекали и исследовали репродуктивный тракт. Состояние репродуктивного тракта оценивали на основании ряда морфологических особенностей: по числу желтых тел в каждом яичнике, числу прошлых и настоящих мест имплантации, числу эмбрионов в правом и левом рогах матки. При описании эмбрионов учитывали стадию развития и наличие девиантных форм.

Результаты и обсуждение

Резорбция встречается у представителей родов *Microtus* (15-100% в разные годы у разных видов), что является довольно высоким показателем (8.33% в сборах из Шигаево) (Москвитина и др., 2000). *Myodus* (9-15% в разные годы), у *S. araneus* резорбция составила от 20 до 50% в разные годы, но наиболее постоянные показатели резорбции были выявлены у *S. uralensis* – во все годы показатели оставались стабильны, на уровне 20%. Резорбция встречалась как в единичных случаях, среди развивающихся эмбрионов, так и массово, когда резорбированными оказывались все зародышевые камеры в матке или почти все (продолжали развиваться 1 или 2 эмбриона).

Всего мы можем выделить три вида резорбции: единичная (резорбировано 13-35% от общего числа эмбрионов), массовая резорбция (40-95%), полная резорбция (развивающихся эмбрионов нет, все эмбрионы резорбируются). *M. arvalis* представлены в трех выборках – урбанизированные территории, сборы из локалитета в окрестностях п.Шигаево и лабораторные образцы, является наиболее многочисленной. Единичная резорбция встречается у всех представителей и колеблется в промежутке от 8.33 до 30.5%, полная и массовая резорбции встречается не у всех.

Полная резорбция больше представлена в лабораторной выборке (8.3%), в отловах из Шигаево полная и массовая резорбции отсутствует, а в образцах из городского лесопарка полная резорбция присутствует в небольших объемах (1.9%). Массовая резорбция у всех представителей *Microtus* составляет порядка 4%, за исключением образцов из Шигаево, где этот вид резорбции отсутствует. У рыжей полевки обнаружена только единичная резорбция 15.4%, а у красной единичная 9.6% и массовая 4.8%.

Анализ по годам выявил повышенный процент единичных резорбций (2016-2017гг) в сравнении с контрольными образцами из Шигаево и лабораторными (показывают одинаковый процент единичных резорбций 8.33%). Более того, у представителей *Microtus* мы видим

отчетливое повышение единичной, а у *M. rutilus* и массовой, резорбции в 2017 году. В 2016 году значительно повышается уровень единичной резорбции *M. rutilus* (25%) и *M. glareolus* (17.5%) а также появляется массовая резорбция *M. rutilus* (25%) и *M. arvalis* (10%). В 2017 году уровень резорбции у *M. arvalis* снижается до 5%. В 2018 году резорбция в сборах почти отсутствует. Полная резорбция *M. arvalis* 33.3% можно объяснить асинхронностью популяционных циклов. Высокий процент резорбции на территории лесопарка можно объяснить высокой антропогенной (рекреационной) нагрузкой (Москвитина и др., 2000). Причины эмбриональных потерь до сих пор точно не выяснены, есть мнение, что резорбции сопряжены с состоянием самки и мутационным процессом в генеративных клетках (Байтмирова и др., 2008). Появление массовой и полной резорбции может указывать на влияние тератогенных факторов на самку в процессе гаметогенеза или в период беременности, что может вызвать повышенный мутагенный эффект, который реализуется таким образом.

Заключение

Нами было выделено три вида резорбций, которые отражают количество резорбируемых эмбрионов: единичная, массовая, полная. Все три вида резорбции встречаются только у обыкновенной полевки из лесопарковых территорий и лабораторных с нормальной плодовитостью, а в выборке из контрольного локалитета Шигаева встречается только единичная резорбция. Для красной полевки характерна как единичная, так и массовая резорбции, а для рыжей – только единичная. Особенно можно отметить наличие лизирующих эмбрионов на поздних этапах эмбриогенеза.

Список литературы.

Байтмирова Е. А., Мамина В. П., Жигальский О. А. Плодовитость и морфофизиологические особенности европейской рыжей полевки на территориях природных биогеохимических провинций // Экология. 2008. № 4. С. 318–320.

Дроздова Л. И., Лазарева А. А. Сравнительный анализ морфологических удк изменений в плаценте свиней при нормальной и осложненной супоросности // Аграрный вестник Урала. 2016. № 10. С. 110–116.

Москвитина Н. С., Кравченко Л. Б., Сучкова Н. Г. Динамика популяций европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber) восточной периферии ареала // Сибирский экологический журнал. 2000. Т. 7, № 3. С. 373–382.

Amstislavsky, S. Y. Interspecies embryo and nuclei transfer as an approach to endangered mammalian species conservation // Rus. J. Dev. Biol. 2006. V. 37. P. 1–8.

Bošković A, Rando O. J. Transgenerational Epigenetic Inheritance // Annu. Rev. Genet. 2018. V. 23, № 52. P. 21–41.

Daughtry B. L.; Chavez S. L. Chromosomal instability in mammalian pre-implantation

embryos: potential causes, detection methods, and clinical consequences // Cell and tissue research. 2016. V. 363, № 1. P. 201–225.

Exley G. E, Tang C., McElhinny A. S. et al. Expression of caspase and BCL-2 apoptotic family members in mouse preimplantation embryos // Biol. Reprod. 1999. V. 61, № 1. P. 231–239.

Hayakawa S. S., Fujikawa T., Fukuoka H. et al. Murine fetal resorption and experimental pre-eclampsia are induced by both excessive Th1 and Th2 activation // J. of reproductive immunology. 2000. T. 47, № 2. C. 121–138.

Ho H. N., Chen S. U., Yang Y. S. et al. 3rd. Age, environment, and lymphocyte immunization influence the spontaneous resorption rate in the CBA/J x DBA/2J mouse model // Am. J. Reprod. Immunol. 1994. V. 31, № 1. P. 47–51.

Jawaid A., Roszkowski M., Mansuy I. M. Transgenerational Epigenetics of Traumatic Stress // Prog. Mol. Bio.1 Transl. Sci. 2018. V. 158. P. 273–298.

Juriscova A, Antenos M, Varmuza S, Tilly JL, Casper RF. Expression of apoptosis-related genes during human preimplantation embryo development: potential roles for the Harakiri gene product and Caspase-3 in blastomere fragmentation // Mol. Hum. Reprod. 2003. V. 9, № 3. P. 133–41.

McGee E. A, Hsueh A. J. Initial and cyclic recruitment of ovarian follicles // Endocr. Rev. 2000. V. 21, № 2. P. 200–14.

Muzikova E., Clark D. A. Is spontaneous resorption in the DBA/2-mated CBA/J mouse due to a defect in "seed" or in "soil"? // Am. J. Reprod. Immunol. 1995. V. 3, № 1. P. 81–85.

Rinkevich B. Quo vadis chimerism? // Chimerism. 2011. V. 2, № 1. P. 1–5.

Sample B. E., Arenal C. A., Reinke E. N. et al. Chapter 7: Wildlife Toxicity Assessment for Nitroguanidine // Wildlife Toxicity Assessments for Chemicals of Military Concern. Editor(s): Marc A. Williams, Gunda Reddy, Michael J. Quinn, Mark S. Johnson. Elsevier. 2015. P. 147–159.

Skinner M. K., Nilsson E., Sadler-Riggelman I. et al. Transgenerational sperm DNA methylation epimutation developmental origins following ancestral vinclozolin exposure // Epigenetics. 2019. V. 14, № 7. P. 721–739.

Van Blerkom J., Davis P., Alexander S. A microscopic and biochemical study of fragmentation phenotypes in stage-appropriate human embryos // Hum. Reprod. 2001. V. 16, № 4. P. 719–29.

Xavier M. J., Roman S. D., Aitken R. J. et al. Transgenerational inheritance: how impacts to the epigenetic and genetic information of parents affect offspring health // Hum. Reprod. Update. 2019. V. 25, № 5. P. 518–540.

Zhu R. H., Dai F. F., Yang D. Y. et al., The Mechanism of Insulin-Like Growth Factor II mRNA-Binding Protein 3 Induce Decidualization and Maternal-Fetal Interface Cross Talk by TGF- β 1 in Recurrent Spontaneous Abortion // Front. Cell Dev. Biol. 2022.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ АМФИБИЙ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА:
НОВЫЕ ДАННЫЕ
А. И. ФАЙЗУЛИН
САМАРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РАН, ИНСТИТУТ
ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА РАН (ТОЛЬЯТТИ)
alexandr-faizulin@yandex.ru

MORPHOLOGICAL ANOMALIES OF AMPHIBIANS OF THE VOLGA BASIN:
NEW DATA
A. I. FAYZULIN
SAMARA FEDERAL RESEARCH CENTER RAS, INSTITUTE OF ECOLOGY OF THE VOLGA
BASIN RAS (TOGLYATTI)

Data are presented on the occurrence of anomalies in the external body structure of amphibians in the Volga basin and adjacent territories from 2007 to 2023. Based on the results of a study of 29 samples with a total volume of 713 specimens, selected in 24 localities, amphibians with anomalies in external structure were noted. Discovered for the first time: asymmetrical polymelia and ectromelia in the crested newt, a spinous process on the foot of the green toad; asymmetrical ectrodactyly with curvature of the finger in the grass frog, as well as various types of anomalies of the Friday tubercle in green frogs in the form of the development of an additional finger, a 2-apex shape and thickening.

Введение

В настоящее время на территории Волжского бассейна обитает не менее 14 видов земноводных. Из них 5 включают таксоны, которые имеют в составе значительную долю криптических и гибридогенных форм: в группе чесночниц – род *Pelobates*, для зеленых жаб – род *Bufo* и в гибридогенном комплексе зеленых лягушек – род зеленая (водная) лягушка *Pelophylax* (Кузьмин, 2012) с учетом последних изменений (Speybroeck et al., 2020; Dufresnes, Litvinchuk, 2022). Аномалии амфибий Волжского бассейна исследуются длительное время, начиная с первых упоминаний (Кулагин, 1897) до комплексных исследований (Korzikov et al., 2018; Faizulin et al., 2018). В целом для большинства видов амфибий бассейна р. Волги известны аномалии морфологии (Кузьмин, 2012; Korzikov et al., 2018; Faizulin et al., 2018).

Цель нашего сообщения – обобщить собственные данные по встречаемости аномалий строения тела земноводных Волжского бассейна и сопредельных территорий с 2007 по 2023 г.

Материал и методы

Изучено 29 выборок земноводных общим объемом 713 экз., собранных в 24 локалитетах на территории Волжского бассейна (Таблица 1).

Классификация аномалий проведена с учетом рекомендаций В. Л. Вершинина (2015). Определение видов комплекса зеленых лягушек подтверждено молекулярно-генетическими

методами по типу митохондриального и ядерного гаплотипов ДНК, соответствующих «западной» или «восточной» форме озерной лягушки (Ermakov et al., 2019).

Результаты и обсуждение

В результате проведения исследования аномалии отмечены у 9 видов: гребенчатый тритон *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768), серая жаба *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758), зеленая жаба *Bufo viridis* (Laurenti, 1768), восточная жаба *Bufo sitibundus* (Pallas, 1771), прудовая лягушка *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882), озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), съедобная лягушка *Pelophylax esculentus* (Linnaeus, 1758), травяная лягушка *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 и остромордая лягушка *Rana arvalis* Nilsson, 1842.

Доля особей с морфологическими отклонениями составляет от 3,28 до 6,67 %, что говорит о встречаемости на уровне порядка 5% с учетом ошибки репрезентативности. Массового проявления aberrаций не выявлено: *T. cristatus* (N=37, n_a=2; 5,41±3,72%), *B. bufo* (N=30, n_a=2; 6,67±4,56%), *B. viridis* (N=35, n_a=1; 5,57±3,88%), *B. sitibundus* (N=30, n_a=2; 6,67±4,56%), *R. temporaria* (N=192, n_a=8; 4,17±1,44%), *R. arvalis* (N=240, n_a=12; 5,00±1,41%), *P. ridibundus* (N=548, n_a=18; 3,28±0,76%), *P. lessonae* (N=218, n_a=12; 5,50±1,54%), *P. esculentus* (N=20, n_a=1; 5,00±4,87%). Распределение аномалий по видам амфибий представлено в Таблице 2.

В ряде случаев в качестве аномалии могут рассматриваться различные типы вариаций окраски, а также атипичное расположение пятен и дорсомедиальной полосы, которые требуют отдельного исследования. Ранее у чесночницы Палласа *Pelobates vespertinus* (Pallas, 1771) была отмечена аномалия окраски (Fayzulín et al., 2018) (Рисунок 3), соответствующая «translucent skin» – прозрачной коже, по предложенной терминологии (Henle et al., 2017a, b), также данная аномалия выявлена у остромордой лягушки (Кац, 2022).

Также требуют дополнительного анализа поражения кожи, вздутия (Рисунок 1а). Впервые выявлены для гребенчатого тритона полимелия передней левой конечности и эктромелия передней правой конечности (Рисунок 1б).

Данные типы аномалий ранее в Европейской части России у гребенчатого тритона не отмечалось. При этом полимелия и эктромелия были обнаружены у другого вида – обыкновенного тритона в пос. Елизаветино, в Гатчинском районе Ленинградской области (Литвинчук, 2014) и г. Екатеринбурге (Берзин, 2014) соответственно.

У серой жабы отмечено симметричное (1 из 15 экз.) и несимметричное (1 из 16 экз.) проявление брахидактилии. Для зеленой жабы впервые зарегистрирован шиповидный отросток на левой стопе (Рисунок 1в). По данным А. О. Свинина (личное сообщение), данный тип aberrаций может быть связан с инвазией амфибий метацеркариями трематод. У восточной жабы *B. sitibundus* отмечено несимметричное утолщение пальца и отсутствие правой барабанной

перепонки.

Таблица 1 – Район исследования, географические пункты, год и видовая принадлежность обнаружения морфологических аномалий земноводных

№	Локалитет (пункт)	Х	Е	Год	Вид	n
Калужская область / Kaluzhskaya oblast'						
1	Суковка / Sukovka	54.752	35.127	2007	<i>R. arvalis</i>	20
2	Гордиково / Gordiko	54.003	36.157	2016	<i>P. lessonae</i>	23
Московская область / Moskovskaya oblast'						
3	Биостанция МГУ / Biological station of MSU	55.699	36.731	2016	<i>B. bufo</i>	14
				2016	<i>R. temporaria</i>	48
Республика Мордовия / Respublika Mordoviya						
4	Павловский / Pavlovsky	54.755	43.401	2021	<i>R. temporaria</i>	15
				2022	<i>P. lessonae</i>	26
5	Инорский / Inorsky	54.730	43.127	2022	<i>R. arvalis</i>	40 40
6	Дрожденовский / Drozhdenoyskiy	54.726	43.283	2022	<i>P. lessonae</i>	10
7	Плотовойка / Plotomoyka	54.893	43.160	2023	<i>P. ridibundus</i>	20
8	Татарское Караево / Tatarskoye Karayevo	54.706	43.223	2022	<i>P. esculentus</i>	20
9	Смольный / Smol'nyy	54.857	45.434	2019	<i>T. cristatus</i>	27
10	Троицкий участок / Troitskiy uchastok	54.714	45.423	2021	<i>T. cristatus</i>	10
11	Лесной / Lesnoy	54.875	45.473	2019	<i>B. bufo</i>	16
12	Ичалки / Ichalki	54.756	45.228	2021	<i>R. temporaria</i>	17
				2020	<i>R. temporaria</i>	16
13	Семеновка / Semenoyka	54.822	45.346	2021	<i>R. arvalis</i>	3
14	Обрезки / Obrezki	54.834	45.376	2018	<i>R. arvalis</i>	8
15	Кузнат / Kuznat	54.760	45.406	2018	<i>R. arvalis</i>	9
16	Ашня / Ashnya	54.761	45.558	2021	<i>P. lessonae</i>	20
17	Карьер / Kar'yer	54.732	45.270	2019	<i>P. ridibundus</i>	45 45
Пензенская область / Penzenskaya oblast'						
18	Пенза / Penza	53.177	44.976	2016	<i>P. ridibundus</i>	19
Республика Татарстан / Respublika Tatarstan						
19	Казань / Kazan'	55.809	49.141	2016	<i>P. lessonae</i>	15
20	Садовый / Sadovyy	55.900	48.752	2014	<i>P. lessonae</i>	15
Самарская область / Samarskaya oblast'						
21	Самара / Samara	53.914	43.205	2023	<i>B. viridis</i>	15
22	Октябрьский / Oktyabr'skiy	53.421	52,041	2014	<i>B. sitibundus</i>	6
						6
23	Красные дома / Krasnye doma	53.816	50.340	2014	<i>P. ridibundus</i>	45 45
24	Мордово / Mordovo	53.174	49.439	2011	<i>P. ridibundus</i>	15
				2016		20
						20

Примечание: N. – с.ш., E – в.д., n – выборка, где отмечены особи с аномалиями.

Выявлены аномалии пяточного бугра в форме развития дополнительного пальца правой стопы у прудовой лягушки.

Наблюдалось нарушение строения в виде 2-х вершинной формы для прудовой и съедобной лягушки. Утолщение пяточного бугра и недоразвитие перепонки между 4 и 5 пальцами правой стопы отмечено у озерной лягушки. У прудовой лягушки обнаружены полидактилия передней и задних конечностей, брахидактилия и эктродактилия. У озерной лягушки отмечено развитие дополнительного пальца в форме синдактилии, полидактилия

Таблица 2 – Распределение и локализация морфологических аномалий земноводных

Вид / Species	Тип аномалий / Type of anomalies	Локализация / Localization	Локалитет / Location	n	n ₁
<i>T. cristatus</i>	Полимелия / polymelia	ALa	9	27	1
<i>T. cristatus</i>	Эктромелия / ectromelia	ARa	10	10	1
<i>B. bufo</i>	Брахидактилия / brachydactyly	ALH	3	14	1
<i>B. bufo</i>	Брахидактилия / brachydactyly	SH	11	16	1
<i>B. viridis</i>	шиловидный отросток стопы / spiny process of the foot	ALH	21	15	1
<i>B. siibundus</i>	отсутствие правой барабанной перепонки / absence of the right tympanic membrane	AR	22	6	1
<i>B. siibundus</i>	утолщение фаланги пальца / thickening of the phalanx of the finger	ARa	22	6	1
<i>P. ridibundus</i>	отсутствует перепонка стопы / missing foot membrane	ARH*	7	20	1
<i>P. ridibundus</i>	Полидактилия / polydactyly	ARH ²	17	45	1
<i>P. ridibundus</i>	Эктродактилия+эктромелия / ectrodactyly +ectromelia	ARH	17	45	1
<i>P. ridibundus</i>	Брахидактилия / brachydactyly	ALa	18	19	1
<i>P. ridibundus</i>	Полидактилия / polydactyly	LH ²	23	45	1
<i>P. ridibundus</i>	Эктромелия / ectromelia	ALH	23	45	1
<i>P. ridibundus</i>	Синдактилия / syndactyly	ARH	24	15	1
<i>P. ridibundus</i>	синдактилия / syndactyly	ALH ³	24	20	1
<i>P. ridibundus</i>	утолщение пяточного бугра / thickening of the calcaneal tubercle	ALH	24	20	1
<i>P. lessonae</i>	Полидактилия / polydactyly	ALa	2	23	1
<i>P. lessonae</i>	атипичный пяточный бугор / atypical calcaneal tubercle	ARH*	4	26	1
<i>P. lessonae</i>	Эктродактилия / ectrodactyly	ARH	6	10	1
<i>P. lessonae</i>	аномалии пяточного бугра / anomalies of the calcaneal tubercle	ARH ¹	16	20	1
<i>P. lessonae</i>	Полидактилия + брахидактилия / polydactyly + brachydactyly	ALH ²	19	15	1
<i>P. lessonae</i>	Полидактилия / polydactyly	ALH ¹	20	15	1
<i>P. esculentus</i>	атипичный пяточный бугор / atypical heel bump of the foot	ARH ¹	8	20	1
<i>R. temporaria</i>	Эктромелия / ectromelia	ARH	3	48	1
<i>R. temporaria</i>	Полидактилия / polydactyly	ARH ¹	4	15	1
<i>R. temporaria</i>	Эктродактилия + искривление / ectrodactyly + bend phalanx	ALH	12	17	1
<i>R. temporaria</i>	Полидактилия / polydactyly	ARH ¹	12	16	1
<i>R. arvalis</i>	Эктродактилия / ectrodactyly	ALH	1	20	1
<i>R. arvalis</i>	Брахидактилия / brachydactyly	ARH	5	40	1
<i>R. arvalis</i>	Брахидактилия / brachydactyly	ALH	5	40	1
<i>R. arvalis</i>	Полидактилия / polydactyly	ARH ¹	13	3	1
<i>R. arvalis</i>	Адактилия / adactyly	ARH ²	14	8	1
<i>R. arvalis</i>	Полидактилия / polydactyly	SH ¹	15	9	1

Примечание: n – выборка, где отмечены особи с аномалиями; n₁ – число особей с аномалиями; «S» – симметричное выражение, «A» – несимметричное, «R» – с правой стороны, «L» – с левой стороны, «a» – передние конечности; «H» – задние конечности; цифрами обозначены: 1 – бифуркация дистальной фаланги 1-го пальца; 2 – бифуркация проксимальной фаланги 1-го пальца; 3 – дупликация фаланги; 4 –

аномалии пяточного бугра в форме развития дополнительного пальца правой стопы; 5 – недоразвитие (2, 3, 4 пальцев правой стопы).

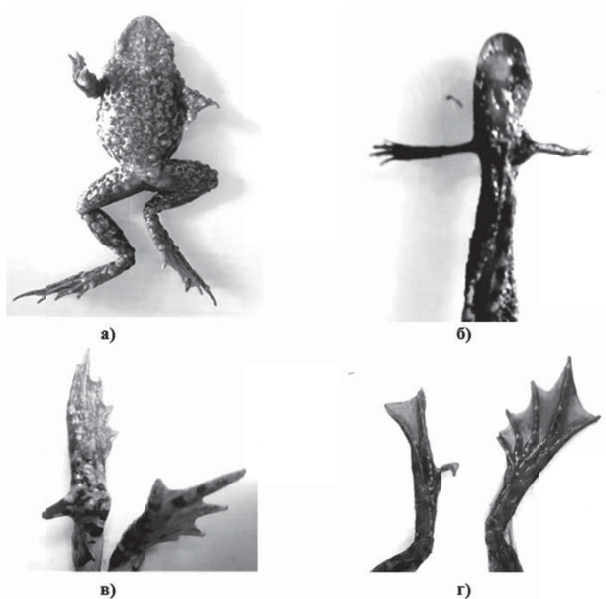


Рисунок 1 – Морфологические отклонения: а) *R. temporaria* – поражение кожи (вздутия); б) *T. cristatus* – эктромелия; в) *B. viridis* – шиповидный отросток стопы; г) *R. temporaria* – несимметричная эктродактилия

задних конечностей, укороченные пальцы в форме брахидактилии кисти, эктродактилия – недоразвитие пальца левой стопы и эктромелия правой стопы, а также недоразвитие перепонки между 4 и 5 пальцами правой стопы.

Также выявлена несимметричная эктродактилия с искривлением пальца у травяной лягушки (Рисунок 1г), а также эктромелия правой задней конечности и несимметричная полидактилия стопы. В выборках остромордой лягушки выявлена симметричная полидактилия задних конечностей, а также несимметричная полидактилия, брахидактилия, эктродактилия и частичная адактилия.

Большая часть отмеченных aberrаций ранее регистрировались для земноводных как для бассейна р. Волги (Лада, 1995; Lada, 1999; Fayzulin et al., 2018), так и за его пределами (Borkin, Pikulik, 1986; Вершинин, 1997; Кузьмин, 2012).

Полученные данные дополняют сведения о распространении морфологических аномалий среди половозрелых земноводных в бассейне р. Волги. К настоящему времени не установлено различий проявления отклонений внешнего строения у гибридогенных и

критических форм – «западной» и «восточной», представленных в комплексе европейских зеленых лягушек. Дальнейшая оценка спектра аномалий возможна при изучении морфологических aberrаций неполовозрелых особей и личинок амфибий, а также их кладок.

Заключение

Все выявленные по нашим данным морфологические аномалии земноводных Волжского бассейна, являются единичными. Преобладает асимметричное проявление аномалий, в основном конечностей (31 экз.), доля симметричного проявления на порядок меньше (2 экз.). Впервые обнаружены: несимметричная полимелия и экстремелия у гребенчатого тритона, шиповидный отросток на стопе зеленой жабы; несимметричная эктродактилия с искривлением пальца у травяной лягушки, а также аномалии пятничного бугра в форме развития дополнительного пальца, 2-х вершинная форма для прудовой и съедобной лягушки и утолщение у озерной лягушки. Для половозрелых особей зеленых лягушек, по имеющимся данным, не установлена зависимость частоты проявления aberrаций внешних морфологических признаков у особей гибридогенного происхождения – съедобной лягушки.

Список литературы

Берзин Д. Л. Аномалии у сеголеток обыкновенного тритона (*Lissotriton vulgaris* L., 1758) на урбанизированных территориях // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: мат-лы междунар. shk.-конф (Екатеринбург, 23–26 сентября 2013 года). Екатеринбург: УрФУ, 2014. С. 19–24.

Вершинин В. Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий: учебн. пособие. Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина, 2015. 80 с.

Вершинин В. Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий. Автореф. Дис. ... доктор. Биол. наук. Екатеринбург, 1997. 47 с.

Кац А. В. О находках аномалий окраски у остромордой лягушки *Rana arvalis* Nilsson, 1842 (Ranidae, Amphibia) в Московской области // Современная герпетология. 2022. Т. 22, №. 1-2. С. 65–69.

Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. 2-е издание, переработанное. Москва: ООО Товарищество научных изданий КМК, 2012. 370 с.

Кулагин Н. М. Случай уродств лягушек (*Rana temporaria*) и черного таракана (*Periplaneta orientalis*) // Изв. Имп. О-ва Любителей Естествознания, Антропологии и Этнографии. 1897. Т. 86. С. 19.

Литвинчук С. Н. Аномалии у двух видов тритонов на Северо-Западе России: сравнительный анализ // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: мат-лы междунар. shk.-конф.

Екатеринбург: УрФУ, 2014. С. 127–135.

Borkin L. J., Pikulik M. M. The Occurrence of Polymely and Polydactyly in Natural Populations of Anurans of the USSR // *Amphibia-Reptilia*. 1986. V. 7, № 3. P. 205–216.

Dufresnes C., Spartak N. L. Diversity, distribution and molecular species delimitation in frogs and toads from the Eastern Palaearctic // *Zoological J. of the Linnean Society*. 2022. V. 195. I. 3, P. 695–760.

Ermakov O., Ivanov A., Titov S. et al. New Multiplex PCR Method for Identification of East European Green Frog Species and Their Hybrids // *Russ. J. of Herpetology*. 2019. V. 26, № 6. P. 367–370.

Fayzulin A. I., Chihlyayev I. V., Mineev A. K. et al. New data on the anomalies of tails of amphibians of the Volga basin // *Amphibian and Reptiles Anomalies and Pathology: The Second International conference «Amphibian and reptiles anomalies and pathology: methodology, evolutionary significance, monitoring and environmental health»*. Ekaterinburg, 2018. P. 80–86.

Henle K., Dubois A., Vershinin V. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes // *Mertensiella*. 2017a. V. 25. P. 57–164.

Henle K., Dubois A., Vershinin V. Commented glossary, terminology, and synonymies of anomalies in natural populations of amphibians // *Mertensiella*. 2017b. V. 25. P. 9–48.

Korzikov V. A., Fayzulin A. I., Ermakov O. A. et al. New Occurrences of Anomalous Specimens of Anuran Amphibians in Northwest Upper Poochye // *Amphibian and Reptiles Anomalies and Pathology: The Second International conference «Amphibian and reptiles anomalies and pathology: methodology, evolutionary significance, monitoring and environmental health»*. Ekaterinburg, 2018. P. 29–35.

Speybroeck J., Beukema W., Dufresnes C. et al. Species list of the European herpetofauna – 2020 update by the taxonomic committee of the Societas Europaea Herpetologica // *Amphibia-Reptilia*. 2020. V. 41. P. 139–189.

АНОМАЛИИ РОГОВЫХ ЩИТКОВ ПАНЦИРЯ ЧЕРЕПАХ В СВЕТЕ СЕГМЕНТ-
ЗАВИСИМОЙ МОДЕЛИ МОРФОГЕНЕЗА

Г. О. ЧЕРЕПАНОВ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (САНКТ-
ПЕТЕРБУРГ)

cherepanov-go@mail.ru

ANOMALIES OF THE TURTLE HORN SCUTES IN THE LIGHT OF THE SEGMENT-
DEPENDENT MODEL OF MORPHOGENESIS

G. O. CHEREPANOV

The article presents the main provisions of the segment-dependent model of morphogenesis of turtle shell scutes. It is based on the fact that there is a strict topographical association between the location of the scute primordia (epidermal placodes) and the somite organization of the turtle embryo. It has been shown that the main cause of anomalies of pholidosis in turtles is the presence of shell segments vacant from the epidermal placodes. Verification of the proposed model using original data on scute variability in *Lepidochelys olivacea* showed that all detected scute patterns all fall into theoretical spectrum of possible variants, predicted by the concept of segment-dependent development of the horny shell of turtles.

Черепахи обладают уникальным планом устройства роговых щитков панциря. В типичном случае щитки организованы продольными рядами с соблюдением билатеральной симметрии, что отражено в их номенклатуре (вертебральные, плевральные, маргинальные, пластральные и т.д.). Мозаика щитков (фолидоз) характеризуется высокой эволюционной стабильностью базального морфотипа (Zangerl, 1969). Вместе с тем, индивидуальная изменчивость фолидоза панциря черепах имеет необыкновенно широкие пределы, причем как по числу вариантов отклонений от нормы, так и по частоте их встречаемости (Черепанов, 2005; Cherepanov, 2014). На сегодняшний день описаны тысячи аномальных особей черепах, принадлежащие многим современным видам (Zangerl, Johnson, 1957; Ewert, 1979; Pritchard, 2007; Cherepanov, 2014 и др.). Считается, что эта изменчивость связана, прежде всего, с негативным воздействием внешних факторов среды (Lynn, Ullrich, 1950; Telemeco et al., 2013; Zimm et al., 2017; Cordero et al., 2022). Однако некоторые типы аномалий имеют специфический характер и для них предполагают генетический контроль (Zangerl, 1969; Cordero-Rivero et al., 2008; Velo-Anton et al., 2011).

Аномалии щитков подразделяют на три основных типа: 1) атипичная форма или размер щитка, 2) присутствие дополнительных (экстраординарных) щитков, 3) отсутствие некоторых регулярных щитков. Эти типы аномалий могут обнаруживаться раздельно или присутствовать у одной особи (Zangerl, Johnson, 1957; Pritchard, 2007; Cherepanov, 2014). Среди аномальных черепах преобладают асимметричные варианты строения. Роговые аберрации могут затрагивать все отделы панциря, но максимально вариабельна область плевральных и вертебральных щитков. При этом наиболее частым вариантом отклонения от нормы является присутствие дополнительных щитков (Zangerl, Johnson, 1957; Ewert, 1979; Cordero-Rivero, et al., 2008; Cordero, 2023).

Открытие эпидермальных плакод как первичных зачатков щитков (Cherepanov, 1989) и сравнительное исследование хода развития фолидоза у *Testudo graeca* L. (Testudinidae) и *Emys orbicularis* L. (Emyidae) позволили судить о базовых механизмах формирования паттерна

щитков. Была обнаружена строгая топографическая связь между расположением плакод и сомитной организацией эмбриона. На основе полученных данных была разработана сегмент-зависимая модель развития рогового панциря черепах, раскрывающая морфогенетические причины нарушения устройства щитков (Черепанов, 2005; Cherepanov, 2014; Moustakas-Verho, Cherepanov, 2015; Cherepanov et al., 2019). Ее положения сводятся к следующему:

1. Щитки панциря черепах возникают в эмбриогенезе как небольшие локально расположенные эпидермальные плакоды. Плакоды развиваются автономно и представляют собой морфогенетические модули, а мозаика щитков – модульную систему.

2. В карапаксе плакоды возникают исключительно в септальных погружениях покровов, расположенных в области поперечных туловищных миосепт. Таким образом, позиция плакод детерминируется первичной сомитной сегментацией эмбриона.

3. Маргинальные плакоды развиваются в каждом септальном погружении карапаксального гребня. Их число (12-13 пар) соответствует числу миосепт, разделяющих миомеры панциря. Плевральные (4-5 пар) и вертебральные (5 штук) плакоды располагаются с пропуском через одно септальное погружение и в шахматном порядке относительно друг друга. В норме плевральные плакоды лежат в районах нечетных миосепт карапакса, а вертебральные плакоды – в районах четных миосепт.

4. Вертебральные щитки закладываются парными (левым и правым) зачатками, позже сливающимися. Положение контралатеральных зачатков вертебральных щитков, по-видимому, детерминируется положением возникающих ранее плевральных плакод, причем относительно независимо на левой и правой стороне тела.

5. Пластральные плакоды (6 пар) возникают позже плакод карапакса по периферии брюшного щита. Их число и расположение относительно маргинальных плакод указывает на то, что они закладываются с пропуском через одну миосепту.

Основная причина аномалий щиткования панциря черепах – наличие «вакантных» (свободных от зачатков щитков) септальных погружений (сегментов тела). Плевральные, вертебральные и, вероятно, пластральные щитки формируются в норме не в каждом, а через один сегмент. При этом эти сегменты не детерминированы строго. Даже небольшие нарушения в ходе эмбрионального развития вызывают аномалии щиткования, в частности, асимметричную закладку и появление вставочных плакод (щитков) в районах вакантных миосепт. Это обуславливает исключительно высокий уровень изменчивости числа плевральных и вертебральных щитков (Рисунок 1).

Как показали морфогенетические и сравнительно-морфологические исследования, расположение вертебральных и плевральных плакод имеет скоррелированный характер. В частности, положение зачатков вертебральных плакод определяется положением возникающих

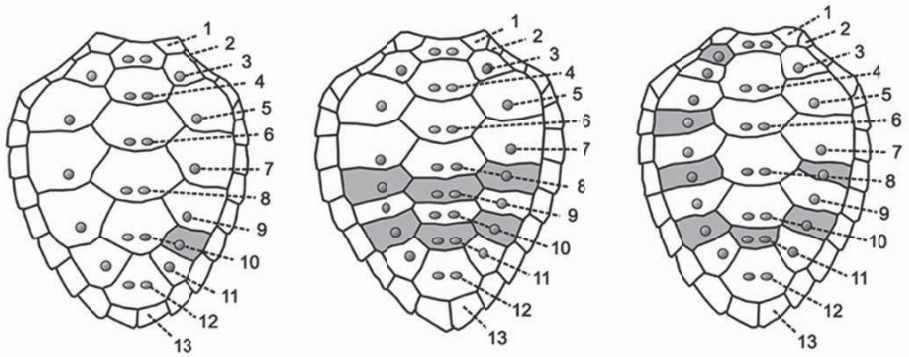


Рисунок 1 – Прорисовка панцирей аномальных *Lepidochelys olivacea* с различным количеством вертебральных и плеуральных щитков и вероятным положением их зачатков (плакод).

(Экстраординарные щитки заштрихованы; предполагаемое положение плакод показано кружками; предполагаемое положение поперечных миоосепт показано пунктиром; 3 - 12 – порядковые номера миоосепт).

ранее плеуральных плакод, а коррелятивные связи между зачатками плеуральных и вертебральными щитков на одной стороне тела более устойчивы, чем между левым и правым зачатками вертебрального щитка. Устойчивость указанных морфогенетических связей обуславливает появление двойного ряда асимметричных вертебральных щитков и комплексных аномалий типа «зиг-заг» (см. Pritchard, 2007). Переходя к общему заключению, можно сказать, что вариабельность формы, размера, количества и позиции роговых щитков панциря черепах определяется на эмбриональных стадиях развития такими морфогенетическими процессами, как асимметричная закладка, атипичное слияние, появление дополнительных, редукция регулярных эпидермальных зачатков щитков (плакод).

Проверка положений сегмент-зависимой модели была проведена посредством привлечения оригинальных данных по вариабельности щитков у оливковой черепахи *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) – вида, характеризующегося исключительной природной изменчивостью щиткования (Cherepanov et al., 2019). Исследование 655 новорожденных особей *L. olivacea* выявило 120 паттернов щиткования в карапаксе и 10 паттернов в пластроне. Было установлено, что число вертебральных щитков в ряду варьирует от 4 до 10, плеуральных – от 5 до 10, маргинальных – от 10 до 15, пластральных – от 6 до 8. Исходя из морфогенетических данных, теоретически максимальное число вертебральных, плеуральных и пластральных щитков в одном ряду у *L. olivacea* может достигать 11 при условии занятия щитковыми плакодами всех потенциальных септальных зон (вакантных сегментов). Близкое к максимально возможному число плеуральных и вертебральных щитков в

количестве 10 элементов зарегистрировано у 3 особей. Таким образом, превышение теоретически рассчитанного максимального числа вертебральных, плевральных и пластральных щитков нами не обнаружено.

У изученных особей *L. olivacea* в карапаксе оказались реализованными абсолютно все теоретически возможные варианты расположения щитков. При этом ни у одной особи полный набор регулярных и дополнительных щитков нами не был обнаружен. Даже при крайне полимерном состоянии фолидоза плевральные и вертебральные щитки располагаются так, что их число никогда не превышает одного на сегмент (= миосепту). При этом число щитков в указанных сериях всегда меньше, чем число маргинальных щитков, т.е. общее число щитков в продольном ряду не превышает числа сегментов тела, на протяжении которых этот ряд формируется. В отличие от карапакса в пластроне исследованных *L. olivacea* реализована в только незначительная часть теоретически возможных вариантов расположения щитков. Наиболее частая аномалия – наличие дополнительных щитков на переднем и заднем конце пластрона. Вставочные щитки обнаружены только в области между регулярными гумеральным и пекторальным щитками.

Несмотря на широчайший полиморфизм оливковой черепахи, все обнаруженные паттерны фолидоза не выходят за рамки теоретически возможных вариантов, определяемых сегмент-зависимой моделью. Результаты верификации подтверждают наличие строгой морфогенетической связи между числом и распределением щитков на панцире и сомитной организацией эмбриона. Именно наличие этой связи обуславливает ключевую черту устройства мозаики щитков панциря черепах, а именно, исключительную устойчивость базового паттерна фолидоза при широком спектре межвидового и внутривидового варьирования.

Исследование поддержано Санкт-Петербургским государственным университетом (экспедиционный грант № 1.42.1095.2016) Российским фондом фундаментальных исследований (грант РФФИ № 18-04-01082).

Список литературы

Черепанов Г. О. Панцирь черепах: морфогенез и эволюция. СПб: Изд-во СПбГУ, 2005. 184 с.

Cherepanov G. O. New morphogenetic data on the turtle shell: discussion on the origin of the horny and bony parts // Stud. Geol. Salmanticensia. Stud. Palaeocheloniol. 1989. V. 3. P. 9–24.

Cherepanov G. O. Patterns of scute development in turtle shell: symmetry and asymmetry // Paleontol. J. 2014. V. 48, № 12. P. 1275–1283.

Cherepanov G., Malashichev Y., Danilov I. Supernumerary scutes verify a segment-dependent model of the horny shell development in turtles // J. of Anatomy. 2019. № 235. P. 836–846.

Cordero G. A., Birk K., Ruane S. et al. Effects of the egg incubation environment on turtle

carapace development // *Evolution and Development*. 2023. V. 25. P. 153–169.

Cordero-Rivera A., Ayres Fernandez C., Velo-Anto G. High prevalence of accessory scutes and anomalies in Iberian populations of *Emys orbicularis* // *Rev. Esp. Herpetol.* 2008. V. 22. P. 5–14.

Ewert M. A. The embryo and its egg: development and natural history // *Turtles, perspectives and research* (eds M. Harless, H. Morlock). New York: John Wiley and Sons, 1979. P. 333–413.

Lynn W. G., Ullrich M. Experimental production of shell abnormalities in turtles // *Copeia*. 1950. 253–262.

Moustakas-Verho J. E., Cherepanov G. O. The integumental appendages of the turtle shell: an evo-devo perspective // *J. Exp. Zoology*. 2015. № 324B. 221–229.

Pritchard P. C. H. Evolution and structure of the turtle shell // *Biology of Turtles* (eds J. Wyneken, M. H. Godfrey, V. Bels). London-New York: CRC Press, 2007. P. 45–84.

Telemeco R. S., Warner D. A., Reida M. K. et al. Extreme developmental temperatures result in morphological abnormalities in painted turtles (*Chrysemys picta*): a climate change perspective // *Integr. Zool.* 2013. V. 8. P. 197–208.

Velo-Antón G., Becker C. G., Cordero-Rivera A. Turtle carapace anomalies: the roles of genetic diversity and environment // *PLoS ONE*. 2011. 6:e18714.

Zangerl R., Johnson R. G. The nature of shield abnormalities in the turtle shell // *Fieldiana Geol.* 1957. V. 10, P. 341–362.

Zangerl R. The turtle shell // *Biology of the Reptilia. Morphology* (eds C. Gans, A.D. Bellairs, T. S. Parsons), London: Academic Press, 1969. P. 311–339.

Zimm R., Bentley B. P., Wyneken J. et al. Environmental Causation of Turtle Scute Anomalies in ovo and in silico // *Integr. Comp. Biol.* 2017. V. 57, № 6. P. 1303–1311.

Научное издание

АНОМАЛИИ И ПАТОЛОГИИ АМФИБИЙ И РЕПТИЛИЙ:

Методология, причины возникновения, теоретическое и практическое значение

Материалы III международной школы-конференции

Екатеринбург, 12-15 октября 2023 г.

Подписано в печать 14.10.2024.

Гарнитура Times New Roman. Бумага ВХИ.

Печать цифровая.

Тираж 300 экз. Заказ № 577.

Изготовлено ООО «ИД «Лисица».

г. Екатеринбург, ул. Малышева, д. 107/1.

Тел.: +7 (343) 226-00-56.