

ПАРАЗИТАРНЫЕ ИНВАЗИИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК СКЕЛЕТНЫХ АНОМАЛИЙ АМФИБИЙ

А. В. Буракова, В. Л. Вершинин

Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург)

PARASITIC INFESTATION AS A POTENTIAL SOURCE OF SKELETAL ANOMALIES IN AMPHIBIANS

A. V. Burakova, V. L. Vershinin

Institute of Plant & Animal ecology, Russian Academy of Science,
Ural division (Ekaterinburg)

The possibility of parasite's infestation influence on amphibian skeletal morphology, were evaluated using of infestation parameters. Parasitic cyst's localisation and infestation parameters were analyzed in the Urals and South-Eastern Trans-Urals regions in populations of 4 Anura species. The largest variability in cysts localization were mentioned in P. ridibundus. In R. arvalis populations an increase of infestations parameters were found along with urbanization gradient. The most frequent variants of cyst localization in the specimens from forest-park and low story building area are along the spine and in the cavity of the body. Due this the biggestt frequency of deviations in skeleton morphology were found in populations from these areas.

На основе показателей инвазированности оценивается возможность влияния паразитарной инвазии на скелетную морфологию амфибий. Анализируется локализация цист паразитов и инвазированность в популяциях 4 видов бесхвостых амфибий Урала и Юго-Восточного Зауралья. Наибольшая вариативность в локализации цист отмечена для P. ridibundus. В популяциях R. arvalis отмечено усиление показателей инвазированности в градиенте урбанизации. Наиболее распространенные варианты локализации цист у особей из лесопарковой зоны и зоны малоэтажной застройки – вдоль позвоночника и в полости тела, что обуславливает наибольшую частоту скелетных аномалий в популяциях этих зон.

Средовая компонента наряду с естественными причинами оказывает значительное влияние на ход онтогенеза и, как следствие, на морфогенез амфибий. Значительная часть исследований в этой области посвящена изучению изменчивости скелета, вызванной действием различного рода загрязнений [Вершинин, 1989; Замалетдинов, 2003; Спирина, 2009; Неустроева, Вершинин, 2011; Bionda, 2012].

Паразитарные системы играют значительную роль в формировании морфооблика амфибий. Возможность влияния паразитарной инвазии на морфологию скелета была отражена в работах зарубежных исследователей, таких как S. K. Sessions и S. B. Ruth (1990), P. T. J. Johnson et al. (1999, 2002), J. M. Kiesecker (2002), R. S. Rajakaguna et al. (2008). В России, в частности для Палеарктики, такая работа была проведена впервые В. Л. Вершининым и Н. С. Неустроевой на сеголетках *R. arvalis* [Неустроева, Вершинин, 2011]. В связи с этим целью работы является анализ зараженности животных цистами на территории Урала и Юго-Восточного Зауралья.

Материал и методы

Объектами исследования являлись: остромордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson, 1842); травяная лягушка (*Rana temporaria* Linnaeus, 1758); сибирская лягушка (*Rana amurensis* Boulenger, 1886); озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771). Сбор материала произведен в период с 2010 по 2013 год на территориях Курганской, Оренбургской, Челябинской и Свердловской областей. В работе были использованы данные по Екатеринбург, любезно предоставленные В. Л. Вершининым и Н. С. Неустроевой.

Исследование выполнено методом полного гельминтологического вскрытия [Ивашкин и др., 1971]. Всего обработано: *R. arvalis* – 1118 экз.; *R. temporaria* – 268; *R. amurensis* – 160; *P. ridibundus* – 201 экз. Видовую принадлежность гельминтов устанавливали по определителю К. М. Рыжикова с соавторами (1980) и В. Е. Сударикова с соавторами (2002). В качестве основных характеристик инвазированности использовались следующие показатели: экстенсивность и интенсивность инвазии, индекс обилия паразитов.

Проведен анализ зараженности *R. arvalis* цистами трематод в градиенте урбанизации (на примере Екатеринбурга). В работе использовалась типизация, разработанная В. Л. Вершининым для урбанизированных территорий [Вершинин, 1983].

Результаты и обсуждение

Исследуемые виды животных были инвазированы цистами, которые характеризовались определенной локализацией в организме хозяина. Обнаружены цисты: на желудке, кишечнике, сердце, под кожей (в мышцах), в хвостовой почке, вдоль позвоночного столба и в полости тела, а также в печени, почках, на легких и брыжейке. Наибольшим разнообразием по локализации цист характеризуется *P. ridibundus* с Южного Урала. Только у *R. arvalis* на Среднем Урале обнаружено скопление цист в хвостовой почке.

Не весь спектр локализаций цист может оказывать влияние на морфогенез амфибий. По данным В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой (2011) локализация цист в районе осевого посткраниального скелета (позвоночника и уростиля) в сочетании с антропогенной трансформацией местообитаний индуцируют аномалии этих структур. В связи с тем, что присутствие цист в зонах активного морфогенеза способствует формированию девиантных форм скелета, была изучена встречаемость различных вариантов локализации цист (вдоль позвоночного столба, в хвостовой почке и в полости тела) для трех аборигенных видов амфибий: *R. arvalis*, *R. temporaria*, *R. amurensis*.

Инвазированность цистами трематод с локализацией вдоль позвоночного столба и в полости тела значимо выше ($t = 6,04, p < 0,001$; $t = 17,48, p < 0,001$ и $t = 13,79, p < 0,001$; $t = 11,29, p < 0,001$) у *R. arvalis* со Среднего Урала в сравнении с Южным Уралом и Юго-Восточным Зауральем (рис. 1, а).

Индекс обилия с данными типами локализации также значимо выше у *R. arvalis* со Среднего Урала ($t = 7,2, p < 0,001$; $t = 7,3, p < 0,001$ и $t = 4,1, p < 0,001$; $t = 3,55, p < 0,001$) (рис. 1, б).

Исследованиями В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой (2011) показано, что самый широкий спектр аномалий отмечен у *R. arvalis*, где половина отклонений связана с осевым скелетом. Основное

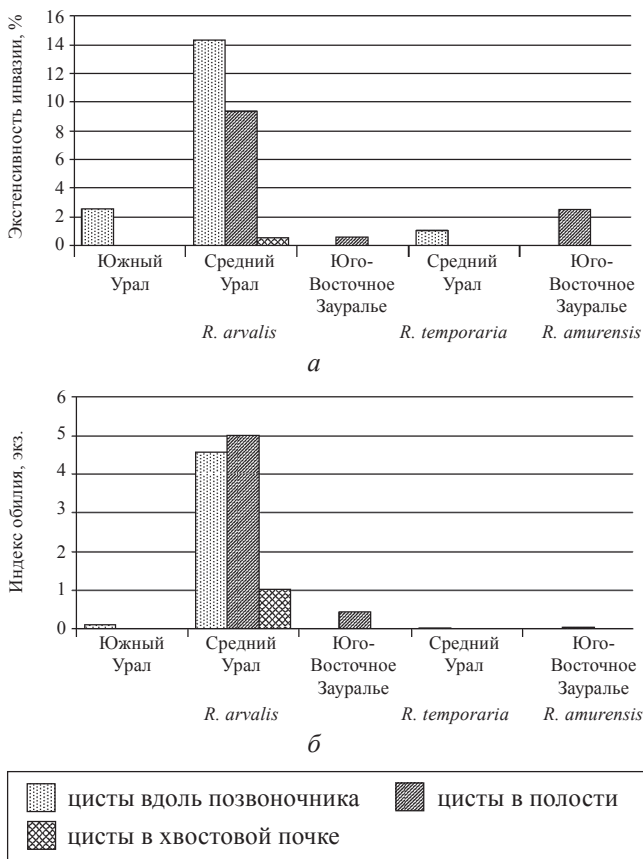


Рис. 1. Экстенсивность инвазии (а) и индекс обилия (б) для исследуемых видов амфибий с локализацией цист в полости, хвостовой почке и вдоль позвоночника

внимание на данном этапе работы было уделено *R. arvalis* как наиболее эвритопному, широко распространенному виду, с высокой частотой и наибольшим числом вариантов скелетных отклонений среди местных видов земноводных.

Показатели паразитарной инвазии для животных с локализацией цист вдоль позвоночного столба и в полости тела значительно больше в зоне малоэтажной застройки ($t = 3,91, p < 0,001$; $t = 3,21, p < 0,01$;

$t = 5,98, p < 0,001$ и $t = 4,9, p < 0,001$; $t = 4,97, p < 0,001$; $t = 5,85, p < 0,01$ соответственно) и в лесопарковой зоне ($t = 4,34, p < 0,001$). Зараженность на одну особь хозяина (интенсивность инвазии) для животных с локализацией цист в хвостовой почке достоверно выше ($t = 14,9, p < 0,05$) в III зоне (см. таблицу).

Показатели паразитарной инвазии цистами с локализацией в полости, вдоль позвоночника и в хвостовой почке у *R. arvalis* в зонах с разным уровнем урбанизации

Показатели зараженности/ локализация цист	II $n = 173$	III $n = 130$	IV $n = 358$	K $n = 244$
Цисты в полости				
Э. И	$8,09 \pm 0,92$	$21,53 \pm 2,54$ $1\bullet 3^{4\bullet}$	$8,1 \pm 1,01$	$5,73 \pm 1,05$
И. И / Lim(min-max)	$8,57 \pm 2,12$ (1-31)	$108,5 \pm 31,7$ $1\bullet 3^{4\bullet}$ (2-821)	$40,75 \pm 11,17$ 1^{4*} (2-290)	$14,5 \pm 4,1$ (1-50)
И. О	$0,69 \pm 0,24$	$23,36 \pm 7,79$ $1\bullet 3^{4\bullet}$	$3,30 \pm 1,06$ 3^{4*}	$0,83 \pm 0,31$
Цисты вдоль позвоночного столба				
Э. И	$12,72 \pm 1,79$ 4^*	$25,38 \pm 2,69$ $1\bullet 3^{4\bullet}$	$15,64 \pm 1,35$ 4^*	$7,78 \pm 1,21$
И. И / Lim(min-max)	$48,72 \pm 11,4$ 3^* (2-221)	$42,39 \pm 7,3$ 3^* (2-186)	$21,96 \pm 4,19$ (1-143)	$23,47 \pm 6,53$ (1-112)
И. О	$6,19 \pm 1,88$ 4^*	$10,76 \pm 2,44$ $3^{4\bullet}$	$3,43 \pm 0,77$	$1,82 \pm 0,63$
Цисты в хвостовой почке				
Э. И	–	$0,76 \pm 0,53$	$0,55 \pm 0,27$	$0,81 \pm 0,40$
И. И / Lim(min-max)	–	288 ± 0 4^* (0-288)	$197,5 \pm 92,5$ (105-290)	$116,5 \pm 11,5$ (105-128)
И. О	–	$2,21 \pm 2,21$	$1,10 \pm 0,86$	$0,95 \pm 0,67$

Примечание: II – зона многоэтажной застройки; III – зона малоэтажной застройки; IV – лесопарковая зона; K – загородная территория; n – объем выборки; Э. И – экстенсивность инвазии, %; И. И – интенсивность инвазии, экз./особь; И. О – индекс обилия, экз.; 1 – значимо выше в сравнении с зоной II; 2 – значимо выше в сравнении с зоной III; 3 – значимо выше в сравнении с зоной IV; 4 – значимо выше в сравнении с зоной K; \bullet – $p < 0,01$; \blacklozenge – $p < 0,001$; $*$ – $p < 0,05$.

В зонах с разным уровнем урбанизации отмечено изменение соотношения цист с разной локализацией в организме хозяина. Доля животных с локализацией цист в полости тела максимальна в зоне малоэтажной застройки. Доля животных с локализацией цист вдоль позвоночного столба и в хвостовой почке, напротив, выше у животных на загородной территории. Установлено, что в лесопарковой зоне городской агломерации практически в равной степени у *R. arvalis* обнаруживаются животные с цистами в полости и вдоль позвоночного столба (рис. 2, а). Показано, что наибольшие частоты встречаемости скелетных аномалий отмечены для зоны малоэтажной застройки и лесопарковой зоны, где аномалии позвонков и уростилия занимают большую долю (рис. 2, б) [Вершинин, Неустроева, 2011].

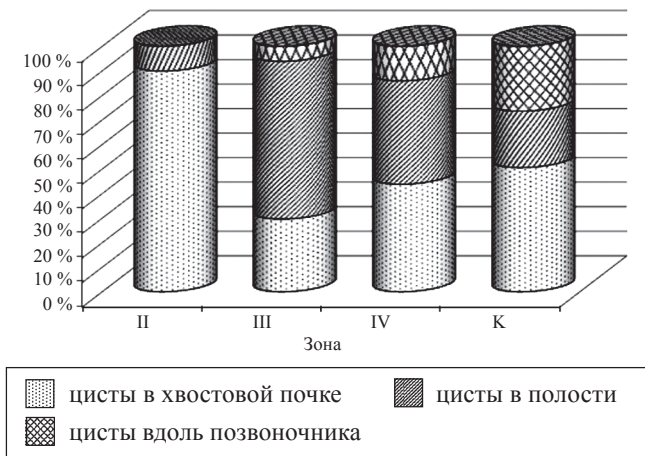
Таким образом, в условиях сочетания инвазированности цистами трематод с изменением химизма среды, эвтрофикацией и сменной температурного режима местообитаний растет вероятность появления девиантных форм скелета в районах присутствия цист.

Заключение

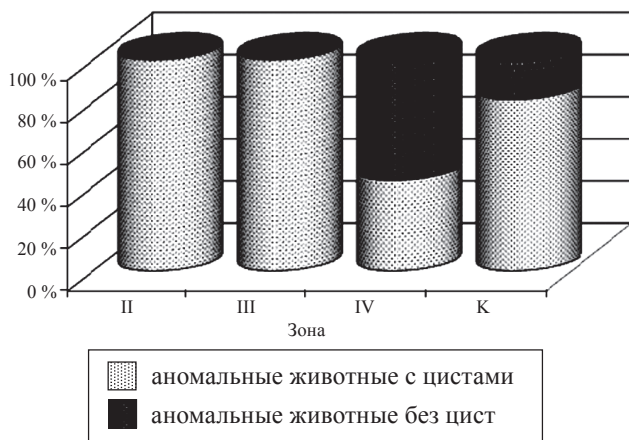
Наибольшим разнообразием локализации цист отличается *P. ridibundus* с Южного Урала. Показатели паразитарной инвазии максимальны в лесопарковой зоне и зоне малоэтажной застройки, где наряду с антропогенной трансформацией наличествуют достаточно полные паразитарные системы. Наибольшая зараженность животных с локализацией цист вдоль позвоночника и в полости отмечена в лесопарковой зоне и зоне малоэтажной застройки, где как раз отмечена высокая частота аномалий осевого скелета. Известно, что в популяциях с высокой степенью инвазированности амфибий цистами трематоды *Holostephanus volgensis* существенно растет вероятность формирования девиантных скелетных форм [Вершинин, Неустроева, 2011].

Авторы выражают благодарность канд. биол. наук Н. С. Неустроевой за предоставленные данные, а также канд. биол. наук С. Д. Вершининой, канд. биол. наук Е. А. Байтимировой, В. В. Сапронову и М. Е. Гребенникову за помощь в сборе герпетологического материала.

Работа выполнена при поддержке проекта № 13-4-НП-408.



а



б

Рис. 2. а – соотношение цист с локализацией в полости, хвостовой почке и вдоль позвоночника *R. arvalis* в зонах с разной антропогенной нагрузкой;

б – доля аномальных животных с цистами в градиенте урбанизации (по данным В. Л. Вершинина и Н. С. Неустроевой). II – зона многоэтажной застройки; III – зона малоэтажной застройки; IV – лесопарковая зона; К – загородная территория

Библиографические ссылки

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

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

Вершинин В. Л., Неустроева Н. С., 2011. Роль трематодной инвазии в специфике морфогенеза скелета бесхвостых амфибий на примере *Rana arvalis* Nilsson, 1842 // Докл. РАН. Т. 440, № 2. С. 279–281.

Замалетдинов Р. И., 2003. Морфологические аномалии в городских популяциях бесхвостых амфибий (на примере г. Казани) // Современная герпетология. № 2. С. 148–153.

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

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

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

Спирина Е. В., 2009. Морфологические аномалии *Rana ridibunda* Pall. как индикаторы качества окружающей среды // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. Т. 1, № 21. С. 228–230.

Судариков В. Е., Шугин А. А., Курочкин Ю. В., Ломакин В. В., Стенько Р. П., Юрлова Н. И., 2002. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России. М. : Наука. Т. 1. 298 с.

Bionda C., Salas N., Caraffa E., Baraquet M., Martino A., 2012. On abnormalities recorded in an urban population of *Rhinella arenarum* from central Argentina // Herpetology Notes. Vol. 5. P. 237–241.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Ritchie E. G., Launer A. E., 1999. The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship // Science. Vol. 284, Nr 5415. P. 802–804.

Johnson P. T. J., Lunde K. B., Thurman E. M., Richie E. G., Wray S. N., Sutherland D. R., Kapfer J. M., Frest T. J., Bowerman J., Blaustein A. R., 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the Western United States // Ecol. Monogr. Nr 72. P. 151–168.

Kiesecker J. M., 2002. Synergism between trematode infection and pesticide exposure: a link to amphibian limb malformations in nature? // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Nr 99. P. 9900–9904.

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 // *J. of Zoology*. Vol. 275. P. 89–95.

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

ТЕРАТЫ КАК «ЗЕРКАЛО ЭВОЛЮЦИИ»

В. Л. Вершинин

Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург),
Уральский федеральный университет (Екатеринбург)

TERATS AS A «MIRROR OF EVOLUTION»

V. L. Vershinin

Institute of Plant & Animal ecology, Russian Academy of Science,
Ural division (Ekaterinburg), Ural Federal University (Ekaterinburg)

The work represents the review, author's data and his original point of view on the problem of evolutionary significance of amphibian anomalies and possibility to use them for environmental quality assessment. The author suppose that spectrum of abnormalities can be used for understanding of the main directions of morphological evolution canalization because of global block principle of biological systems organization and hereditary basement.

Статья представляет собой обзор авторских данных и его точки зрения на проблемы эволюционного значения аномалий и возможности их использования для оценки качества среды. Автор полагает, что спектр аномалий может быть использован для понимания основных направлений канализации морфологической эволюции в соответствии с всеобщим принципом блочной организации биологических систем и наследственной основы.

Эволюционный процесс преобразует замкнутые генетические системы (виды), приводя к новой норме через расшатывание и дестабилизацию прежних связей системы [Шишкин, 1988]. Момент