

УДК 597.8 (470.44)

ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* ПРИБРЕЖЬЯ И ПРИТОКОВ САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2025 А.И. Файзулин

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 00.00.2025

Впервые исследован морфогенетический гомеостаз популяций озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* водосборной территории притоков Саратовского водохранилища, в границах Самарской, Оренбургской и Саратовской областей. Установлено, что наибольший уровень нарушения стабильности развития отмечается в прибрежном мелководье островов Саратовского водохранилища (V баллов), ниже (IV-II) в заливах, а также протоках. Наименьший (I балл) – в верховьях рек, на запруженных участках небольших притоков и в удаленных от русловой части пойменных водоемах. Высокий уровень нарушения морфогомеостаза (IV балла), отмеченный для Черного озера, возможно, связан с высокой минерализацией и природными источниками сероводорода (р. Шунгут).

Ключевые слова: морфогенетический гомеостаз, флуктуирующая асимметрия, состояние популяции, озерная лягушка, Саратовское водохранилище, антропогенные воздействия.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-280-288

EDN: PFYZPP

Исследования проведены по теме Государственного задания № 1023062000002-6-1.6.20;1.6.19 «Наземные позвоночные Среднего Поволжья и сопредельных территории и их паразитические черви: экологические, фаунистические, биологические аспекты организации и функционирования сообществ на фоне природных и антропогенных изменений».

ВВЕДЕНИЕ

Земноводные являются важной частью как наземных, так и водных экосистем, представляя собой важный компонент биоценологических связей. Особенности биологии – эмбриональное и личиночное развитие в водоемах, обитание в определенном диапазоне экологических условий (рН нерестовых водоемов, температуры и влажности, наличия мест зимовок и трофических стаций) – делает амфибий чувствительными к антропогенной трансформации местообитаний [15]. Для оценки качества среды апробирован метод, использующий показатели флуктуирующей асимметрии [37–39], выявляющий последствия как естественных, так и антропогенных воздействий [10]. Оценку стабильности развития зеленых лягушек проводили при помощи показателя флуктуирующей асимметрии [8, 9, 28, 29, 32]. Исследования по оценке стабильности развития проводили на территории Самарской области, для поймы р. Чапаевки [28], сопредельных районов [23], а также бассейна р. Сок [24], побережья и притоков Саратовского водохранилища [26]. Анализ морфогомеостаза бесхвостых земноводных проводили в регионах Среднего Поволжья – Ульяновской [21], Оренбургской [4, 20, 27] и Республике Татарстан [7]. В других регионах России – Воронежской области [11, 18], Башкирии [13], Краснодарском крае [17], Нижегородской области [19], Республики Калмыкия [3], Калужской области [22]. Комплексные исследования проведены в Белоруссии [12], Узбекистане [28–27], Болгарии [6, 41–43] и Турции [31].

Цель исследования дать оценку флуктуирующей асимметрии популяций озерной лягушки Саратовского водохранилища и притоков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 1998, 2000, 2005, 2010–2012, 2016, 2024 гг. изучены выборки (всего 356 экз.) озерных лягушек в 18 географических пунктах водосборной территории притоков Саратовского водохранилища для Самарской, Оренбургской и Саратовской областей, за пределами административных границ крупных населенных пунктов (табл. 1).

Файзулин Александр Ильдусович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории зоологии и паразитологии. E-mail: labvolga@yandex.ru

Таблица 1. Характеристика местообитаний озерной лягушки в районе исследования

№	Локалитет	n	год	с.ш.	в.д.	Тип местообитания	Антропогенная трансформация местообитания
Самарская область							
1	Кольцовская воложка	16	2016	53.166	49.455	протока	водохранилище
2	Мордово, пойменное озеро	16	2000	53.175	49.436	пойма	водохранилище
3	Васильевские о-ва	15	1998	53.190	49.351	прибрежье	водохранилище
4	Брусяны	40	2000	53.195	49.405	пойменное озеро	-
5	Веретяевка, р. Бол. Кинель	22	2011	53.277	50.948	запруда	-
6	Подгоры, озеро	22	2010	53.319	50.118	пойма	водохранилище
7	Ширяево	15	2005	53.419	50.016	залив	водохранилище
8	Федоровские луга	16	2005	53.470	49.689	озеро	рекреация
9	Старый Буян, р. Кондурча	15	2005	53.649	50.259	пойма	-
10	Красные дома	62	2012	53.816	50.339	пруды	рыбохозяйственный водоем
11	Елховка, р. Кондурча	6	2011	53.865	50.310	пойма озеро	-
12	Черное озеро	16	2011	53.912	51.488	озеро	рекреация
13	Красная Самарка, р. Самара	13	2011	52.997	51.061	пойменное озеро	-
Оренбургская область							
14	Колтубанка, р. Самара	17	2012	52.916	51.930	запруда	-
15	Палимовка, р. Самара	19	2012	52.848	52.186	пойма	выпас
Саратовская область							
16	Елшанка, р. Елшанка	15	2024	52.602	47.974	запруда	-
17	Балалайка, пруд	16	2024	52.492	48.073	запруда	рекреация
18	Барская запруда	15	2024	52.315	47.977	пруд	-

Половая принадлежность половозрелых лягушек определялась по внешним признакам. В качестве таких признаков использовались наличие (у самцов) или отсутствие резонаторов по бокам головы, а также брачных мозолей в период размножения [1, 2].

Для оценки флуктуирующей асимметрии из всех анализируемых билатеральных признаков [9, 29] нами рассмотрены 13 билатеральных признаков – 1) число полос на дорсальной стороне бедра; 2) число пятен на дорсальной стороне бедра; 3) число полос на дорсальной стороне голени; 4) число пятен на дорсальной стороне голени; 5) число полос на стопе; 6) число пятен на стопе; 7) число пятен на спине; 8) число белых пятен на плантарной стороне второго пальца задней конечности; 9) число белых пятен на плантарной стороне третьего пальца задней конечности; 10) число белых пятен на плантарной стороне четвертого пальца задней конечности; 11) число белых пятен на плантарной стороне пятого пальца задней конечности; 12) количество зубов на межчелюстной кости; 13) количество зубов на сошнике (таблица 2).

Характеристика флуктуирующей асимметрии проведена по показателю ЧАПП – частоты асимметричного проявления признака [9, 29]. Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи пакета MS Excel 1997, оценка частоты асимметричного проявления признаков оценивалась по критерию Фишера, с поправкой Йетса и угловым ϕ – преобразованием частот [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние популяции амфибий рассмотрено на примере озерной лягушки *P. ridibundus*, которая в районе исследования является наиболее многочисленным видом земноводных [25]. Высокая численность и широкое распространение озерной лягушки позволяют использовать данный вид для

Таблица 2. Балльная оценка показателя стабильности развития (ЧАПП)

Уровень нарушения стабильности	Границы показателя стабильности развития (ЧАПП) по: [9]	Баллы
Условно нормальное	< 0,50	I
Начальные отклонения от нормы	0,50-0,54	II
Средний уровень отклонений от нормы	0,55-0,59	III
Существенные (значительные) отклонения от нормы	0,60-0,64	IV
Критическое состояние	> 0,64	V

биоиндикации качества среды апробированными методами, например, по характеристике нарушения стабильности развития, оценкой которого является флуктуирующая (незначительная, ненарушенная) асимметрия билатеральных признаков.

Балльная оценка уровня нарушения стабильности развития по показателю ЧАПП для Среднего Поволжья [9] представлена в табл. 3, сравнение по уровню статистически значимых различий ($F_{ст}$) в табл. 4.

Таблица 3. Уровень нарушения стабильности развития популяций озерной лягушки в бассейне притоков Саратовского водохранилища

Локалитет	Показатели стабильности развития (ЧАПП)	Баллы
Условно нормальное (< 0,50)		
Колтубанка (№ 14)	0,425±0,033	I
Брусяны (№ 4)	0,433±0,022	
Елховка (№ 11)	0,449±0,056	
Веретяевка (№ 5)	0,455±0,029	
Красная Самарка (№ 13)	0,483±0,039	
Начальные отклонения от нормы (0,50-0,54)		
Мордово (№ 2)	0,538±0,035	II
Старый Буян (№ 9)	0,533±0,036	
Балалайка (№ 17)	0,530±0,030	
Барская запруда (№ 18)	0,530±0,040	
Подгоры (№ 6)	0,542±0,029	
Средний уровень отклонений от нормы (0,55-0,59)		
Ширияево (№ 7)	0,554±0,036	III
Красные дома (№ 10)	0,551±0,018	
Палимовка (№ 15)	0,555±0,032	
Елшанка (№ 16)	0,560±0,040	
Кольцовская воложка (№ 1)	0,577±0,034	
Существенные (значительные) отклонения от нормы (0,60-0,64)		
Черное озеро (№ 12)	0,601±0,034	IV
Критическое состояние (> 0,64)		
Федоровские луга (№ 8)	0,650±0,300	V
Васильевские о-ва (№ 3)	0,846±0,026	V

Судя по таблице 3, можно выделить популяции с критическим уровнем нарушения морфогомеостаза (V баллов) на мелководье островов Саратовского водохранилища («Васильевские о-ва») и пойменных водоемов окр. г. Тольятти («Федоровские луга»). Отмечен высокий уровень нарушения морфогомеостаза (IV баллов) для популяции Черного озера. В последнем случае высокий уровень нарушения стабильности развития, возможно, связан с гидрохимическими особенностями водоема, который относят к переходным от высокоминерализованных с сульфидной водой к типичным для региона пресными озерами [14]. Водоем располагается в районе выхода природных источников сероводорода (р. Шунгут).

Средний уровень отклонений от нормы отмечен в заливах («Ширияево») и протоках («Кольцовская воложка»), образованных Саратовским водохранилищем, а также прудов, окруженных сельхозугодьями («Палимовка», «Елшанка»), и эксплуатируемых рыбохозяйственных прудов («Красные дома»).

Таблица 4. Сравнение показателя стабильности морфогомеостаза ЧАПП популяций озерной лягушки в районе исследования по уровню статистически значимых различий (F_{st})

Локалитеты																					
Локалитеты	Условно нормальное (< 0,50)						Начальные отклонения от нормы (0,50-0,55)						Средний уровень отклонений от нормы (0,55-0,59)						Существенные (0,60-0,64) и критические (> 0,65) отклонения от нормы		
	14	4	11	5	13	2	9	17	18	6	7	10	15	16	1	12	8	3			
14		—	—	—	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***			
4	< F _{st}		—	—	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***			
11	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	***	***	***			
5	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***			
13	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	***	***	***			
2	5,19	6,61	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	***	***			
9	4,59	5,73	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	—	—	***	***			
17	4,77	5,65	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	—	***	***			
18	4,61	5,39	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	***	***			
6	10,59	24,49	< F _{st}	8,46	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	—	***			
7	6,54	8,37	< F _{st}	4,55	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	—	—	***			
10	10,05	17,75	< F _{st}	7,78	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	***	***			
15	7,42	10,05	< F _{st}	5,30	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	—	***			
16	7,16	9,22	< F _{st}	5,11	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	—	***			
1	9,36	12,41	< F _{st}	7,17	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	—	***			
12	12,61	16,97	5,28	10,34	5,33	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		—	***			
8	20,84	28,63	9,35	18,69	10,78	5,41	5,70	6,19	5,99	5,93	< F _{st}	6,75	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}	< F _{st}		***			
3	86,73	114,62	41,78	84,56	57,94	47,64	47,50	49,88	48,32	53,93	41,96	68,81	46,61	40,44	37,45	31,68	21,30				

Примечание: уровень статистических различий «+» - $P < 0,01$; «+» - $P < 0,05$

Начальные отклонения от нормы (II балла) отмечены для популяций, удаленных от Саратовского водохранилища, в пойме («Мордово»), запруженных ручьев («Балалайка»), прудов, окруженных лесным массивом («Барская запруда») национального парка «Хвалынский» и среднего течения притоков («Кондурча»).

Наиболее стабильные условия развития (I балл) для пойменных водоемов в верховьях притоков бассейна р. Кондурчи («Елховка»), Самара («Колтубанка»), а также для наиболее удаленных от Саратовского водохранилища водоемов национального парка «Самарская Лука» («Брусяны») и для пойменных озер среднего течения р. Самара («Красная Самарка»). Наблюдаемый уровень нарушения стабильности развития позволяет говорить о пониженном антропогенном воздействии на популяцию озерной лягушки в условиях верховий бассейнов р. Сок и р. Самара, за исключением эксплуатируемых рыбоводных водоемов (табл. 3). Данный уровень флуктуирующей асимметрии характерен в Среднем Поволжье для популяций, обитающих в условиях низкой антропогенной трансформации [23, 24], например, на особо охраняемых природных территориях региона [26]. Отмеченный уровень нарушения стабильности развития можно считать эталонным или контрольным при проведении биоиндикационных исследований. Ухудшение условий стабильности развития наблюдается от верховий к нижней части водосборных территорий, с наибольшими показателями в условиях прибрежного мелководья островов, заливов и протоков, а также пойменных территорий, образованных Саратовским водохранилищем.

Следует отметить, что использование только отдельных морфометрических показателей амфибий в биоиндикационных исследованиях далеко не всегда может дать адекватную оценку состояния популяций соответствующих видов [35, 36]. Для видов рода *Pelophylax* для объективного анализа полученных данных, разработки методики биоиндикации необходимо учитывать адаптационные механизмы, связанные с наличием у видов рода *Pelophylax* генетических форм [34], приуроченных к различным условиям обитания [35, 36], отличающихся продолжительностью жизни, а также, возможно, темпами роста и уровнем обменных процессов [40].

Благодарности. Автор благодарит за помощь в организации сбора материала в районе исследований руководство национального парка «Хвалынский» директора В.А. Савинова и заместителя директора по науке Г.Ф. Сулейманову (г. Хвалынский).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.К., Щербак Н.Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 414 с.
2. Боркин Л.Я. Отряд бесхвостые – класс амфибии, или земноводные – Amphibia // Ананьева Н.Б., Боркин Л.Я., Даревский И.С., Орлов Н.Л. Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России. М.: AFB, 1998. С. 19–174.
3. Бурлуткин А.В., Ждокова М.К. Флуктуирующая асимметрия как способ оценки состояния окружающей среды в г. Элисте // Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов : Материалы 4 международной заочной научной конференции, Элиста, 01–02 апреля 2006 года. Калмыцкий государственный университет. Элиста: Калмыцкий государственный университет, 2006. С. 143–146.
4. Верхошенцева Ю.П., Алехина Г.П., Шамраев А.В., Хардинова С.В. Оценка экологического состояния реки Урал методом флуктуирующей асимметрии // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59).
5. Желев Ж.М. Биоиндикационная оценка состояния двух биотопов в Южной Болгарии на основании флуктуирующей асимметрии и фенетического состава популяций озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia, Ranidae) и краснобрюхой жерлянки *Bombina bombina* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) в условиях синтопического обитания // Перспективы науки. 2011а. № 7 (22). С. 7–18.
6. Желев Ж.М. Показатели флуктуирующей асимметрии зеленой жабы (*Bufo viridis* Laurenti, 1768) при симпатрическом и синтопическом обитании с озерной лягушкой (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) в районах Южной Болгарии с разной степенью антропогенного загрязнения // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: Материалы XXIV Межреспубликанской научно-практической конференции с международным участием Краснодар. Научное издание, Краснодар: Кубанский государственный университет, 2011б. С. 51–58.
7. Замалетдинов Р.И. Экология земноводных в условиях большого города (на примере г. Казани). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Казан. гос. ун-т. Казань, 2003. 20 с.
8. Захаров В.М. Асимметрия морфологических структур животных, как показатель незначительных изменений состояния среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. 1981. С. 115–123.
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 и практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
10. Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., Пронин А.В., Трофимов И.Е. Исследование гомеостаза развития в природных популяциях. Концепция здоровья среды: методология и практика оценки // Онтогенез. 2017. Т. 48. № 6. С. 418–432.

11. Калаев В.Н., Игнатова И.В., Епринцев С.А., Дмитриев Д.А., Преображенский А.П., Львович И.Я. Оценка состояния среды в районе павловского горно-обогатительного комбината с использованием уровня флуктуирующей асимметрии у лягушки прудовой (*Rana lessonae* Camerano) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1(20). С. 14-21.
12. Кароза С.Э. Оценка антропогенного влияния на водоемы г. Бреста по степени флуктуирующей асимметрии бесхвостых земноводных // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения. Материалы международной научно-практической конференции. Витебский государственный университет; Ответственный редактор И.М. Прищепа. 2016. С. 192-194.
13. Котегов Б.Г., Султан-Галиева Г.М. Влияние теплового воздействия Кармановской ГРЭС на показатели флуктуирующей асимметрии у особей озерной лягушки (*Rana ridibunda*) // Вестник КИГИТ. 2012. № 5 (23). С. 49-55.
14. Краснова Е.С., Уманская М.В., Горбунов М.Ю. Физико-химическая характеристика сульфидных озер и источников Северо-Востока Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2008. Т. 10. №. 2. С. 488-498.
15. Кузовенко А.Е., Файзулин А.И. Состояние охраны земноводных (Amphibia) особо охраняемых природных территорий регионального значения Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023 Т. 25. № 5(115). С. 44-51.
16. Кузьмин С.Л. Земноводные бывшего СССР (2-е изд.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 370 с.
17. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с
18. Пескова Т.Ю., Жукова Т.И. Использование земноводных для биоиндикации загрязнения водоемов // Наука Кубани. 2007. № 2. С. 22-25.
19. Путинцева А.А. Оценка уровня флуктуирующей асимметрии у озерной лягушки (*Rana ridibunda*) водоемов Воронежской области // Академическая публицистика. 2018. № 10. С. 8-12.
20. Романова Е.Б., Волкова О.В., Тихонова М.И. Оценка состояния популяций зеленых лягушек рода *Rana* по комплексу показателей гомеостаза // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 2-2. С. 119-124.
21. Сизова Е.А., Романова А.П., Умрихина В.В. Использование флуктуирующей асимметрии *Alburnus alburnus* и *Rana ridibunda* для оценки качества водной среды // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 8(208). С. 76-79.
22. Спирина Е.В. Оценка стабильности развития в популяциях *Rana ridibunda* Pall. в Ульяновской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2 (26). С. 171-173.
23. Ткаченко К.С., Таразанов В.В. Экосистема Голубого озера как пример карстового серного водоема с изолированной биотой // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1-1. С. 140-145.
24. Устюжанина О.А., Стрельцов А.Б. Сравнительный анализ морфологической изменчивости и стабильности развития на популяционном уровне // Проблемы региональной экологии. 2014. № 1. С. 250-253.
25. Файзулин А.И. Эколого-фаунистический анализ земноводных Среднего Поволжья и проблемы их охраны автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук. Тольятти, 2004. 20 с.
26. Файзулин А.И. Амфибии реки Сок и ее притоков: видовой состав, состояние популяций, трофические связи // Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / ред. Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра, 2011. С. 185-188.
27. Файзулин А.И., Чихляев И.В., Кузовенко А.Е. Амфибии Самарской области. Тольятти: Кассандра, 2013. 140 с.
28. Файзулин А.И. Анализ флуктуирующей асимметрии озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* побережья Куйбышевского водохранилища и притоков в границах Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. Т. 26. № 5(121). С. 40-45.
29. Хасанова, А. Д. Биоиндикационная оценка водной среды с использованием земноводных / А. Д. Хасанова // Студенческий. 2020. № 36-1 (122). С. 79-83.
30. Чикин Ю.А. Мониторинг состояния популяций жаб по гомеостазу развития // Труды заповедников Узбекистана. Вып. 3. Ташкент, 2001. С.138-146
31. Чубинишвили А.Т. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе Средней Волги // Экология. 1998. № 1. С. 71-74.
32. Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып. 3 / Отв. ред. Т.Д. Зинченко и Г.С. Розенберг. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1997. 342 с.
33. Dönmez M., Şişman T. The morphometric and erythrometric analyses of *Pelophylax ridibundus* living in anthropogenic pollution resources // Turk. J. Zool. 2021. V. 45. N. 4. P. 314-328.
34. Chubinishvili A.T. The status of natural populations of the *Rana esculenta*-complex in response to anthropogenic influences: a morphogenetic approach // Advances in Amphibian Research in the Former Soviet Union. (PENSOFT Publishers, Sofia -Moscow). 1997. Vol. 2. P. 117-124.
35. Litvinchuk S.N., Skorinov D.V., Ivanov A.Yu., Ermakov O.A. Detection of Glacial Refugia and Post-Glacial Colonization Routes of Morphologically Cryptic Marsh Frog Species (Anura: Ranidae: Pelophylax) Using Environmental Niche Modeling // Diversity. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 94. <https://doi.org/10.3390/d16020094>
36. Plötner J., Uzzell T., Beerli P., Spolsky C., Ohst T., Litvinchuk S. N., Guex G.-D., Reyer H.-U., Hotz H. Widespread unidirectional transfer of mitochondrial DNA: a case in western Palaearctic water frogs. Journal of Evolutionary Biology. Vol. 21. No 3. P. 668-681. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2008.01527.x
37. Rowe L., Repasky R.R., Palmer A.R. Size-dependent asymmetry: Fluctuating asymmetry versus antisymmetry and its relevance to condition-dependent signaling // Evolution (USA). 1997. Vol. 51. No 5. P. 1401-1408.

38. Swaddle J.P., Witter M.S. On the ontogeny of developmental stability in a stabilized trait // Proc. Roy. Soc. London. B. 1997. Vol. 264. No 1380. P. 329-334.
39. Zakharov V.M., Trofimov I.E. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress. // Emerging Topics in Life Sciences. 2022. Vol. 6, No. 3. P. 295-301. DOI 10.1042/ETLS20210274.
40. Zamaletdinov R., Svinin A., Fayzulin A., Ermakov O., Mikhaylova R., Litvinchuk S. Age Structure of Water Frogs of the Genus *Pelophylax* in the Middle Volga River Region (European Russia) // Animals. 2025. Vol. 15. P. 1273. <https://doi.org/10.3390/ani15091273>
41. Zhelev Z.M., Popgeorgiev G.S., Tsonev S.V. Fluctuating Asymmetry in *Pelophylax ridibundus* (Anura: Ranidae) and *Bufotes viridis* (Anura: Bufonidae) meristic morphological traits as indicators of ecological stress and a method for assessing environmental quality of their habitats-9 years monitoring in Bulgaria: systematic review // Ecologia Balkanica. 2021. Vol. 13. No 2. 2021. Vol. 13. No 2. P. 257-287.
42. Zhelev Z., Tsonev S., Boyadzhiev P. Using of fluctuating asymmetry in adult *Pelophylax ridibundus* (Amphibia: Anura: Ranidae) meristic traits as a method for assessing developmental stability of population and environmental quality of their habitat: industrial area in southern Bulgaria // Turkish Journal of Zoology. 2022. Vol. 46. No 2. P. 220-227.
43. Zhelev Z., Mollov I., Tsonev S. Application of Fluctuating Asymmetry Values in *Pelophylax ridibundus* (Amphibia: Anura: Ranidae) Meristic Traits as a Method for Assessing Environmental Quality of Areas with Different Degrees of Urbanization // Diversity 2023. V. 15. No. 1. P. 118.

ANALYSIS OF THE FLUTUATING ASYMMETRY OF THE LAKE FROG *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* OF THE COASTAL RESERVOIR OF THE SARATOV RESERVOIR AND TRIBUTARIES WITHIN

© 2025 A.I. Fayzulin

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Institute of Ecology of Volga River Basin RAS, Togliatti, Russia

For the first time, the morphogenetic homeostasis of the lake frog *Pelophylax ridibundus* populations in the catchment area of the tributaries of the Saratov Reservoir in the Samara, Orenburg, and Saratov regions has been studied. It has been established that the highest level of developmental instability is observed in the coastal shallow waters of the islands of the Saratov Reservoir (V points), followed by (IV-II) in the bays and channels. The lowest (I grade) is in the upper reaches of the rivers, in the dammed sections of small tributaries, and in floodplain reservoirs that are remote from the riverbed. The high level of morpho-homeostasis disruption (IV grade) is observed in the Black Lake, which may be related to its high mineralization and natural sources of hydrogen sulfide (the Shungut River).

Keywords: morphogenetic homeostasis, fluctuating asymmetry, population status, lake frog, Saratov Reservoir, anthropogenic impacts.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-280-288

EDN: PFYZPP

REFERENCES

1. Bannikov A.G., Darevsky I.S., Ishchenko V.G., Rustamov A.K., Shcherbak N.N. Determinant of amphibians and reptiles of the fauna of the USSR. Moscow: Prosveshchenie, 1977. 414 p.
2. Borkin L.Ya. The order tailless – amphibian class, or amphibians – Amphibia // Ananyeva N.B., Borkin L.Ya., Darevsky I.S., Orlov N.L. Amphibians and reptiles. Encyclopedia of the Nature of Russia. Moscow: AFB, 1998. pp. 19-174.
3. Burlutkin A.V., Zhdokova M.K. Fluctuating asymmetry as a way to assess the state of the environment in Elista // Problems of conservation and rational use of biodiversity in the Caspian Sea and adjacent regions : Proceedings of the 4th international correspondence scientific conference, Elista, April 01-02, 2006. Kalmyk State University. – Elista: Kalmyk State University, 2006. pp. 143-146.
4. Verkhoshentseva Yu.P., Alyokhina G.P., Shamraev A.V., Hardikova S.V. Assessment of the ecological state of the Ural River by the method of fluctuating asymmetry // AgroEcoInfo. 2023. № 5 (59).
5. Zhelev J.M. Bioindication assessment of the state of two biotopes in Southern Bulgaria based on the fluctuating asymmetry and phenetic composition of populations of lake frog *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura, Amphibia, Ranidae) and red-bellied frog *Bombina orientalis* Linnaeus, 1761 (Amphibia, Anura, Discoglossidae) in a syntopic habitat // Perspectives of science. 2011a. No. 7 (22). pp. 7-18.
6. Zhelev J.M. Indicators of fluctuating asymmetry of the green toad (*Bufo viridis* Laurenti, 1768) in sympatric and syntopic habitat with the lake frog (*Rana ridibunda* Pallas, 1771) in areas of Southern Bulgaria with varying degrees of anthropogenic pollution // Topical issues of ecology and nature protection of ecosystems of the southern regions of Russia and adjacent territories: Proceedings of the XXIV Inter-Republican Scientific and Practical Conference with international participation Krasnodar. Scientific publication, Krasnodar: Kuban State University, 2011b. pp. 51-58.
7. Zamaletdinov R.I. Ecology of amphibians in a large city (on the example of Kazan). Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / Kazan State University. Kazan, 2003. 20 p.

8. Zakharov V.M. Asymmetry of morphological structures of animals as an indicator of minor changes in the state of the environment // Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling. 1981. pp.115-123.
9. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.T. Environmental health: assessment methodology and practice. Moscow: Center for Environmental Policy of Russia, 2000. 68 p.
10. Zakharov V.M., Krysanov E.Yu., Pronin A.V., Trofimov I.E. Study of developmental homeostasis in natural populations. The concept of environmental health: methodology and practice of assessment // Ontogenesis. 2017. Vol. 48, No. 6. pp. 418-432.
11. Kalaev V.N., Ignatova I.V., Eprintsev S.A., Dmitriev D.A., Preobrazhensky A.P., Lvovich I.Ya. Assessment of the environmental condition in the area of the Pavlovsky mining and processing plant using the level of fluctuating asymmetry in pond frog (*Rana lessonae* Camerano) and hanging birch (*Betula pendula* Roth) // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2017. No. 1(20). pp. 14-21.
12. Karoza S.E. Assessment of anthropogenic impact on the reservoirs of Brest by the degree of fluctuating asymmetry of tailless amphibians // Ecological culture and environmental protection: II Dorotheev Readings. Materials of the international scientific and practical conference. Vitebsk State University; Executive editor I.M. Prishchepa. 2016. pp. 192-194.
13. Kotegov B.G., Sultan-Galieva G.M. The influence of the thermal effect of Karmanovskaya GRES on the indicators of fluctuating asymmetry in individuals of the lake frog (*Rana ridibunda*) // Bulletin of KIGIT. 2012. № 5 (23). pp. 49-55.
14. Krasnova E.S., Umanskaya M.V., Gorbunov M.Yu. Physico-chemical characteristics of sulfide lakes and springs in the North-East of the Samara region // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2008. Vol. 10, No. 2. Pp. 488-498.
15. Kuzovenko A.E., Fayzulin A.I. The state of conservation of amphibians (Amphibia) of specially protected natural territories of regional importance in the Samara region // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2023 Vol. 25. No. 5(115). pp. 44-51.
16. Kuzmin S.L. Amphibians of the former USSR (2nd ed.). Moscow: Association of Scientific Publications of the KMC, 2012. 370 p.
17. Lakin G.F. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1990. 352 p.
18. Peskova T.Yu., Zhukova T.I. The use of amphibians for bioindication of pollution of reservoirs // Science of Kuban. 2007. No. 2. pp. 22-25.
19. Putintseva A.A. Assessment of the level of fluctuating asymmetry in the lake frog (*Rana ridibunda*) reservoirs of the Voronezh region // Academic journalism. 2018. No. 10. pp. 8-12.
20. Romanova E.B., Volkova O.V., Tikhonova M.I. Assessment of the state of populations of green frogs of the genus *Rana* by a set of indicators of homeostasis // Bulletin of the Nizhny Novgorod Lobachevsky University. 2011. No. 2-2. pp. 119-124.
21. Sizova E.A., Romanova A.P., Umrikhina V.V. Using fluctuating asymmetry of *Alburnus alburnus* and *Rana ridibunda* to assess the quality of the aquatic environment // Bulletin of Orenburg State University. 2017. No. 8(208). pp. 76-79.
22. Spirina E.V. Assessment of developmental stability in populations of *Rana ridibunda* Pall. in the Ulyanovsk region // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2010. No. 2 (26). pp. 171-173.
23. Tkachenko K.S., Tarazanov V.V. The ecosystem of the Blue Lake as an example of a karst sulfur reservoir with isolated biota // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2009. Vol. 11, No. 1-1, Pp. 140-145.
24. Ustyuzhanina O.A., Streltsov A.B. Comparative analysis of morphological variability and developmental stability at the population level // Problems of regional ecology. 2014. No. 1. pp. 250-253.
25. Fayzulin A.I. Ecological and faunal analysis of amphibians of the Middle Volga region and problems of their protection abstract of the thesis for the degree of Candidate of biological Sciences / Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences. Tolyatti, 2004. 20 p.
26. Fayzulin A.I. Amphibians of the Sok River and its tributaries: species composition, population status, trophic relationships // Features of freshwater ecosystems of small rivers of the Volga basin / ed. by G. S. Rosenberg, T. D. Zinchenko. Togliatti: Cassandra, 2011. pp. 185-188.
27. Fayzulin A.I., Chikhlyayev I.V., Kuzovenko A.E. Amphibians of the Samara region. Togliatti: Cassandra, 2013. 140 p.
28. Fayzulin A.I. Analysis of the fluctuating asymmetry of the lake frog *Pelophylax ridibundus* of the coast of the Kuibyshev reservoir and tributaries within the boundaries of the Samara region // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2024. Vol. 26, No. 5(121). pp. 40-45.
29. Khasanova A.D. Bioindication assessment of the aquatic environment using amphibians / A.D. Khasanova // Student's. 2020. No. 36-1 (122). pp. 79-83.
30. Chikin Yu.A. Monitoring of toad populations by developmental homeostasis // Proceedings of nature reserves of Uzbekistan. Issue 3. Tashkent, 2001. pp.138-146
31. Chubinishvili A.T. Developmental homeostasis in populations of the lake frog (*Rana ridibunda* Pall.) living in conditions of chemical pollution in the Middle Volga region // Ecology. 1998. No. 1. pp. 71-74.
32. Ecological state of the Chapayevka river basin under anthropogenic impact (Biological indication). Environmental safety and sustainable development of the Samara region. Issue 3 / Ed. by T.D. Zinchenko and G.S. Rosenberg. Togliatti: IEVB RAS, 1997. 342 p.
33. Dönmez M., Şişman T. The morphometric and erythrometric analyses of *Pelophylax ridibundus* living in anthropogenic pollution resources // Turk. J. Zool. 2021. V. 45. N. 4. P. 314-328.
34. Chubinishvili A.T. The status of natural populations of the *Rana esculenta*-complex in response to anthropogenic influences: a morphogenetic approach // Advances in Amphibian Research in the Former Soviet Union. (PENSOFT Publishers, Sofia -Moscow). 1997. Vol. 2. P. 117-124.

35. Litvinchuk S.N., Skorinov D.V., Ivanov A.Yu., Ermakov O.A. Detection of Glacial Refugia and Post-Glacial Colonization Routes of Morphologically Cryptic Marsh Frog Species (Anura: Ranidae: Pelophylax) Using Environmental Niche Modeling // *Diversity*. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 94. <https://doi.org/10.3390/d16020094>.
36. Plötner J., Uzzell T., Beerli P., Spolsky C., Ohst T., Litvinchuk S. N., Guex G.-D., Reyer H.-U., Hotz H. Widespread unidirectional transfer of mitochondrial DNA: a case in western Palaearctic water frogs. *Journal of Evolutionary Biology*. Vol. 21, No 3. P. 668-681. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2008.01527.x
37. Rowe L., Repasky R.R., Palmer A.R. Size-dependent asymmetry: Fluctuating asymmetry versus antisymmetry and its relevance to condition-dependent signaling // *Evolution (USA)*. 1997. Vol. 51. No 5. P. 1401-1408.
38. Swaddle J.P., Witter M.S. On the ontogeny of developmental stability in a stabilized trait // *Proc. Roy. Soc. London. B*. 1997. Vol. 264, No 1380. P. 329-334.
39. Zakharov V.M., Trofimov I.E. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress. // *Emerging Topics in Life Sciences*. 2022. Vol. 6. No. 3. P. 295-301. DOI 10.1042/ETLS20210274.
40. Zamaletdinov R., Svinin A., Fayzulin A., Ermakov O., Mikhaylova R., Litvinchuk S. Age Structure of Water Frogs of the Genus *Pelophylax* in the Middle Volga River Region (European Russia) // *Animals* 2025, Vol. 15. P. 1273. <https://doi.org/10.3390/ani15091273>
41. Zhelev Z.M., Popgeorgiev G.S., Tsonev S.V. Fluctuating Asymmetry in *Pelophylax ridibundus* (Anura: Ranidae) and *Bufo viridis* (Anura: Bufonidae) meristic morphological traits as indicators of ecological stress and a method for assessing environmental quality of their habitats-9 years monitoring in Bulgaria: systematic review // *Ecologia Balkanica*. 2021. Vol. 13. No 2. 2021. Vol. 13. No 2. P. 257-287.
42. Zhelev Z., Tsonev S., Boyadzhiev P. Using of fluctuating asymmetry in adult *Pelophylax ridibundus* (Amphibia: Anura: Ranidae) meristic traits as a method for assessing developmental stability of population and environmental quality of their habitat: industrial area in southern Bulgaria // *Turkish Journal of Zoology*. 2022. Vol. 46. No 2. P. 220-227.
43. Zhelev Z., Mollov I., Tsonev S.. Application of Fluctuating Asymmetry Values in *Pelophylax ridibundus* (Amphibia: Anura: Ranidae) Meristic Traits as a Method for Assessing Environmental Quality of Areas with Different Degrees of Urbanization // *Diversity* 2023. V. 15. No. 1. P. 118.