

ВИКОРИСТАННЯ *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS* У БІОІНДИКАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

О.П. Корж, В.Ю. Задорожня, В.В. Мосейко

Запорізький національний університет, кафедра загальної та прикладної екології і зоології,
e-mail: 312922@rambler.ru

Встановлено наявність суттєвих відмінностей за дослідженими морфометричними та морфологічними характеристиками популяцій *P. ridibundus* із різним ступенем урбанізації середовища їхнього існування, що дозволяє рекомендувати цей вид для здійснення біоіндикаційних досліджень. Вивчені показники асиметрії для одних і тих же популяцій надають різну оцінку стану довкілля: від умовної норми до критичного стану, через що їх використання є обмеженим. Морфометричні параметри амфібій досліджених популяцій виявилися достовірно відмінними. При цьому, вони залежать від віку тварин і не завжди можуть свідчити про стан довкілля. Морфологічні показники внутрішніх органів показують, що в урбанізованих умовах відбувається активізація компенсаторних механізмів, спрямованих на підтримання гомеостазу організму. Сукупність морфологічних показників варто використовувати для біоіндикації водних об'єктів, оскільки це найбільш повно відображає їх стан.

Ключові слова: *Pelophylax ridibundus*, морфометричні параметри, морфологічні параметри, біоіндикація, урбанізація, асиметрія, стан довкілля.

Korzh A.P., Zadorozhnyaya V.Y., Moseyko V.V. Use *Pelophylax ridibundus* in bioindication researches. *The presence of essential differences for investigated morphometric and morphophysiological characteristics of *P. ridibundus* populations with different degrees of an urbanization of their environment is established which allows to recommend this kind for realisation of bioindicative researches. The studied indicators of asymmetry for the same populations give a different estimation of environment condition: from conditional norm to a critical condition, that is why their usage is limited. Morphometric parameters of amphibians investigated populations have appeared authentically excellent. Thus, they depend on age of animals and not always can testify to an environment condition. Morphophysiological indicators of internal show, that in urbanized conditions there is an activation of compensatory mechanisms directed on maintenance of organism homeostasis. Morphophysiological indices population should be used at bioindication of water objects as it most full displays their condition.*

Key words: *Pelophylax ridibundus*, morphometric parameters, morphophysiological parameters, bioindication, urbanization, asymmetry, environment condition.

Вступ

Перспективним об'єктом біоіндикаційних досліджень вважаються безхвості амфібії, які достатньо поширені та доступні для безпосередніх спостережень [1 – 4 та ін.]. Тривалість життя амфібій упродовж 4 – 7 років надає можливість вивчити вплив на організм антропогенних факторів у часі [1]. Саме ці тварини можуть слугувати індикаторами стану відповідних місцевостей завдяки їх високій чутливості до антропогенних змін [5].

На території України поширеним представником зелених жаб є *Pelophylax ridibundus* Pall., 1771 (синонім *Rana ridibunda*) – фоновий вид, який долинами великих річок проникає на південь степової зони [6]. Незважаючи на значне поширення виду, в урбанізованих районах з'являються додаткові фактори, що збільшують ризик вимирання тварин [7]. Тому особливої актуальності набуває оцінка популяцій озерної жаби в умовах із різним ступенем перетворення середовища існування.

Встановлено, що озерна жаба, завдяки кращій пристосованості до антропогенних впливів, може витіснити інші види земноводних або негативно впливати на процеси їхнього відтворення [8; 9 та ін.]. Чисельність популяцій озерної жаби залежить від забруднення довкілля: в екологічно чистих водотоках чисельність цього виду є достовірно вищою, ніж у забруднених [3].

В умовах Середнього Поволжя для озерної жаби показано, що антропогенна трансформація місць існування викликає порушення статевої структури її популяцій. Переважання самиць спостерігається за рахунок підвищеної загибелі самців у дорепродуктивний період, у той час як у самиць підвищена загибель спостерігається в репродуктивному періоді [4].

Зазначається, що в умовах урбанізації відбувається зміна поліморфних ознак у популяціях, але її спрямованість може бути різною в залежності від типу антропогенного впливу [10]. Таким чином, внутрішньопопуляційна структура *P. ridibundus* та деякі інші характеристики можуть використовуватися для біоіндикаційних досліджень стану певних територій. У той же час, подібні показники мають переважно місцевий характер, через що отримані дані неможна екстраполювати на нові території без проведення відповідних досліджень.

Метою роботи було визначити морфометричні та морфофізіологічні параметри жаб, які населяють середовища із різним ступенем урбогенного навантаження задля оцінки можливості використання цього виду в біоіндикаційних дослідженнях.

Матеріали й методи

Дослідження проводили в червні – вересні 2012 року на території двох біотопів: р. Капустянка (м. Запоріжжя) – розташованої в центрі міста, до якої надходять стоки заводу Запоріжсталь, і р. Конка (с. Приморське, Запорізька область).

Об'єктом дослідження була озерна жаба *Pelophylax ridibundus*. Жаб відловлювали ручним способом і доставляли в лабораторію біологічного факультету Запорізького національного університету. У лабораторних умовах визначали морфометричні показники й здійснювали забір органів для морфофізіологічного аналізу за загальноприйнятими методиками [11].

При аналізі морфометричних показників враховували: масу і довжину тіла, довжину голови, плеча, передпліччя, стегна, гомілки, довжину найдовшого пальця на передній і задній кінцівках. Ступінь пропорційності тіла оцінювали за співвідношенням довжини голови до довжини тіла. Рівень флуктуючої асиметрії розраховували за наступними показниками: середня частота асиметричного прояву на ознаку (співвідношення кількості асиметричних проявів на особину відносно кількості проаналізованих ознак) [12]; середня кількість випадків асиметрії на особину (відношення кількості випадків асиметрії у вибірці до кількості особин); частка асиметричних особин за всіма ознаками (кількість асиметричних жаб відносно обсягу вибірки, %) [13]; розраховували інтегральний показник флуктуючої асиметрії (ІПФА) (середнє значення для всіх показників флуктуючої асиметрії у вибірці) [14]. Оцінку морфофізіологічних параметрів здійснювали за індексами серця, нирок, печінки, селезінки, які розраховували як відношення маси органа до маси тіла, виражене в промілі [11].

Статистичну обробку отриманих даних виконували за допомогою методів описової статистики (розрахунок середнього арифметичного, похибки, стандартного відхилення), а також застосовували метод головних компонент. Для порівняльного аналізу відмінностей між групами даних різних вибірок використовували непараметричний критерій Пірсона і ранговий критерій Спірмена. Всі розрахунки проводили з використанням пакета прикладних програм STATSYICA 10.

Результати та обговорення

Проведені дослідження показали, що відмінності за більшістю морфометричних показників жаб в р. Капустянка та с. Приморське виявилися достовірними (табл. 1). Найімовірніше це зумовлено різним віком тварин або відмінностями впливу на них екологічних факторів.

Таблиця 1. Морфометричні показники *Pelophylax ridibundus* досліджених біотопів

Біотопи		м. Запоріжжя (n = 20)	с. Приморське (n = 24)
Показники			
Маса тіла, г		52,47 ± 5,25***	83,52 ± 6,70
Довжина тіла, мм		76,60 ± 3,19**	90,96 ± 3,92
Довжина голови, мм		27,20 ± 1,39***	35,08 ± 1,08
Ступінь пропорційності тіла		0,58 ± 0,04	0,48 ± 0,04
Довжина плеча, мм	R	14,95 ± 0,66	15,60 ± 0,57
	L	14,90 ± 0,71	15,90 ± 0,56
Довжина передпліччя, мм	R	15,10 ± 0,57*	17,13 ± 0,74
	L	15,60 ± 0,65	17,39 ± 0,65
Довжина стегна, мм	R	35,80 ± 1,44*	40,91 ± 1,25
	L	35,00 ± 1,56*	40,78 ± 1,22
Довжина гомілки, мм	R	37,55 ± 1,49*	45,26 ± 1,41
	L	37,50 ± 1,48*	44,96 ± 1,4
Довжина середнього пальця на верхній кінцівці, мм	R	14,15 ± 0,50***	22,26 ± 0,53
	L	14,2 ± 0,47***	22,18 ± 0,58
Довжина середнього пальця на нижній кінцівці, мм	R	36,00 ± 1,43***	47,43 ± 1,26
	L	34,95 ± 1,3***	47,13 ± 1,23
Середня частота асиметричного прояву на ознаку		0,82±0,07	0,43±0,08
Середня частота асиметричного прояву на особину		0,84 ± 0,03	0,42 ± 0,05
Частка асиметричних особин за всіма ознаками, %		100	95,65
ІПФА		0,040	0,022

Примітки: * - P < 0,05; ** - P < 0,01; *** - P < 0,001.

Коефіцієнти варіації для маси тіла, довжини тіла й голови знаходилися в межах 14,7 – 44,7%. При цьому, варіативність за більшістю ознак виявилася вищою в особин міської популяції.

Коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена (табл. 2) показали високу позитивну достовірну залежність між масою та довжиною тіла, а також недостовірну негативну – між довжиною та ступенем пропорційності тіла в обох районах досліджень.

Аналіз показників флуктуючої асиметрії жаб із районів дослідження (див. табл. 1) показав наступне. За середньою частотою асиметричного прояву на ознаку та на особину в жаб із р. Капустянка стан середовища слід визначити як критичний (V бал), а в с. Приморське – як відносну норму (I бал). Частка асиметричних особин за всіма ознаками вказує на несприятливий стан середовища існування в обох районах дослідження. У той же час, аналіз ППФА свідчить про відносну норму в обох випадках (I бал) [14].

Таким чином, використання морфометричних показників і асиметричних характеристик особин не завжди дозволяє отримати адекватну інформацію про стан популяцій. Більше того, інтерпретація цих даних для оцінки якості середовища існування виявляється ще менш адекватною і вкрай суперечливою.

Таблиця 2. Кореляційна залежність морфофізіологічних показників жаби озерної

Біотопи		м. Запоріжжя	с. Приморське
Кореляція між: довжиною тіла та вагою	Пірсона	0,888; P<0,001	0,806; P<0,001
	Спірмена	0,912; P<0,001	0,947; P<0,001
довжиною тіла та довжиною голови	Пірсона	0,631; P=0,01	0,475; P=0,05
	Спірмена	0,635; P=0,01	0,438; P=0,05
довжиною тіла та ступе-нем пропорційності тіла	Пірсона	-0,851; P>0,05	-0,732; P>0,05
	Спірмена	-0,836; P>0,05	-0,932; P>0,05
довжиною тіла та довжиною середнього пальця верхньої кінцівки	Пірсона	0,600; P=0,01	0,446; P=0,05
	Спірмена	0,592; P=0,01	0,522; P=0,05
довжиною тіла та довжиною середнього пальця нижньої кінцівки	Пірсона	0,519; P=0,05	0,554; P=0,01
	Спірмена	0,508; P=0,05	0,723; P<0,001

При подальшому дослідженні морфофізіологічних параметрів жаб із різних біотопів нами були виявлені достовірні відмінності за деякими показниками (табл. 3).

Таблиця 3. Морфофізіологічні показники *Pelophylax ridibundus* досліджених біотопів.

Біотопи	м. Запоріжжя (n = 20)	с. Приморське (n = 24)
Показники		
Маса серця, г	0,146±0,017	0,179±0,015
Індекс серця, ‰	2,763±0,106***	2,166±0,125
Маса нирок, г	0,194±0,016*	0,246±0,015
Індекс нирок, ‰	3,840±0,140**	3,143±0,174
Маса печінки, г	1,390±0,180**	2,195±0,209
Індекс печінки, ‰	25,625±1,752	26,034±1,646
Маса селезінки, г	0,067±0,011	0,091±0,010
Індекс селезінки, ‰	1,170±0,131	1,256±0,185

Примітки: * - P < 0,05; ** - P < 0,01; *** - P < 0,001.

Так, у жаб із с. Приморське маса серця (не вірогідно) та нирок (вірогідно) була більшою порівняно з особинами міської популяції, проте їх індекси на урбанізованій території виявилися вірогідно вищими. На наш погляд, це може бути пов'язане з активізацією метаболічних процесів у організмі амфібій в умовах антропогенного навантаження та наявності великих концентрацій важких металів у воді р. Капустянка [15]. При цьому, індекси печінки й селезінки у жаб з обох районів дослідження не мають вірогідних відмінностей, що може свідчити про практично однакове навантаження на ці органи.

Коефіцієнти варіації для маси тіла, органів та їх морфофізіологічних індексів коливалися в межах 16,3 – 75,2%. При цьому, мінливість маси органів виявилися значно більшою в умовах урбанізованого середовища, у той час як варіативність індексів органів – у сільській місцевості.

Встановлено наявність високого позитивного корелятивного зв'язку між масою тіла та серця, нирок і печінки в обох районах дослідження (табл. 4). Також високий корелятивний зв'язок між масою тіла та масою селезінки спостерігався в особин із урбанізованої території, на відміну від жаб із сільської популяції.

При цьому, кореляційний зв'язок між вагою тіла та індексом селезінки в жаб із р. Капустянка мав позитивну середню залежність, а в с. Приморське – середню негативну.

Загально визнаним є, що печінка, селезінка та нирки в організмі амфібій виконують функції детоксикації й кровотворення, тому зміни показників цих органів можуть свідчити про відчутне токсикологічне навантаження на амфібій урбанізованих територій. Зміни показників серця свідчать про значне фізичне навантаження на організм жаб внаслідок антропогенного перетворення середовища [3].

Таблиця 4. Кореляційна залежність морфофізіологічних показників озерної жаби

Кореляція між:	Біотопи		м. Запоріжжя	с. Приморське
	Пірсона	Спірмена		
вагою тіла та вагою серця	Пірсона	Спірмена	0.945; P<0,001	0.777; P<0,001
	Спірмена	Пірсона	0.952; P<0,001	0.882; P<0,001
вагою тіла та індексом серця	Пірсона	Спірмена	0.075; P>0,05	-0.158; P>0,05
	Спірмена	Пірсона	0.064; P>0,05	-0.352; P>0,05
вагою тіла та вагою нирок	Пірсона	Спірмена	0.908; P<0,001	0.843; P<0,001
	Спірмена	Пірсона	0.846; P<0,001	0.770; P<0,001
вагою тіла та індексом нирок	Пірсона	Спірмена	-0.505; P>0,05	-0.690; P>0,05
	Спірмена	Пірсона	-0.478; P>0,05	-0.655; P>0,05
вагою тіла та вагою печінки	Пірсона	Спірмена	0.843; P<0,001	0.870; P<0,001
	Спірмена	Пірсона	0.885; P<0,001	0.880; P<0,001
вагою тіла та індексом печінки	Пірсона	Спірмена	0.258; P>0,05	0.028; P>0,05
	Спірмена	Пірсона	0.448; P=0,05	0.060; P>0,05
вагою тіла та вагою селезінки	Пірсона	Спірмена	0.809; P<0,001	0.132; P>0,05
	Спірмена	Пірсона	0.856; P<0,001	0.147; P>0,05
вагою тіла та індексом селезінки	Пірсона	Спірмена	0.457; P=0,05	-0.489; P>0,05
	Спірмена	Пірсона	0.500; P=0,05	-0.474; P>0,05

Встановлено, що найбільший зв'язок серед досліджених параметрів властивий району досліджень, статі тварин та характеристиками їхніх внутрішніх органів (рис. 1). Найбільш віддаленими є довжина та вага тіла, що свідчить про непридатність їх використання для оцінки стану навколишнього середовища.

Ці узагальнення підтверджує й аналіз вивчених ознак із використанням головних компонент. Найбільш віддаленими від інших ознак, як у площині першої, так і другої компонент, виявилися саме індекси серця й нирок. Це вказує на найвищу інформативність вказаних ознак як індикаційних маркерів, порівняно з іншими аналізованими параметрами.

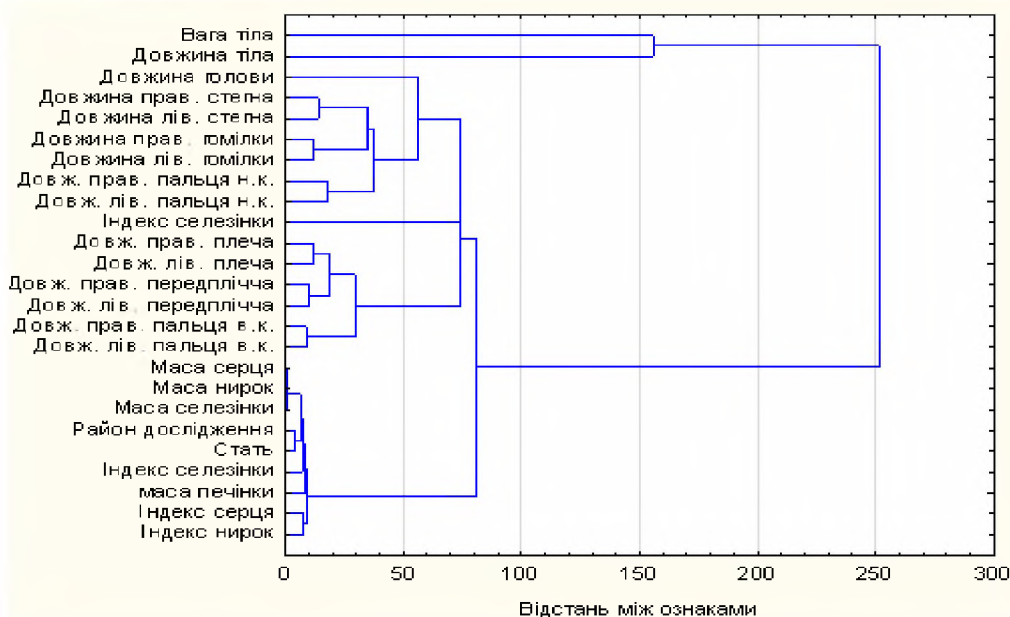


Рис. 1. Дендрограма взаємопов'язаності морфометричних та морфофізіологічних ознак жаб із районами досліджень та статтю тварин.

Таким чином, значну кореляцію показників внутрішніх органів можна розглядати як своєрідний компенсаторний механізм, спрямований на підтримку гомеостазу організму в умовах підвищеного

антропогенного навантаження. Тому морфофізіологічні показники *P. ridibundus* краще відображають загальний стан їх популяцій, порівняно з морфометричними ознаками.

Надалі передбачається розширити територію дослідження морфометричних та морфофізіологічних показників *Pelophylax ridibundus* у Запорізькому регіоні. Подальшою перспективою є також застосування гематологічних показників особин виду для оцінки стану довкілля.

Висновки

1. Встановлено наявність суттєвих відмінностей за дослідженими морфометричними та морфофізіологічними характеристиками популяцій *P. ridibundus* із різним ступенем урбанізації середовища їхнього існування, що дозволяє рекомендувати цей вид для здійснення біоіндикаційних досліджень.
2. Вивчені показники асиметрії для одних і тих самих популяцій дають різну оцінку стану довкілля: від умовної норми до критичного стану, через що їх використання є обмеженим.
3. Морфометричні параметри особин досліджених популяцій амфібій виявилися достовірно відмінними. При цьому, вони залежать від віку тварин і не завжди можуть свідчити про стан довкілля.
4. Морфофізіологічні показники внутрішніх органів показують, що в урбанізованих умовах відбувається активізація компенсаторних механізмів, спрямованих на підтримання гомеостазу організму.
5. Сукупність морфофізіологічних показників варто використовувати у біоіндикації водних об'єктів, оскільки вони найбільш повно відображують їх стан.

Література

1. Вершинин В.Л. Экологические особенности популяций амфибий урбанизированных территорий: автореф. дис. д.б.н. спец. 03.00.16 – экология / В.Л. Вершинин. – Екатеринбург, 1997. – 48 с.
2. Некрасова О.Д. Оцінка стану навколишнього середовища за допомогою видів-індикаторів на прикладі амфібій / О.Д. Некрасова // Сучасні проблеми біології, екології та хімії. Збірка матеріалів I Міжнародної конференції (29 березня – 01 квітня 2007 р). Запоріжжя.: вид-во ЗНУ, 2007. – С. 184 -186.
3. Спирина Е.В. Амфибии как биоиндикационная тест-система для экологической оценки водной среды обитания: автореферат дис. к.б.н. спец. 03.00.16 – экология / Е.В. Спирина. – Ульяновск, 2007. – 23 с.
4. Файзулин А.И. Земноводные как биоиндикаторы состояния окружающей среды в условиях среднего Поволжья: половозрастная структура популяций / А.И. Файзулин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Безопасность. Технологии. Управление», 2008. – Вып 9. – С. 271 – 274.
5. Вершинин В.Л. Амфибии как индикаторы состояния урбанизированных экосистем / В.Л. Вершинин // Материалы III международной научно-практической конференции «Урбоэкосистемы. Проблемы и перспективы развития». – Ишим, 2008. – С. 21-25.
6. Писанец Е.М. Фауна амфибий Украины: вопросы разнообразия и таксономии. Сообщение 2. бесхвостые амфибии (*Anura*) / Е.М. Писанец // Збірник праць зоологічного музею. – 2006. – №38. – С. 44 - 79.
7. Вершинин В.Л. Флуктуирующая асимметрия мерных признаков у остромордой лягушки: методические аспекты / В.Л. Вершинин, Э.А. Гилева, Н.В. Готов Н.В. // Экология 2007. – № 1. – С. 75 – 77.
8. Вершинин В.Л. Биота урбанизированных территорий / В.Л. Вершинин. – Екатеринбург, 2007. – 85 с.
9. Яковлев В.А. К экологии озерной лягушки на Алтае / В.А. Яковлев // Экология, 1990. – № 1. – С. 67 – 71.
10. Замалетдинов Р.И. Полиморфизм зелёных лягушек на урбанизированных территориях / Р.И. Замалетдинов, И.З. Хайрутдинов // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии. Сборник тезисов докладов VI Всероссийского популяционного семинара. Нижний Тагил (2 - 6 декабря 2002 г.). – Нижний Тагил, 2002 – С.68 - 69.
11. Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. // Тр. Института экологии растений и животных. – Свердловск, 1968. – 387 с.
12. Чубинишвили А.Т. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall), обитающих в условиях химического загрязнения в районе средней Волги / А.Т. Чубинишвили // Экология. 1998. №1. – С. 71 – 74.
13. Романов И.С. Флуктунрующая асимметрия серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока / И.С. Романов, М.Ю. Ковалев // Вопросы ихтиологии. – 2004. – Т. 44, № 1. – С. 109 – 117.
14. Здоровье среды: методика оценки / [В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
15. Савченко І.Г. Забруднення мулових відкладень малих річок м. Запоріжжя важкими металами / І.Г. Савченко, О.П. Корж // Вісник Запорізького національного університету. Серія біологічні науки. – 2010. - №1. – С. 121 – 125.

Стаття поступила до редакції 04.10.2012 р.; прийнята до друку 18.10.2012. р.