

МРНТИ 34.33.02;34.21.19;34.35.51

<https://doi.org/10.26577/bb202510435>И.И. Арифүлова*, М.А. Чирикова

Институт зоологии КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

*e-mail: irina.arifulova@zool.kz

АНОМАЛИИ ОЗЕРНЫХ ЛЯГУШЕК КОМПЛЕКСА *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* ИЗ ВОДОЕМОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «РОЩА БАУМА» НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АЛМАТЫ

Целью исследования являлось изучение аномалий и изменчивости ряда признаков внешней морфологии головастика, метаморфозных и ювенильных особей озерных лягушек комплекса *Pelophylax ridibundus* из водоемов природного парка «Роща Баума» города Алматы. Было исследовано 165 особей из двух выборок: заболоченного пруда у р. Баскарасу и временного водоема в Большом Алматинском канале. Приведены размерные характеристики исследованных экземпляров. Выявлено, что во второй выборке 2,8% особей обладали аномалиями задних конечностей (эктромелия и таумелия, эктродактилия, гетерохрония). Особи из обеих выборок характеризовались высоким процентом аномалий ротового аппарата личинок: 59,6% головастика из первой выборки и 67,4% – во второй. Отмечены следующие типы отклонений: 1) разрывы зубных рядов; 2) потеря зубчиков; 3) полная или частичная редукция зубных рядов; 4) срастание зубных рядов; 5) искривление и деформация зубных рядов, 6) смещение и изменение направления зубных рядов; 7) деформация рогового клювика. Выявлен высокий процент особей, который имели одновременно 2–4 типа аномалий (74,2% – в первой выборке и 89,7% – во второй). Полученные показатели многократно превысили порог обычной (фоновой) встречаемости аномалий, а также аналогичные показатели у озерных лягушек из природных водоемов юго-востока Казахстана, что дает основание отнести их к разряду массовых. В статье обсуждаются возможные причины высокой частоты встречаемости аномалий ротового аппарата. Как один из основных факторов рассматривается химическое и биологическое загрязнение водоемов. В целом, для гибридной популяции озерных лягушек *P. ridibundus* из водоемов с антропогенной нагрузкой данные по изменчивости признаков внешней морфологии головастика, метаморфозных и ювенильных особей получены впервые.

Ключевые слова: урбоценозы, аномалии задних конечностей, аномалии ротовых аппаратов, озерная лягушка, комплекс *Pelophylax ridibundus*.

I.I. Arifulova*, M.A. Chirikova

Institute of Zoology CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: irina.arifulova@zool.kz

Anomalies of marsh frogs of *Pelophylax ridibundus* complex from water reservoirs of the natural park “Baum’s Grove” on the territory of the Almaty city

The aim of the study was to investigate anomalies and variability of a number of traits of external morphology of tadpoles, metamorphosed and juvenile individuals of marsh frogs of *Pelophylax ridibundus* complex from water reservoirs of the natural park “Baum’s Grove” of Almaty city. A total of 165 individuals from two samples were studied: a waterlogged pond near Baskarasu River and a temporary reservoir in the Big Almaty Canal. The size characteristics of the studied specimens are given. It is revealed that in the second sample 2.8% of individuals had anomalies of hind limbs (ectromelia and taumelia, ectrodactyly, heterochrony). Individuals from both samples were characterized by a high percentage of larval mouthparts anomalies: 59.6% of tadpoles from the first sample and 67.4% in the second. The following types of abnormalities were noted: 1) ruptures of the dentition 2) loss of teeth; 3) complete or partial reduction of the dentition; 4) accretion of the dentition; 5) curvature and deformation of the dentition, 6) displacement and change of direction of the dentition; 7) deformation of the horny beak. A high percentage of individuals with 2–4 types of anomalies concurrently (74.2% in the first sample and 89.7% in the second sample) was found.

The obtained indicators repeatedly exceeded the threshold of the usual (background) occurrence of anomalies, as well as similar indicators for lake frogs from natural reservoirs in the south-east of Kazakh-

stan, which gives reason to classify them as massive. The article discusses possible reasons for the high frequency of occurrence of anomalies of the oral apparatus. As one of the main factors is considered the chemical and biological pollution of water reservoirs. In general, for a hybrid population of Marsh frogs, *P. ridibundus* from water reservoirs with anthropogenic load, data on the variability of signs of the external morphology of tadpoles, metamorphosed and juvenile individuals were obtained for the first time.

Keywords: urbocenoses, anomalies of hind limbs, mouthparts anomalies, marsh frog, *Pelophylax ridibundus* complex.

И.И. Арифұлова*, М.А. Чирикова

ҚР ҒЖБМ ҒК «Зоология институты», Алматы, Қазақстан

*e-mail: irina.arifulova@zool.kz

**Алматы қаласының аумағындағы «Баум Тоғайы» табиғи паркінің
су айдындарынан *Pelophylax ridibundus* кешенінің
көл бақаларының аномалиялары**

Зерттеудің мақсаты Алматы қаласының «Баум тоғайы» табиғи паркінің су айдындарынан *Pelophylax ridibundus* кешенінің бақашабактың сыртқы морфологиясының, метаморфозды және балаусадарақтардың бірқатар белгілерінің аномалиясы мен өзгергіштігін зерттеу болды. Екі таңдамадан 165 дарақтар зерттелді: Басқарасу өзенінің жанындағы батпақты тоған және Үлкен Алматы каналындағы уақытша су қоймасы. Зерттелген таңдамалардың өлшемдік сипаттамалары келтірілген. Екінші таңдамада дарақтардың 2.8% артқы аяқтарының аномалиясы (эктромелия және таумелия, эктродактилия, гетерохрония) болғандығы анықталды. Екі таңдамадағы дарақтар личинкалардың ауыз қуысының аномалиясының жоғары пайыздылығымен сипатталды: бірінші таңдамадағы бақашабактардың 59.6% және екіншісінде – 67.4%. Ауытқулардың келесі түрлері атап өтілді: 1) тіс қатарларының ажырауы 2) тістердің түсуі; 3) тіс қатарларының толық немесе ішінара кемуі; 4) тіс қатарларының бітісуі; 5) тіс қатарларының қисаюуы және деформациясы, 6) тіс қатарының ығысуы және бағытының өзгеруі; 7) мүйізтұмсықты деформациясы.

Алынған көрсеткіштер аномалияның әдеттегі (фондық) пайда болу шегінен, сондай-ақ Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы табиғи су айдындарынан көл бақалары үшін ұқсас көрсеткіштерден бірнеше есе асып түсті, бұл оларды жаппай санатқа жатқызуға негіз береді. Мақалада ауыз қуысының ауытқуларының жоғары жиілігінің ықтимал себептері талқыланады. Негізгі факторлардың бірі ретінде су объектілерінің химиялық және биологиялық ластану қарастырылады. Тұтастай алғанда, көл бақаларының гибриді популяциясы үшін *P. ridibundus* антропогендік жүктемесі бар су қоймаларынан бақашабактардың, метаморфозды және балаусадарақтардың сыртқы морфологиясы белгілерінің өзгергіштігі туралы мәліметтер алғаш рет алынды.

Түйін сөздер: урбоценоздар, артқы аяқтардың аномалиялары, ауыз аппаратының аномалиялары, көл бақасы, *Pelophylax ridibundus* кешені.

Введение

Отклонения от нормального развития организма всегда представляли собой интерес для исследователей. Эмбриональное и личиночное развитие амфибий проходит в водной среде, поэтому факторы, потенциально влияющие на формирование аномалий, достаточно многочисленны, разнообразны и не изучены до конца, их перечень продолжает увеличиваться [1-4]. Озёрная лягушка (*Pelophylax ridibundus* Pall., 1971) считается удобным объектом для проведения фундаментальных и прикладных исследований, и одним из наиболее высокоинформативных биоиндикаторов экологического состояния водоемов, подвергающихся антропогенной нагрузке, в том числе урбанизированных территорий [5-10]. В неблагоприятных экологических усло-

виях у озерных лягушек регистрируется обширный спектр морфологических аномалий [2, 4, 11-15]. Вместе с тем, следует отметить, что лишь немногие исследователи уделяли внимание вариабельности морфологии ротовых аппаратов личинок озерных лягушек [16-18], а причины их формирования до сих пор остаются слабо изученными.

На территории Казахстана последние исследования, посвященные аномалиям земноводных, проводились в середине прошлого столетия [19-21], и лишь в последние годы стало уделяться внимание изменчивости и аномалиям личиночных ротовых аппаратов озерной лягушки [22-24]. В результате этих исследований было сделано предположение об увеличении процента аномалий личиночных ротовых аппаратов под влиянием антропогенных факторов.

Однако для окончательных выводов требовались дополнительные исследования в популяциях достоверно подверженных воздействию человека.

В рамках данной работы нами были проанализированы морфологические аномалии, в том числе аномалии личиночных ротовых аппаратов лягушек, обитающих в водоемах природного парка «Роща Баума», расположенного в городе Алматы. Роща Баума – государственный памятник природы, уникальный природный комплекс, однако его территория подвержена значительной рекреационной нагрузке, воздействию от близлежащих крупных транспортных артерий и частного сектора. Также ранее была выявлена высокая степень загрязнения органическими и биогенными веществами, а также тяжелыми металлами р. Баскарасу, протекающей через рощу Баума [25-26].

Следует отметить, что 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» [27]. В свете этого также интересно оценить уровень аномалий в гибридной популяции. Данное исследование является первым шагом в оценке уровня аномалий у данной группы амфибий в связи с воздействием сразу двух возможных факторов – антропогенное воздействие (городская среда) и гибридизация. Поскольку идентификация разных форм озерных лягушек по внешнеморфологическим признакам в настоящее время не разработана, мы рассматриваем данную выборку как представителей комплекса *P. ridibundus*.

Целью данной работы стало изучение внешней морфологической изменчивости головастики, метаморфозных и ювенильных особей озерных лягушек комплекса *P. ridibundus* из водоемов природного парка «Роща Баума» города Алматы и выявление аномалий признаков.

Материалы и методы исследования

Сбор особей проводился в природном парке «Роща Баума» с июля по август 2021 г. из двух водоемов: небольшого заболоченного пруда вблизи р. Баскарасу (56 головастика) и временных водоемов на территории *Большого Алматинского канала им. Д.А. Кунаева (далее БАК)* (77 головастика и 32 метаморфозных и ювенильных особи).

Заболоченный пруд (выборка 1) расположен в средней части рощи Баума вблизи р. Баскарасу (Рисунок 1а). *Прибрежная и водная растительность водоема многообразна: Typha sp., Humulus sp., Carex sp., Lycopodium sp., Taraxacum sp., Urtica sp., Lemna sp.* 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 (выборка 2) формируются дождевыми и талыми водами в весенний период на территории БАКа (Рисунок 1б), заполнение водой которого уже несколько лет не производится. Обширные разливы глубиной до 40 см служат 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 хорошей кормовой базой для головастика. К осени временные водоемы, как правило, 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 бинокляр «Микромед – МС1». Стадии развития головастика определяли по схеме Е.Н. Гниденко [28]. Специальное внимание мы уделяли описанию морфологии конечностей и ротовых аппаратов. При идентификации аномалий конечностей опирались на классификацию В.Л. Вершинина [3]. Под аномалиями (или отклонениями) в строении ротового аппарата понимали любые отклонения от ротового аппарата, описанного в таблице нормального развития [28] на соответствующей стадии. Встречаемость особей с отклонениями рассчитывали по формуле $P_{as} = N_{as} / N * 100\%$, где P_{as} – встречаемость аномальных особей, N_{as} – количество аномальных особей, N – общее количество особей [29].

Измерение размеров головастика проводилось электронным штангенциркулем с погрешностью 0.1 мм. Далее по тексту используются следующие обозначения: L – длина тела, Lcd – длина хвоста, TL – общая длина.



а



б

Рисунок 1 – Места сбора озерной лягушки в роше Баума (г. Алматы):

а) заболоченный пруд в центральной части роши Баума;

б) временный водоем на территории БАКа им. Д.А. Кунаева

Статистические расчеты проведены в программе Statistica 10.0. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05. Дескриптивные статистики в тексте представлены как $M \pm m$, где M – среднее, а m – ошибка среднего.

Результаты исследования

На территории заболоченного пруда озерные лягушки были весьма многочисленны. Их плотность составила 3–5 взрослых особей на

10 м², а на отдельных участках – до 15 особей на 10 м². Во временных водоемах на территории БАКа было зарегистрировано большое количество головастика, а позднее и метаморфозных особей. Взрослые лягушки встречались единично. Отсутствие естественных укрытий и малая глубина воды делают их легкодоступной добычей для бродячих животных и хищных птиц, поэтому численность взрослых особей минимальна.

В таблице 1 приведены размерные характеристики головастика из выборок 1 и 2 в соответствии со стадиями развития.

Таблица 1 – Размерные характеристики головастика и ювенильных особей из водоемов роши Баума

Стадия развития	Выборка 1 56 экз.				Выборка 2 109 экз.			
	Кол-во (экз.)	L (мм)	Lcd (мм)	TL (мм)	Кол-во (экз.)	L (мм)	Lcd (мм)	TL (мм)
35	–	–	–	–	1	18.1	22.7	40.8
36	4	14.8–17.2 15.9±0.65	14.9–19.0 17.2±0.87	29.6–36.2 33.1±1.44	1	20.7	24.6	45.3
37	9	15.3–18.3 17.1±0.36	19.8–23.4 23.4±0.97	35.3–44.7 40.6±1.30	2	17.9–18.0 17.9	23.0–24.9 24.0	41.0–42.8 41.9
38	7	17.7–22.2 19.8±0.62	19.5–36.4 26.6±2.16	37.2–58.6 46.5±2.77	1	20.0	23.9	43.9
39	13	18.5–23.9 21.6±0.43	25.1–36.8 30.9±1.09	44.4–60.7 52.4±1.39	3	18.3–20.8 19.3±0.76	20.2–25.9 23.2±1.66	41.0–44.2 42.4±0.94

Continuation of the table

Стадия развития	Выборка 1 56 экз.				Выборка 2 109 экз.			
	Кол-во (экз.)	L (мм)	Lcd (мм)	TL (мм)	Кол-во (экз.)	L (мм)	Lcd (мм)	TL (мм)
40	13	21.7–25.6 23.6±0.33	32.3–43.7 37.0±0.95	55.1–67.1 60.6±1.12	20	17.6–22.8 20.5±0.31	22.7–29.6 25.7±0.38	40.7–52.4 46.3±0.65
41	6	23.4–24.5 23.9±0.17	37.8–51.5 41.7±2.13	61.3–67.0 63.9±0.87	13	18.6–23.8 20.9±0.39	22.9–29.7 26.5±0.51	42.6–53.5 47.4±0.76
42	1	20.6	36.6	57.2	2	21.3–21.7 21.5	25.2–27.7 26.5	46.9–49.0 47.9
43	2	23.0–24.3 23.7	40.4	63.4	1	20.65	–	–
44	1	22.4	24.3	46.7	33	–	–	–
46	–	–	–	–	32	–	33	–
juv	–	–	–	–	1	–	32	–

Размерные показатели особей из выборки 2 до 39 стадии оказались несколько выше, чем в выборке 1, на 39 стадии они выравниваются, а уже на более поздних стадиях наоборот становятся ниже.

Анализ внешнеморфологических признаков головастика из выборки 2 выявил три случая аномалий задних конечностей. У одного головастика и двух ювенильных особей озерной лягушки (из 109 особей) были зарегистрированы: 1) эктромелия (укорочение голени и стопы) и таумелия (сильное нарушение плана строения

стопы) левой задней конечности у сеголетка (Рисунок 2); 2) эктродактилия – отсутствие трех фаланг четвертого пальца на левой задней конечности у сеголетка (Рисунок 3); 3) гетерохрония – рассинхронизация в развитии задних конечностей у головастика на стадии развития 40: правая конечность имела контуры 3-х пальцев (стадия 36), а левая конечность соответствовала стадии 40 (Рисунок 4). Таким образом, всего 2.8% особей выборки 2 имели аномалии задних конечностей. В выборке 1 аномалии задних конечностей выявлены не были.



Рисунок 2 – Эктромелия и таумелия задней конечности у сеголетка озерной лягушки (слева – вид со стороны брюха; справа – вид со стороны спины)

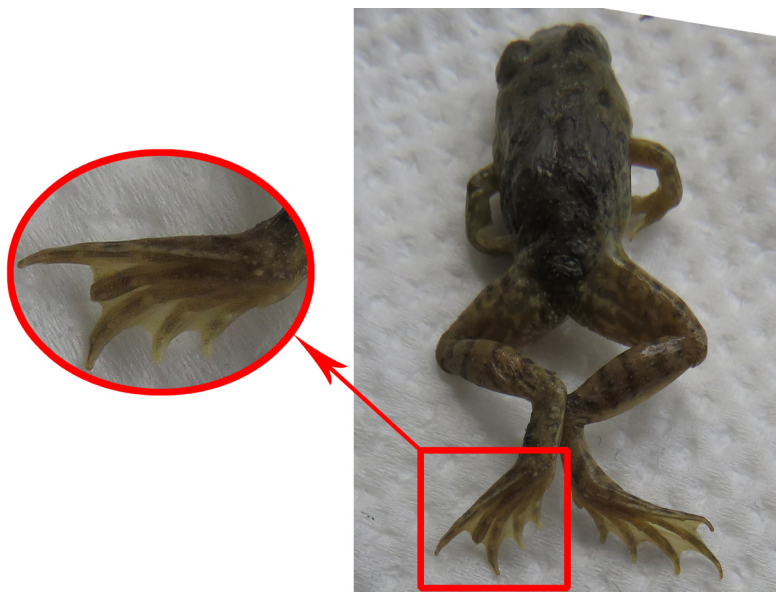


Рисунок 3 – Эктродактилия у сеголетка озерной лягушки



Рисунок 4 – Гетерохрония в формировании задних конечностей у головастика озерной лягушки

Анализ морфологии ротовых аппаратов головастика в обеих выборках показал высокий процент отклонений от нормы. В выборке 1 из 52 головастика, имеющих сформированный личиночный ротовой аппарат, у 31 особи (59.6%) обнаружены аномалии данной структуры. Всего было описано 66 аномальных признаков ротового аппарата (Рисунок 5), которые были разделены нами на пять типов отклонений от нормального строения: 1) разрывы зубных рядов (17

случаев – 25.8%); 2) потеря зубчиков (4 случая – 6.1%); 3) полная или частичная редукция зубных рядов (18 случаев – 27.7%); 4) срастание зубных рядов (2 случая – 3.0%); 5) искривление и деформация зубных рядов (25 случаев – 37.9%). При этом у 23 особей (74.2%) наблюдалось от двух до четырех различных аномалий на одну особь.

В выборке 2 из 43 головастика, имеющих сформированный личиночный ротовой аппарат, у 29 (67,4%) особей были обнаружены анома-

лии. Всего было описано 72 аномальных признака ротового аппарата (Рисунок 6), которые были подразделены на пять типов: 1) разрывы зубных рядов (18 случаев – 25.0%); 2) полная или частичная редукция зубных рядов (25 случаев – 34.7%); 3) срастание зубных рядов (6 случаев – 8.3%); 4) искривление и деформация зубных рядов (18 случаев – 25.0%); 5) смещение и изменение направления зубных рядов – (4 случая – 5.6%); 6) деформация рогового клювика (1 случай – 1.4%). У 26 экземпляров (89.7%) наблюда-

лось от двух до шести различных аномалий на одну особь.

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 45 аномалий из 66-ти (68.2%) из выборки 1 и 54 (75%) из 72-х из выборки 2.



Рисунок 5 – Аномалии в строении ротового аппарата головастика озерной лягушки из выборки 1

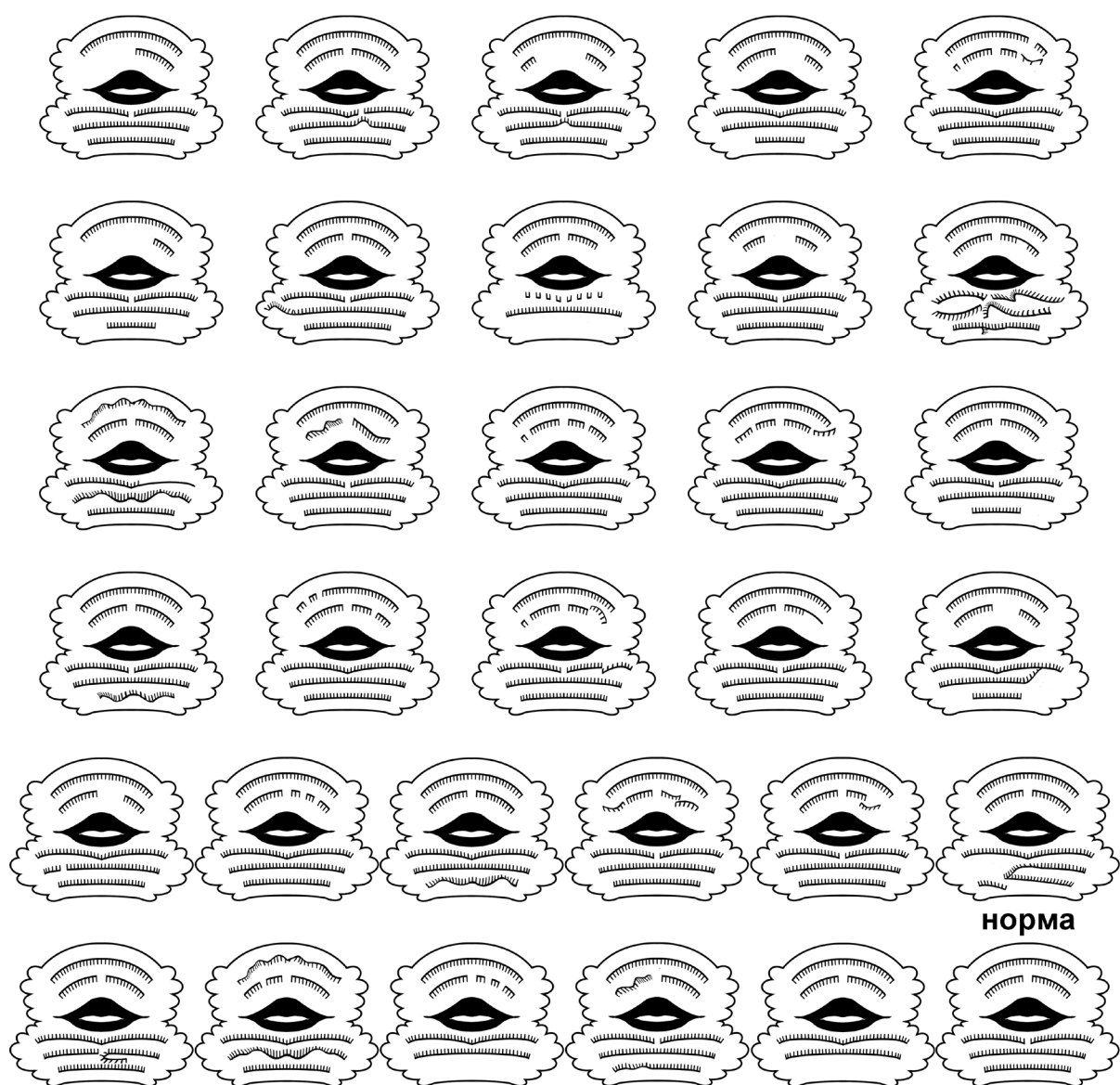


Рисунок 6 – Аномалии в строении ротового аппарата головастика озерной лягушки из выборки 2

Обсуждение

Анализируя внешнюю морфологическую изменчивость, прежде всего, следует отметить, что размерные характеристики головастика и сеголетков из исследованных выборок отличались от приводимых в литературе. Сравнение материалов настоящего исследования, полевых сборов прошлых лет и литературных данных по юго-востоку Казахстана [22, 28] в настоящее время осложнено генетически неоднородной структурой популяций озерной лягушки на этой

территории [27]. Однако мы все же отметим, что на аналогичных стадиях развития головастики из рощи Баума были значительно мельче головастики из пос. Бурундай (Алматинская обл.) (на стадии 40 значения L варьировались в пределах 41-46 мм) [16] и крупнее головастики из Южного Прибалхашья (на стадии 40 значения L в пяти выборках варьировались в пределах 16.16-20.0 мм) [22].

Выявленные в рамках настоящего исследования аномалии задних конечностей у головастика и сеголеток озерных лягушек представ-

ляют собой особый интерес. Последние данные об аномалиях задних конечностей у амфибий на территории Казахстана были опубликованы А.А. Войткевичем для сеголеток озерной лягушки из прудов пригорода г. Алма-Ата (ныне территория г. Алматы) более 60 лет назад [19-21]. Аномалии были представлены, главным образом, различными вариантами дубликации конечностей или их частей. После этих работ сообщений об аномалиях конечностей амфибий с территории Казахстана длительное время не поступало. В 2022 г. были зарегистрированы эктромалия, таумелия и амелия задних конечностей у сеголеток центральноазиатской лягушки *Rana asiatica* из временного водоема у г. Кеген (Юго-Восточный Казахстан) [30]. Процент аномальных особей в выборке был достаточно высоким – 30%, что свидетельствовало о массовости аномалий, согласно градации Л.Я. Боркина с коллегами [29]. Нами был отмечен ряд сходных аномалий конечностей у 2.8% головастиков и сеголеток озерной лягушки *P. ridibundus* из водоемов рощи Баума. Однако количество аномальных особей не превышало фоновый порог (5%) [29].

Причиной формирования аномалий различных структур у амфибий считают антропогенные и природные факторы: мутации, вирусные агенты, температурные воздействия, гибридизация, аномальные регенерации, загрязнение среды, болезни и паразиты, экологические особенности вида [2, 31-34]. В частности, на формирование различных аномалий конечностей могут оказывать влияние трематодные инвазии. Экспериментально доказано, что цисты, образованные метацеркариями трематод могут приводить к амелии, брахидактилии, эктродактилии, эктромалии и ряду других аномалий конечностей, а также аномалиям осевого скелета [2, 4, 35-36]. Однако следует отметить, что в ряде случаев у особей с аномалиями задних конечностей [37] и осевого скелета [2] цисты трематод не были обнаружены. Мы не исключаем, что формирование аномалий задних конечностей у головастиков и сеголеток озерной лягушки из водоемов рощи Баума может быть вызвано трематодными инвазиями, однако процент особей с аномалиями находится в пределах нормы, т.е. является фоновым.

Несколько другая ситуация складывается с ротовым аппаратом личинок. Морфологическая структура личиночного ротового аппарата озерной лягушки – признак достаточно вариативный и пластичный. В ходе метаморфоза он

претерпевает кардинальные изменения, однако является весьма важным органом для питания и, соответственно, для роста и развития головастика со стадии 30 (начало формирования ротового аппарата) до стадии 40 (предметаморфоз) согласно схеме нормального развития вида [28]. Выявленный нами процент особей с аномалиями ротового аппарата в выборках из г. Алматы многократно превышает порог обычной (фоновой) встречаемости аномалий [29] и выше всех показателей, полученных нами ранее для других локалитетов юго-востока Казахстана [22]. Причины формирования аномалий могут быть различными. Наиболее вероятной, на наш взгляд, может являться антропогенный фактор. Так, С.М. Романовой [25-26] была установлена высокая степень загрязнения р. Баскарасу (ранее р. Мойка), которая питает заболоченный пруд (выборка 1), органическими и биогенными веществами, а также тяжелыми металлами. В последние годы экологическая ситуация в природном парке не улучшилась: сброс канализационных вод из частного сектора, загрязнение бытовыми и биологическими отходами, обилие бродячих собак и кошек, выпас скота – факторы, которые оказывают постоянную и серьезную нагрузку на среду обитания. Отмеченный более высокий процент особей с аномалиями в выборке 2 может быть связан с еще более худшим состоянием мест обитания, поскольку в непосредственной близости находится крупная автомобильная развязка с высоким трафиком, влияющим на качество воды и воздуха. Пыль и различные технические загрязнители наносятся ветром и накапливаются в течение многих лет. Водный слой, необходимый для жизнедеятельности лягушек формируется, главным образом, за счет осадков (дождь и талый снег), которые также содержат большое количество антропогенных загрязнителей.

Другим фактором, который может влиять на формирование аномалий личиночных ротовых аппаратов, в последние годы считают хитридиевые грибы. С начала двухтысячных годов ведутся исследования, и разрабатывается теория о влиянии грибка *Batrachochytrium dendrobatidis* (патогенный грибок, вызывающий высоколетальное заболевание хитридиомикоз у земноводных) на формирование аномалий ротового аппарата головастиков амфибий. Согласно мнению ряда авторов [38-40] хитридиевые грибы могут вызывать истончение и разрушение ротовых структур ротового диска. Однако, на наш взгляд, в данном вопросе нет однозначного

мнения. Исследование А. Наварро-Лозано с коллегами [41] на личинках бесхвостых амфибий шести видов показало, что не все головастики, имевшие деформации ротовой полости, были инфицированы *Batrachochytrium dendrobatidis*. Исходя из этих результатов, можно полагать, что есть и другие факторы, влияющие на формирование подобных морфологических нарушений. Мы не проводили анализ на *Batrachochytrium dendrobatidis*, поэтому не можем дать заключение о наличии или отсутствии этого грибка у исследованных нами особей. Однако считаем, что степень участия хитридиевых грибов в формировании данных аномалий остается спорной и требует дальнейшего изучения.

Еще одним фактором, влияющим на формирование аномалий признаков внешней морфологии, может являться гибридизация [33], имеющая место и в исследованных нами выборках, поскольку на данный момент в роще Баума достоверно подтверждена генетическая неоднородность озерных лягушек *P. ridibundus* [27]. Ряд исследователей приводит высокий процент аномалий и высокую степень вариабельности по ряду признаков, таких как длина хвоста, форма тела и другие параметры, в гибридных популяциях отдельных видов амфибий [42, 43]. Согласно данным О.Д. Некрасовой, в популяции лягушек комплекса *Rana esculenta* среди гибридных особей был зарегистрирован более высокий процент аномалий [44]. Ф.Ф. Куртык [45, 46] утверждает, что межвидовая гибридизация амфибий в природных условиях приводит к образованию у потомства сравнительно большего числа аномалий развития. Также автор отмечает, что гибридные особи по сравнению с родительскими формами сравнительно чаще подвержены аномалиям развития, связанным с условиями среды, и могут быть использованы в качестве индикаторных в большей степени, нежели негибридные популяции. Исследование аномалий внешне морфологических признаков в гибридной популяции *Pelophylax kl. esculenta* из Закарпатья показало наличие аномалий более чем у 60% особей [46].

Таким образом, по нашему мнению, на высокую степень вариабельность ротовых аппаратов в исследованных выборках наиболее вероятно могли оказать влияние два фактора: антропо-

генное загрязнение водоемов и генетическая неоднородность популяции. Основываясь на литературных данных [33, 45-46], предполагаем, что гибридизация могла усилить восприимчивость организма амфибий к антропогенному воздействию, в результате чего количество особей с аномалиями значительно превысило показатели, регистрируемые ранее для других регионов Юго-Восточного Казахстана [23-24].

Заключение

В ходе исследования головастиков, метаморфозных и ювенильных особей озерных лягушек комплекса *P. ridibundus* из водоемов природного парка «Роща Баума» г. Алматы нами был зарегистрирован фоновый уровень аномалий (2.8%) задних конечностей в одной из двух изученных выборок. В то же время встречаемость аномалий ротовых аппаратов многократно превышала фоновый порог (5%), составляя 59.6% и 67.4% в каждой выборке соответственно. Это определяет необходимость дальнейшего изучения данного признака, комплекса факторов, влияющих на формирование аномалий и отработки шкалы аномалий. На данном этапе исследования мы придерживаемся точки зрения, что одним из основных факторов, повлиявшего на формирование высокого процента аномалий ротовых аппаратов, является высокий уровень химического и биологического загрязнения исследованных водоемов, и, вероятно, гибридизация между разными генетическими линиями.

Благодарности. Авторы признательны ведущему научному сотруднику Института зоологии (Алматы, Казахстан) Татьяне Николаевне Дуйсебаевой за помощь в обсуждении спорных вопросов и Файше Нұрпеисқызы за помощь в сборе материала.

Источник финансирования. Работа поддержана Министерством науки и высшего образования в рамках программы BR21882199 «Кадастр диких животных аридных территорий Балхаш-Алакольского бассейна с оценкой угроз для их сохранения и устойчивого использования», а также государственным региональным природным парком «Медеу».

Литература

1. Неустроева Н.С., Вершинин В.Л. Скелетные отклонения сеголеток бесхвостых амфибий в условиях урбанизации // Вестник ОГУ. Биологические науки. – 2011. – Т. 123. – №4. – С. 85-90.
2. Неустроева Н.С. Морфологическая изменчивость скелета представителей рода *Rana* в условиях антропогенной дестабилизации среды: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Казань. – 2012.
3. Вершинин В.Л. Основы методологии и методы исследования аномалий и патологий амфибий. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета. – 2015.
4. Свинин А.О., Ермаков О.А., Литвинчук С.Н., Башинский И.В. Синдром аномалии Р у зеленых лягушек: история открытия, морфологические особенности и возможные причины возникновения // Труды Зоологического института РАН. – 2020. – Т. 324. – №1. – С. 108-123. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2020.324.1.108>
5. Freda J., Dunson W.A. The influence of external cation concentration on the hatching of amphibian embryos in water of low pH // Can. J. Zool., 1985. – V. 63. – №11. – P. 2649-2656.
6. Pierce A.A. Acid tolerance in amphibians // Bio Science. – 1985. – №4. – P. 239-243.
7. Gunter R., Plotner J. On the noxious effects of household detergents on anuran eggs and tadpoles // Studies in Herpetology. Proceedings of the 3rd Ordinary General Meeting of the Societies European Herpetologica. – Prague, 1986. – P. 717-722.
8. Вершинин В.Л. Видовой комплекс амфибий в экосистемах крупного города // Экология. – 1995. – №4. – С. 299-306.
9. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. – М.: Центр экологической политики России. – 2000.
10. Лада Г.А., Левин А.Н., Артемова Л.В., Рыбкина Н.С. Об оценке состояния окружающей среды по уровню флуктуирующей асимметрии у бесхвостых амфибий на примере озерной лягушки (*Rana ridibunda*) // Принципы экологии. – 2012. – Т. 1. – №3. – С. 82-88.
11. Ковылина Н.В. Использование озерной лягушки (*R. ridibunda* Pall.) для оперативной индикации техногенного загрязнения водоемов: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Тольятти. – 2004.
12. Спирина Е.В. Амфибии как биоиндикационная тест-система для экологической оценки водной среды обитания: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Ульяновск. – 2007.
13. Вершинин В.Л. Биота урбанизированных территорий. – Екатеринбург. – 2007.
14. Закс М.М. О морфологических аномалиях зеленых лягушек (*Rana ridibunda*, *R. lessonae*) г. Пензы // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. Естественные науки. – 2008. – №10 (14). – С. 63-65.
15. Файзулин А.И. Встречаемость и разнообразие морфологических аномалий популяций озерной лягушки (*Anura*, *Amphibia*) Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – №5. – С. 150-154.
16. Афоницева Я.В., Бондарева А.А., Баланюк Е.В., Бибик Ю.С. Изучение соответствий между стадиями развития задних конечностей и ротовых аппаратов в ходе нормального развития головастика зеленых лягушек // В кн.: Матеріали V міжнародної конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери». – Харьков, 2010. – С. 337-338.
17. Бибик Ю.С., Коваленко М.С., Кучкова А.Г. Влияние эффекта группы на развитие головастика зеленых лягушек // В кн.: «Біологія: від молекули до біосфери». Матеріали V міжнародної конференції молодих науковців. – Харьков, 2010. – С. 338-339.
18. Бибик Ю.С. Какие факторы определяют тип ротового аппарата головастика зеленых лягушек? // В кн.: Матеріали V міжнародної конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери». – Харьков, 2010. – С. 339-340.
19. Войткевич А.А. Феномен наследственного извращения реализации формообразовательной потенции // Доклады Академии наук. – 1948. – Т. LX. – №2. – С. 305-308.
20. Войткевич А.А. Закономерности в развитии дополнительных конечностей у озерной лягушки в естественных условиях // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1955. – Т. 32. – №2. – С. 41-50.
21. Войткевич А.А. Массовое образование дополнительных задних конечностей у озерной лягушки // Журнал общей биологии. – 1965. – Т. 26. – №1. – С. 56-62.
22. Арифлулова И.И., Чирикова М.А. Об аномалиях в строении ротового аппарата головастика озёрной лягушки *Pelophylax ridibundus* в природных популяциях юго-востока Казахстана // Selevinia. – 2016. – С. 32-41.
23. Чирикова М.А., Чредниченко О.Г., Магда И.Н., Пилюгина А.Л., Байгушикова Г.М., Соловьева А.Ю., Нигай Н.Л. Морфологический и цитогенетический анализ озерных лягушек, обитающих вблизи мест хранения запасов устаревших пестицидов. В кн.: Сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования». – М.: РУДН. – 2019. – С. 197-201.
24. Чередниченко О.Г., Магда И.Н., Соловьев А.Ю., Мамилов Н.Ш., Арифлулова И.А., Чирикова М.А., Пилюгина А.Л., Байгушикова Г.М., Соловьев И.А. Радиоэкологическая характеристика отдельных территорий национального парка Алтын-Эмель // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – Т. 81. – Вып. 1. – С. 53-61.
25. Романова С.М. Характеристика гидрохимического режима рек северного склона Иле Алатау в 2010 году. Сообщение 2. Органические и биогенные вещества в воде // Гидрометеорология и экология. – 2011а. – №3. – С. 125-131.
26. Романова С.М. Характеристика гидрохимического режима рек северного склона Иле Алатау в 2010 году. Сообщение 3. Микроэлементы в воде // Гидрометеорология и экология. – 2011б. – №4. – С. 78-83.
27. Ualiyeva D.; Ermakov O.A., Litvinchuk S.N., Guo X., Ivanov A.Y., Xu R., Li J., Xu F., Arifulova I.I., Kaptyonkina A.G., Khromov V.A., Krainyuk V.N., Sarzhanov F., Dujsebayeva T.N. Diversity, Phylogenetic Relationships and Distribution of Marsh

Frogs (the *Pelophylax ridibundus* complex) from Kazakhstan and Northwest China // Diversity. – 2022. – Vol. 14. – Article number: 869. <https://doi.org/10.3390/d14100869>

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

29. Боркин Л.Я., Безман-Мосейко О.С., Литвинчук С.Н. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) // Труды Зоологического института РАН. – 2012. – Т. 316. – №4. – С. 324–343. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2012.316.4.324>

30. Чирикова М.А. Об аномалиях конечностей центральноазиатской лягушки, *Rana asiatica* Bedriaga, 1898 (Amphibia, Ranidae) // Труды Института зоологии Республики Казахстан. – 2023. – Т. 2. – Вып. 1. – С. 28–33. [Russian with English summary]. <https://doi.org/10.54944/tizkrkg90ib3>

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

32. Вершинин В.Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий: Автореф. дис. докт. биол. наук. – Екатеринбург. – 1997.

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

34. Боркин Л.Я. Морфологические аномалии в природных популяциях амфибий: что мы изучаем и как оцениваем? // Материалы международной школы-конференции «Аномалии и патологии амфибий и рептилий: Методология и, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды». – Екатеринбург, 2014. – С. 25–36.

35. Rajakaruna R.S., Piyatissa P.M.J.R., Jayawardena U.A., Navaratne A.N., Amerasinghe P.H. Trematode infection induced malformations in the common hourglass treefrogs // Journal of Zoology. – 2008. – Vol. 275. – P. 89–95. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2008.00416.x>

36. Jayawardena U.A., Tkach V.V., Navaratne A.N., Amerasinghe P.H., Rajakaruna R.S. Malformations and mortality in the Asian common toad induced by exposure to *Pleurolophocercous cercariae* (Trematoda: Cryptogonimidae) // Parasitology International. – 2013. Vol. 62. – №3. – P. 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2013.01.003>

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

38. Fellers G.M., Green D.E., Longore J.E. Oral chytridiomycosis in the mountain yellow-legged frog *Rana muscosa* // Copeia. – 2001. – P. 945–953. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2001\)001\[0945:OCITMY\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2001)001[0945:OCITMY]2.0.CO;2)

39. Vredenburg V.T., Summers A.P. Field identification of chytridiomycosis in *Rana muscosa* (Camp 1915) // Herpetological Review. – 2001. – Vol. 31. – №3. – P. 151–152.

40. Drake D.L., Altig R., Grace J.B., Walls S.C. Occurrence of Oral Deformities in Larval Anurans // Copeia. – 2007. – №2. – P. 449–458. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2007\)7\[449:OODIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2007)7[449:OODIL]2.0.CO;2)

41. Navarro-Lozano A., Sanchez-Domene D., Rossa-Feres D.C., Bosch J., Sawaya R.J. Are oral deformities in tadpoles accurate indicators of anuran chytridiomycosis? // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13. – №1. – Article number: e0190955. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190955>

42. Mačát Z., Jeřábková L., Reiter A., Rulík M., Jablonski D. Malformations and body injuries in a hybrid zone of crested newts (Caudata: Salamandridae: *Triturus cristatus* superspecies) // Acta Herpetologica. – 2015. – Vol. 10. №2. – P. 135–141. https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-16194

43. Smolinský R., Baláz V., Nürnberger B. Tadpoles of hybridising fire-bellied toads (*B. bombina* and *B. variegata*) differ in their susceptibility to predation. PLoS ONE. – 2020. – Vol. 15 – №12. – Article number: e0231804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231804>

44. Некрасова О.Д. Структура популяций и гибридизация зеленых лягушек *Rana esculenta* complex урбанизированных территорий Среднего Приднепровья: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Киев. – 2002.

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

46. Куртяк Ф.Ф. Аномалії розвитку *Pelophylax klepton esculenta* Linnaeus, 1758 (Amphibia, Anura, Ranidae) з теренів Закарпаття // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія біологія. – 2010. – Вип. 28. – С. 132–134.

References

1. Afonicheva YA.V., Bondareva A.A., Balanyuk E.V., Bibik YU.S. (2010). Izuchenie sootvetstviy mezhdru stadiyami razvitiya zadnih konechnostey i rotovykh apparatov v hode normal'nogo razvitiya golovastikov zelenykh lyagushek [Study of the correspondence between the stages of development of the hind limbs and mouthparts during the normal development of green frog tadpoles]. In: *Materiali V mizhnarodnoi konferencii molodih naukvciv "Biologiya: vid molekuli do biosferi" [Proceedings of the V International Conference of Young Scientists "Biology: from the molecule to the biosphere"]*. Kharkov, pp. 337–338. [Russian].
2. Arifulova I.I., Chiricova M.A. (2016). About anomalies of larval mouthpart structure of the marsh frog *Pelophylax ridibundus* in natural populations of South-Eastern Kazakhstan. Selevinia, 2016, pp. 32–41. [Russian with English summary].
3. Bibik YU.S. (2010). Kakie faktory opredelyayut tip rotovogo apparata golovastikov zelenykh lyagushek? [What factors determine the type of oral apparatus of green frog tadpoles?]. In: *Materiali V mizhnarodnoi konferencii molodih naukvciv "Biologiya: vid molekuli do biosferi" [Proceedings of the V International Conference of Young Scientists "Biology: from the molecule to the biosphere"]*. Kharkov, pp. 339–340. [Russian].

4. Bibik YU.S., Kovalenko M.S., Kuchkova A.G. (2010). Vliyanie effekta gruppy na razvitie golovastikov zelenykh lyagushek [Influence of the group effect on the development of green frog tadpoles]. In: *Materiali V mizhnarodnoi konferencii molodih naukovic "Biologiya: vid molekuli do biosferi"* [Proceedings of the V International Conference of Young Scientists "Biology: from the molecule to the biosphere"]. Kharkov, pp. 338-339. [Russian].
5. Borkin L.J. (2014). Morphological abnormalities in natural populations of amphibians: What do we study and how do we measure? In: *Materialy mezhdunarodnoj shkoly-konferencii "Anomalii i patologii amfibij i reptilij: Metodologiya i, evolyucionnoe znachenie, vozmozhnost' ocenki zdorov'ya sredey"* [Proceedings of the international conference-school "Anomalies and pathologies of amphibians and reptiles: Methodology and evolutionary significance, the possibility of assessing the health of the environment"]. Yekaterinburg, pp. 25-36. [Russian with English summary].
6. Borkin L.J., Bezman-Moseyko O.S., Litvinchuk S.N. (2012). Evaluation of animal deformity occurrence in natural populations (an example of amphibians). *Proceedings of the Zoological Institute RAS*, vol. 316, no 4, pp. 324-343. [Russian with English summary]. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2012.316.4.324>
7. Cherednichenko O.G., Magda I.N., Soloviev A.Yu., Mamilov N.Sh., Arifulova I.A., Chirikova M.A., Pilyugina A.L., Baygushikova G.M., Soloviev I.A. (2020). Radioecological characteristics of separate territories of the Altin-Emel National Park. *NNC RK Bulletin*, vol. 81, issue 1, pp. 53-61. [Russian with English summary].
8. Chirikova M.A. (2023). On anomalies of extremities in the Central Asian Frog, *Rana asiatica* Bedriaga, 1898 (Amphibia, Ranidae). *Trudy of Institute of Zoology RK [Proceedings of the Institute of Zoology of the Republic]*, vol. 2, issue 1, pp. 28-33. [Russian with English summary]. <https://doi.org/10.54944/tizkr90ib3>
9. Chirikova M.A., Cherednichenko O.G., Magda I.N., Pilyugina A.L., Baygushikova G.M., Soloviev A. Y., Nigai N.L. (2019). Morphological and cytogenetic analysis of the lake frogs dominating near the places of storage of reserves of deprecated pesticides. In: *Sbornik nauchnykh trudov XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Aktual'nye problemy ekologii i prirodoopol'zovaniya"* [Collection of scientific papers of the XX International scientific and practical conference "Current problems of ecology and nature management"]. Moscow, pp. 197-201. [Russian with English summary].
10. Drake D.L., Altig R., Grace J.B., Walls S.C. (2007). Occurrence of Oral Deformities in Larval Anurans. *Copeia*, 2007, no 2, pp. 449-458. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2007\)7\[449:OODIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2007)7[449:OODIL]2.0.CO;2)
11. Fayzulin A.I. (2012). Occurrence and morphological anomalies variety of populations of marsh frog (Anura, Amphibia) of the Middle Volga. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk]*, vol. 14, no 5, pp. 150-154. [Russian with English summary].
12. Fellers G.M., Green D.E., Longore J.E. (2001). Oral chytridiomycosis in the mountain yello-legged frog *Rana muscosa*. *Copeia*, 2001, pp. 945-953. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2001\)001\[0945:OCITMY\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2001)001[0945:OCITMY]2.0.CO;2)
13. Freda J., Dunson W.A. (1985). The influence of external cation concentration on the hatching of amphibian embryos in water of low pH. *Can. J. Zool.*, vol. 63, no 11, pp. 2649-2656.
14. Gnidenko E.N. (2002). Some aspects of development and formation of larvae organs of lake frog of the South-Eastern Kazakhstan. *Selevinia*, 2002, no 1-4. pp. 48-59. [Russian with English summary].
15. Gunter R., Plotner J. (1986). On the noxious effects of household detergents on anuran eggs and tadpoles. In: *Studies in Herpetology. Proceedings of the 3rd Ordinary General Meeting of the Societies European Herpetologica*, Prague, pp. 717-722.
16. Jayawardena U.A., Tkach V.V., Navaratne A.N., Amerasinghe P.H., Rajakaruna R.S. (2013). Malformations and mortality in the Asian common toad induced by exposure to *Pleurolophocercous cercariae* (Trematoda: Cryptogonimidae). *Parasitology International*, vol. 62, no 3, pp. 246-252. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2013.01.003>
17. Kovylin N.V. (2004). Ispol'zovanie ozernoj lyaguski (*R. ridibunda* Pall.) dlya operativnoj indikacii tekhnogennogo zagryazneniya vodoemov [Use of the lake frog (*R. ridibunda* Pall.) for rapid indication of technogenic pollution of water bodies]. *Abstract of PhD thesis*. Tolyatti. [Russian].
18. Kurtyak F.F. (2005). Anomalies of development of faintnesses in unisex hybrid populations *Rana kl. esculenta* Linne, 1758 (Amphibia, Anura, Ranidae) in the Transcarpathians Lowland. In: *Materiali Pershoi konferencii Ukrainskogo gerpetologichnogo tovaristva [Proceedings of the First Conference of the Ukrainian Herpetological Association]*. Kyiv, pp. 87-90. [Ukraine with English summary].
19. Kurtyak F.F. (2010). Anomalies of development of faintnesses in unisex hybrid populations *Pelophylax klepton esculenta* (Linnaeus, 1758) (Amphibia, Anura, Ranidae) in the Transcarpathians Lowland. *Naukovij visnik Uzhgorod'skogo universitetu. Seriya biologiya [Scientific newsletter of Uzhgorod University. Biology series]*, issue 28, pp. 132-134. [Ukraine with English summary].
20. Lada G., Lyovin A., Artyomova L., Rybkina N. (2012). On the evaluation of environmental condition by the level of fluctuation asymmetry in anuran amphibian of lake frog (*Rana ridibunda*) as an example. *Principy ekologii [Principles of Ecology]*, vol. 1, no 3, pp. 82-88. [Russian with English summary].
21. Mačát Z., Jeřábková L., Reiter A., Rulík M., Jablonski D. (2015). Malformations and body injuries in a hybrid zone of crested newts (Caudata: Salamandridae: *Triturus cristatus* superspecies). *Acta Herpetologica*, vol. 10, no 2, pp. 135-141. https://doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-16194
22. Navarro-Lozano A., Sanchez-Domene D., Rossa-Feres D.C., Bosch J., Sawaya R.J. (2018). Are oral deformities in tadpoles accurate indicators of anuran chytridiomycosis? *PLoS ONE*, vol. 13, no 1, Article number: e0190955. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190955>
23. Nekrasova O.D. (2002). Struktura populyacij i gibridizaciya zelenykh lyagushek *Rana esculenta* complex urbanizirovanyh territorij Srednego Pridneprov'ya [Population structure and hybridization of green frogs *Rana esculenta* complex in urbanized areas of the Middle Dnieper]. *Abstract of PhD thesis*. Kyiv. [Russian].
24. Nekrasova O.D. (2008). Classification of Amphibians Anomalies. *Praci Ukraïn'skogo gerpetologichnogo tovaristva [Proceedings of the Ukrainian Herpetological Society]*, no 1, pp. 55-58. [Russian with English summary].

25. Nekrasova O.D., Mezghzherin S.V., Morozov-Leonov S.Yu., Sytnik Yu.M. (2007). A cases of mass polymelia in the lake frog (*Rana ridibunda* Pall., 1771) from Kyiv. *Naukovij visnik Uzhgorods'kogo universitetu. Seriya Biologiya* [Scientific newsletter of Uzhgorod University. Biology Series.], issue 21, pp. 92-95. [Russian with English summary].
26. Neustroeva N.S. (2012). Morfologicheskaya izmenchivost' skeleta predstavitelej roda *Rana* v usloviyah antropogennoj destabilizacii sredy [Morphological variability of the skeleton of representatives of the genus *Rana* in conditions of anthropogenic destabilization of the environment]. *Abstract of PhD thesis*. Kazan. [Russian].
27. Neustroeva N.S., Vershinin V.L. (2011). Skeletal deviations of fingerlings of tailless amphibian in an urbanizing. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo univesiteta. Biologicheskie nauki* [Bulletin of Omsk State University. Biological Sciences], vol. 123, no 4, pp. 85-90.
28. Pierce A.A. (1985). Acid tolerance in amphibians. *Bio Science*, no 4, pp. 239-243.
29. Rajakaruna R.S., Piyatissa P.M.J.R., Jayawardena U.A., Navaratne A.N., Amerasinghe P.H. (2008). Trematode infection induced malformations in the common hourglass treefrogs. *Journal of Zoology*, vol. 275, pp. 89-95. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2008.00416.x>
30. Romanova S.M. (2011a). Harakteristika gidrohimicheskogo rezhima rek severnogo sklona Ile Alatau v 2010 godu. Soobshchenie 2. Organicheskie i biogennye veshchestva v vode [Characteristics of the hydrochemical regime of rivers on the northern slope of Ile Alatau in 2010. Message 2. Organic and biogenic substances in water]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology], 2011, no 3, pp. 125-131. [Russian].
31. Romanova S.M. (2011b). Harakteristika gidrohimicheskogo rezhima rek severnogo sklona Ile Alatau v 2010 godu. Soobshchenie 3. Mikroelementy v vode [Characteristics of the hydrochemical regime of rivers on the northern slope of Ile Alatau in 2010. Message 3. Microelements in water]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology], no 4, pp. 78-83. [Russian].
32. Smolinský R., Baláz V., Nürnberger B. (2020). Tadpoles of hybridising fire-bellied toads (*B. bombina* and *B. variegata*) differ in their susceptibility to predation. *PLoS ONE*, vol. 15, no 12, article number: e0231804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231804>
33. Spirina E.V. (2007). Amfibii kak bioindikacionnaya test-sistema dlya ekologicheskoy ocenki vodnoj sredy obitaniya [Amphibians as a bioindicative test system for ecological assessment of aquatic habitats]. *Abstract of PhD thesis*. Ulyanovsk. [In Russian].
34. Svinin A.O., Ermakov O.A., Litvinchuk S.N., Bashinskiy I.V. (2020). The anomaly P syndrome in green frogs: the history of discovery, morphological features and possible causes. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*, vol. 324, no 1, pp. 108-123. [Russian with English summary]. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2020.324.1.108>
35. Ualiyeva D., Ermakov O. A., Litvinchuk S. N., Guo X., Ivanov A. Y., Xu R., Li J., Xu F., Arifulova I. I., Kaptyonkina A. G., Khromov V. A., Krainyuk V. N., Sarzhanov F., Dujsebayaeva T. N. (2022). Diversity, Phylogenetic Relationships and Distribution of Marsh Frogs (the *Pelophylax ridibundus* complex) from Kazakhstan and Northwest China. *Diversity*, vol. 14, article number: 869. <https://doi.org/10.3390/d14100869>
36. Vershinin V.L. (1989). Morfologicheskie anomalii amfibij gorodskoj cherty [Morphological anomalies of amphibians within the city limits]. *Ekologiya* [Ecology], no 3, pp. 58-66. [Russian].
37. Vershinin V.L. (1995). Vidovoj kompleks amfibij v ekosistemah krupnogo goroda [Species complex of amphibians in the ecosystems of a large city]. *Ekologiya* [Ecology], no 4, pp. 299-306. [Russian].
38. Vershinin V.L. (1997). Ekologicheskie osobennosti populacij amfibij urbanizirovannyh territorij [Ecological features of amphibian populations in urbanized areas]. *Doctor of Science' thesis*. Yekaterinburg. [Russian].
39. Vershinin V.L. (2007). *Biota urbanizirovannyh territorij* [Biota of urban areas]. Ekaterinburg. [Russian].
40. Vershinin V.L. (2015). *Osnovy metodologii i metody issledovaniya anomalij i patologij amfibij* [Fundamentals of methodology and methods for studying anomalies and pathologies of amphibians]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta.
41. Vojtkovich A.A. (1948). Fenomen nasledstvennogo izvrazhcheniya realizacii formoobrazovatel'noj potentsii [Phenomenon of hereditary perversion of the realization of formative potential]. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], vol. LX, no 2, pp. 305-308. [Russian].
42. Vojtkovich A.A. (1955). Zakonomernosti v razvitii dopolnitel'nyh konechnostej u ozernoj lyagushki v estestvennyh usloviyah [Patterns in the development of additional limbs in the lake frog under natural conditions]. *Arhiv anatomii, gistologii i embriologii* [Archives of Anatomy, Histology and Embryology], vol. 32, no 2, pp. 41-50. [Russian].
43. Vojtkovich A.A. (1965). Massovoe obrazovanie dopolnitel'nyh zadnih konechnostej u ozernoj lyagushki [Mass formation of additional hind limbs in the lake frog]. *Zhurnal obshchej biologii* [Journal of General Biology], vol. 26, no 1, pp. 56-62. [Russian].
44. Vredenburg V.T., Summers A.P. (2001). Field identification of chytridiomycosis in *Rana muscosa* (Camp 1915). *Herpetological Review*, vol. 31, no 3, pp. 151-152.
45. Zaharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valeckij A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.T. (2000). *Zdorov'e sredy: metodika ocenki* [Environmental health: assessment methodology]. M.: Center for Environmental Policy of Russia. [Russian].
46. Zaks M.M. (2008). On the morphological anomalies of green frogs (*Rana ridibunda*, *R. lessonae*) in Penza-city (Russia). *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni V.G. Belinskogo* [News of the Penza State Pedagogical University named after V.G. Belinsky], no 10 (14), pp. 63-65. [Russian with English summary].

Сведения об авторах:

Арифүлова Ирина Исмаиловна (корреспондентный автор) – магистр биологии, научный сотрудник лаборатории орнитологии и герпетологии Института зоологии (Алматы, Казахстан, e-mail: irina.arifulova@zool.kz);

Чирикова Марина Александровна – кандидат биологических наук, заместитель директора по науке Института зоологии (Алматы, Казахстан, e-mail: marina.chirikova@zool.kz).

Information about authors:

Arifulova Irina Ismailovna (corresponding author) – Master of Biology, Researcher of the Laboratory of Ornithology and Herpetology at the Institute of Zoology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: irina.arifulova@zool.kz)

Chirikova Marina Alexandrovna – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Science at the Institute of Zoology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: marina.chirikova@zool.kz)

Авторлар туралы мәлімет:

Ирина Исмаиловна Арифүлова (корреспондент-автор) – биология магистрі, Зоология институтының орнитология және герпетология зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: irina.arifulova@zool.kz)

Марина Александровна Чирикова – биология ғылымдарының кандидаты, Зоология институтының ғылым жөніндегі директорының орынбасары (Алматы, Қазақстан, e-mail: marina.chirikova@zool.kz)

Поступило 7 октября, 2024 года

Принято 20 августа 2025 года