

## Географическая изменчивость длительности личиночного развития и размеров метаморфов травяных лягушек (*Ranidae*, *Anura*)

С. М. Ляпков

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Россия, 119234, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 12

### Информация о статье

Оригинальная статья

УДК 597.851:591.524

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-102-107>

EDN: GMJZY0

Поступила в редакцию 04.08.2023,  
после доработки 16.09.2023,  
принята 16.09.2023,  
опубликована 25.12.2023

**Аннотация.** С помощью межпопуляционных скрещиваний травяных лягушек из четырех пространственно удаленных популяций европейской части ареала вида оценивали величину и направленность изменений признаков метаморфов. Максимальные значения размеров метаморфов по окончании метаморфоза и скорости личиночного роста выявлены у потомков родителей белорусских популяций из Туров и Минск и, как правило, – у гибридного потомства с участием родителей этих популяций при скрещивании с особями из популяции Московской области. Аутбредная депрессия времени личиночного развития до окончания метаморфоза и скорости роста выявлена при скрещивании самок из популяции Московской области с самцами из Туров. В популяции из региона со сравнительно низкой климатической температурой (Киров) выявлено минимальное значение размеров метаморфов, но не времени личиночного развития. В большинстве случаев выявлен сравнительно больший вклад неаддитивной генетической изменчивости, а также материнского эффекта, связанного с различием в размерах яиц, в формировании межпопуляционных различий. Географическая изменчивость исследованных признаков, связанных с приспособленностью, часто направлена по градиенту условий среды, а не против него (как следует ожидать исходя из представления об отборе против такого градиента), что объясняется выбором различных стратегий роста и развития головастиков, формирующихся в более южных и более северных популяциях.

**Ключевые слова:** травяная лягушка, рост до завершения метаморфоза, длина тела метаморфов, межпопуляционная изменчивость

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

**Образец для цитирования:** Ляпков С. М. 2023. Географическая изменчивость длительности личиночного развития и размеров метаморфов травяных лягушек (*Ranidae*, *Anura*) // Современная герпетология. Т. 23, вып. 3/4. С. 102 – 107. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-102-107>, EDN: GMJZY0

### ВВЕДЕНИЕ

У широкоареальных видов бесхвостых амфибий длительность личиночного развития и размеры по завершении метаморфоза могут сильно изменяться в зависимости от продолжительности сезона активности и климатической температуры. С другой стороны, сроки выхода на сушу метаморфов и их размеры влияют на постметаморфозную выживаемость, возраст первого размножения и другие компоненты приспособленности взрослых особей. Известно также, что размеры яиц широкоареальных видов амфибий характеризуются направленной географической изменчивостью: по мере сокращения длительности сезона активности их относительные (т.е. с поправкой на размеры самок) размеры увеличиваются (см. обзор: Ляпков, 2021, табл. III. 29), а следовательно, эти размеры могут влиять на негенетическую составляющую признаков потомства. Вместе с тем, в большинстве исследований изменчивости признаков метаморфов обычно используют потомство разных кладок, собранных в природе,

или полученное в результате экспериментальных скрещиваний родительских пар только из одной популяции.

Межпопуляционные скрещивания применяли сравнительно редко, что в случае широкоареальных видов амфибий связано с сильными различиями в фенологии размножения популяций в более южных и более северных частях ареала. Поэтому задачей нашей работы было исследование структуры изменчивости характеристик метаморфов травяной лягушки (*Rana temporaria* L., 1758) из популяций со сравнительно длительным и коротким сезоном активности на основе данных, полученных путем межпопуляционных скрещиваний и выращивания потомства до метаморфоза в одинаковых условиях.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Согласно этой задаче были поставлены контролируемые скрещивания между травяными лягушками из популяций Беларуси и европейской части России. Половозрелые особи в начале периода размножения

✉ Для корреспонденции. Кафедра биологической эволюции биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

ORCID и e-mail адрес: Ляпков Сергей Марленович: <https://orcid.org/0000-0003-2555-9014>, [lyapkov@mail.ru](mailto:lyapkov@mail.ru).

были собраны в Беларуси вблизи дер. Хоромск (юго-восточная часть Брестской области, граничащая с Туровским районом Гомельской области (52°01' N, 27°05' E., далее Туров) и Острошицкого городка Минской области (54°06' N, 27°45' E, далее Минск). В России лягушек собирали вблизи Звенигородской биостанции Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (Московская область, 55°44' N, 36°51' E, далее ЗБС) и в Кировской области (58°40' N, 49°5' E, далее Киров). Подробное описание этих популяций приведено в обзоре С. М. Ляпков (2021).

Серии межпопуляционных скрещиваний травяной лягушки были поставлены между особями из следующих популяций: Минск×ЗБС, Туров×ЗБС и ЗБС×Киров. Гибриды во всех трех сериях были получены в двух вариантах, т.е. самка из одной популяции × самец из другой и реципрокно. В качестве контроля скрещивали самок и самцов из одной родительской популяции, причем тех же самых особей, которые участвовали в скрещиваниях для получения гибридов. В каждой из этих трех серий скрещиваний использовали 2 или 4 самки и 4 или 8 самцов. Данные по различным самкам и самцам, принадлежащих к одной популяции, были объединены (подробно методике постановки скрещиваний см.: Ляпков, 2016). По достижении личинками стадии начала активного питания их рассаживали в 20-литровые аквариумы по 20 экз. и выращивали до завершения метаморфоза, при постоянной температуре 20°C и кормлении *ad libitum* кормом для аквариумных рыб TetraMin (подробнее методику выращивания личинок травяной лягушки см.: Ляпков, 2016).

Для оценивания влияния популяций родителей на признаки метаморфов использовали двухфакторный дисперсионный анализ (факторы: принадлежность самок к популяциям и, соответственно, самцов), а также ковариационный анализ (для оценивания, наряду с этими же факторами, влияния размеров яиц в качестве ковариансы), с помощью пакета программ STATISTICA 10 (StatSoft Inc., USA). Степень отклонения от аддитивности (Intermediacy) вычисляли по формуле  $\Delta F_1/\Delta U$ , где  $\Delta F_1$  – среднее значение у гибридов минус меньшее из средних значений особей, полученных при скрещивании родителей из одной популяции,  $\Delta U$  – разность между большим и меньшим средним особей, полученных при скрещивании родителей из одной популяции (Wright, 1978, цит. по: Laugen et al., 2002).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выживаемость гибридных особей, полученных во всех скрещиваниях, до завершения метаморфоза существенно не отличалась от выживаемости потомков от скрещивания самок и самцов, принадлежащих к одной популяции, т.е. определенной степени межпопуляционной несовместимости, обнаруженной ранее у травяной лягушки (Sagvik et al., 2005), не было

выявлено. В серии скрещиваний «Минск×ЗБС» (табл. 1) достоверно большими средними значениями длины тела (далее –  $Lm$ ) и скорости личиночного роста (далее –  $Lm/T$ ), а также достоверно меньшим временем развития до завершения метаморфоза (далее  $T$ ) характеризовались метаморфы – потомки обоих родителей из популяции Минск, а также гибриды, полученные в обоих вариантах скрещивания с родителями из популяции Минск. Такое преимущество можно интерпретировать как доминирование (см. также значения индекса Intermediacy в табл. 1), но не материнский эффект (поскольку влияния принадлежности к популяции самок и размеров яиц были недостоверны, см. табл. 2). И напротив, достоверно меньшими значениями  $Lm$  и  $Lm/T$  и большей  $T$  характеризовались потомки обоих родителей из популяции ЗБС. При этом, в случае признака  $Lm$ , у двух групп гибридов коррекция средних с учетом размеров яиц сближает эти скорректированные средние с соответствующими значениями потомков обоих родителей одной популяций, из которой происходят самки, участвующие в гибридных скрещиваниях. В целом выявленное между этими двумя популяциями различие указывает на преимущество по всем трем характеристикам метаморфов более южной популяции (Минск), что встречается сравнительно редко (Ляпков, 2016; обзор Hangartner et al., 2012).

В серии скрещиваний «Туров×ЗБС» (см. табл. 1) достоверно большими средними значениями  $Lm$  и  $Lm/T$  и достоверно меньшим  $T$  также характеризовались метаморфы – потомки обоих родителей из южной популяции (Туров). Но в этой серии гибриды, полученные в обоих вариантах скрещивания, занимали промежуточное положение по средним значениям  $Lm$ , что указывает на большее значение аддитивной изменчивости. Влияние принадлежности к популяции и для самок, и для самцов на признаки  $Lm$  и  $T$  было достоверным (см. табл. 2), однако на  $Lm/T$  достоверно влияло только взаимодействие двух факторов, а также размеры яиц (коварианса). Как и в серии скрещиваний Минск×ЗБС, скорректированные средние  $Lm$  (но не  $T$  и  $Lm/T$ ) становятся ближе к соответствующим значениям потомков родительских популяций, к которым принадлежат самки, участвующие в гибридных скрещиваниях. Вместе с тем, у обоих вариантов гибридов средние значения  $T$  были достоверно выше, а средние  $Lm/T$  – ниже, чем у потомков обоих родителей из одной популяции, что следует интерпретировать как аутбредную депрессию.

В серии скрещиваний «ЗБС×Киров» (см. табл. 1) были получены результаты, более сходные для трех признаков: потомки обоих родителей из северной популяции (Киров) характеризовались достоверно меньшими средними  $Lm$  и  $T$  по сравнению с ЗБС, а гибриды ЗБС×Киров занимали промежуточное положение (см. значение индекса Intermediacy в табл. 1), что указывает на наличие аддитивного эффекта. При этом влияние принадлежности к популяции самцов было достоверным только на признак  $T$  (см. табл. 2). Гибриды

**Таблица 1.** Характеристики метаморфов, полученных в результате межпопуляционных скрещиваний  
**Table 1.** Characteristics of metamorphs obtained in the results of inter-population crosses

Популяции / Populations	Признак / Trait	Показатель / Statistic									
		<i>X</i>	St.err.	<i>X</i>	St.err.	<i>X</i>	St.err.	<i>X</i>	St.err.	Intermediacy	
		Минск×Минск / Minsk×Minsk (n = 74)	Минск×ЗБС / Minsk×ZBS (n = 81)	ЗБС×Минск / ZBS×Minsk (n = 44)	ЗБС×ЗБС / ZBS×ZBS (n = 296)	Минск×ЗБС / Minsk×ZBS	ЗБС×Минск / ZBS×Minsk				
Минск×ЗБС / Minsk×ZBS	<i>Lm</i>	<b>15.94</b>	0.12	<i>15.88</i>	0.11	<i>15.78</i>	0.15	<b>14.74</b>	0.06	0.95	0.87
	<i>Lm</i> (cor)	<b>16.02</b>	0.12	<i>15.96</i>	0.11	<i>15.36</i>	0.16	<b>14.99</b>	0.07	0.94	0.36
	<i>T</i>	<b>51.28</b>	0.49	<i>52.35</i>	0.47	<i>50.91</i>	0.64	<b>59.84</b>	0.25	0.02	-0.01
	<i>T</i> (cor)	<b>51.17</b>	0.49	<i>52.23</i>	0.47	<i>51.48</i>	0.67	<b>59.49</b>	0.28	0.02	0.01
	<i>Lm/T</i>	<b>0.311</b>	0.003	<i>0.304</i>	0.003	<i>0.310</i>	0.003	<b>0.248</b>	0.001	0.88	0.98
	<i>Lm/T</i> (cor)	<b>0.313</b>	0.003	<i>0.306</i>	0.003	<b>0.300</b>	0.004	<b>0.254</b>	0.002	0.87	0.77
Туров×ЗБС / Turov×ZBS	Признак / Trait	Туров×Туров / Turov×Turov (n = 249)	Туров×ЗБС / Turov×ZBS (n = 73)	ЗБС×Туров / ZBS×Turov (n = 95)	ЗБС×ЗБС / ZBS×ZBS (n = 296)	Туров×ЗБС / Turov×ZBS	ЗБС×Туров / ZBS×Turov				
	<i>Lm</i>	<b>15.88</b>	0.07	<i>15.67</i>	0.13	<i>14.98</i>	0.11	<i>14.74</i>	0.06	0.82	0.22
	<i>Lm</i> (cor)	<b>15.89</b>	0.07	<i>15.75</i>	0.13	<b>14.81</b>	0.12	<i>14.81</i>	0.07	0.87	-0.01
	<i>T</i>	<b>61.56</b>	0.29	<b>65.93</b>	0.54	<i>62.54</i>	0.47	<i>59.84</i>	0.27	3.55*	1.57*
	<i>T</i> (cor)	<b>61.50</b>	0.29	<b>65.60</b>	0.54	<i>63.23</i>	0.49	<i>59.54</i>	0.27	3.09*	1.88*
	<i>Lm/T</i>	<b>0.259</b>	0.002	<b>0.239</b>	0.003	<i>0.240</i>	0.002	<b>0.248</b>	0.001	-0.82	-0.69
ЗБС×Киров / ZBS×Kirov	Признак / Trait	ЗБС×ЗБС / ZBS×ZBS (n = 296)	ЗБС×Киров / ZBS×Kirov (n = 111)	Киров×ЗБС / Kirov×ZBS (n = 137)	Киров×Киров / Kirov×Kirov (n = 165)	ЗБС×Киров / ZBS×Kirov	Киров×ЗБС / Kirov×ZBS				
	<i>Lm</i>	<b>14.74</b>	0.07	<i>14.20</i>	0.11	<i>13.74</i>	0.10	<b>13.92</b>	0.09	0.34	-0.22
	<i>Lm</i> (cor)	<b>15.10</b>	0.08	<i>14.84</i>	0.14	<b>13.28</b>	0.12	<i>13.36</i>	0.12	0.85	-0.05
	<i>T</i>	<b>59.84</b>	0.28	<i>59.11</i>	0.46	<b>56.42</b>	0.42	<i>57.55</i>	0.38	0.68	-0.49**
	<i>T</i> (cor)	<b>59.50</b>	0.35	<i>58.51</i>	0.58	<b>56.84</b>	0.49	<i>58.06</i>	0.49	0.31	-0.85**
	<i>Lm/T</i>	0.248	0.002	0.242	0.003	0.245	0.002	0.243	0.002	-0.17	0.45
	<i>Lm/T</i> (cor)	<b>0.256</b>	0.002	<i>0.257</i>	0.003	<b>0.235</b>	0.003	<i>0.230</i>	0.003	1.01	0.17

*Примечание.* Популяции: Минск – вблизи Острошицкого городка (Минская область, Беларусь), Туров – вблизи дер. Хоромск (юго-восточная часть Брестской области, граничащей с Туровским районом Гомельской области, Беларусь), ЗБС – вблизи Звенигородской биостанции Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (Московская область, Россия), Киров – Кировская область (Россия). Условные обозначения: *Lm* – длина тела, *T* – время развития, *Lm/T* – скорость роста, *X* – среднее значение, St.err. – стандартная ошибка среднего, cor – скорректированные средние, согласно результатам ковариационного анализа (коварианса – размеры яиц).

Во всех вариантах скрещивания на первом месте указана популяция самок, на втором – самцов. Достоверные ( $p < 0.05$ ) различия между парами признаков в пределах одного скрещивания обозначены одинаковым шрифтом (жирным, курсивом или подчеркиванием). Intermediacy – количественная оценка отклонения от аддитивности (см. текст), \* – для признака *T* значения больше 1 соответствуют аутбредной депрессии, \*\* – для признака *T* значения меньше 0 соответствуют гетерозису.

*Note.* Populations: Minsk – near Ostroshitsky gorodok (Minsk region, Belarus), Turov – near Khoromsk village (south-eastern part of Brest region, near the border with Turov district of Gomel region), ZBS – near Zvenigorod biological station of Lomonosov Moscow university (Moscow region, Russia), Kirov – Kirov region (Russia). Symbols: *Lm* – body length, *T* – development time, *Lm/T* – growth rate, *X* is the average value, St.err. is the standard error of the average, cor is the adjusted means, according to the results of covariance analysis (covariate is the size of eggs).

In all variants of crossing, the population of females is indicated in the first place, males in the second. Significant ( $p < 0.05$ ) differences between pairs of traits within the same cross are indicated by the same font (bold, italics or underscores). Intermediacy – quantitative assessment of the deviation from additivity (see the text), \* – for trait *T*, values greater than 1 correspond to outbreeding depression, \*\* – for trait *T*, values less than 0 correspond to heterosis.

Киров×ЗБС имели минимальное среднее значение *T*, что следует считать гетерозисом (см. также табл. 2). Различий по *Lm/T* между средними всех четырех вариантов скрещивания не было, что можно объяснить существованием двух стратегий личиночного роста и развития, т.е. у более северной популяции меньшая длительность развития достигается в ущерб достигнутым ко времени метаморфоза размерам. После коррекции с учетом размеров яиц, как и в двух других сериях скрещиваний, скорректированные средние не

только *Lm*, но и *Lm/T* становятся ближе к соответствующим значениям потомков родительских популяций, к которым принадлежат самки, участвующие в гибридных скрещиваниях. В случае признака *Lm/T* скорректированное среднее *Lm/T* гибридов ЗБС×Киров становится достоверно выше, чем у гибридов Киров×ЗБС.

Особо следует отметить, что различие в случае всех трех серий скрещиваний, наблюдаемое после коррекции на размеры яиц, необъяснимо, исходя из представления о том, что более крупные размеры яиц

**Таблица 2.** Влияния родителей на характеристики метаморфов: результаты 2-факторного дисперсионного анализа (факторы «популяция самок» и «популяция самцов») и ковариационного анализа (те же два фактора плюс размеры яиц в качестве ковариансы)

**Table 2.** The influence of parents on the characteristics of metamorphs: The results of 2-way analysis of variance (factors “female population” and “male population”) and analysis of covariance (the same two factors plus the size of eggs as covariate)

Популяции / Populations	Признак / Trait	Достоверность влияния / Significance of effect:			
		популяции самок / of female population	популяции самцов / of male population	взаимодействия / of interaction	размеров яиц (ковариансы) / of egg size (as covariate)
Минск×ЗБС / Minsk×ZBS	<i>Lm</i>	–	–	–	
	<i>Lm</i> (cor)	–	–	–	–
	<i>T</i>	–	+	–	
	<i>T</i> (cor)	–	+	–	–
	<i>Lm/T</i>	–	+	–	
	<i>Lm/T</i> (cor)	–	+	–	–
Туров×ЗБС / Turrov×ZBS	<i>Lm</i>	+	+	+	
	<i>Lm</i> (cor)	+	+	+	–
	<i>T</i>	+	+	+	
	<i>T</i> (cor)	+	+	+	+
	<i>Lm/T</i>	–	–	–	
	<i>Lm/T</i> (cor)	–	–	+	+
ЗБС×Киров / ZBS×Kirov	<i>Lm</i>	+	–	–	
	<i>Lm</i> (cor)	+	–	–	+
	<i>T</i>	+	+	–	
	<i>T</i> (cor)	–	+	–	–
	<i>Lm/T</i>	–	–	–	
	<i>Lm/T</i> (cor)	+	–	–	+

*Примечание.* + – достоверное влияние фактора, прочерк – отсутствие влияния фактора, пустая ячейка – фактор не включен в данный анализ. Обозначения признаков см. табл. 1.

*Note.* + – significant influence of the factor, dash – no influence of the factor, empty cell – the factor is not included in this analysis. Trait designations as in Table 1.

есть причина более крупных размеров метаморфов и/или более высокой скорости их личиночного роста. Другими словами, возможно существование другого механизма влияния самок на потомство, который может контекстно (в зависимости от исходных размеров потомков, т.е. размеров яиц) либо увеличивать, либо уменьшать размеры (а в ряде случаев сходным образом изменять и скорость личиночного роста), тем самым формируя в итоге оптимальные размеры метаморфов.

Следует также отметить, что в отличие от ранее полученных результатов межпопуляционных скрещиваний (Laugen et al., 2002; Uller et al., 2006), наши результаты реже демонстрируют промежуточные значения признаков у гибридов, которые интерпретируются как аддитивные эффекты, и несколько чаще – аутбредную депрессию и гетерозис.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге полученные нами в трех сериях скрещиваний результаты позволяют сделать следующие выводы:

- уровень межпопуляционных различий не связан напрямую с величиной их пространственной разобщенности, поскольку существенные различия были выявлены как между двумя южными популяциями (обитающими в сравнительно близко расположенных

местообитаниях), так и между южными и центральными, между центральными и более северными популяциями;

- относительная роль генетических (аддитивного и других) эффектов и материнского эффекта различается в формировании различных признаков;

- межпопуляционная изменчивость признаков, связанных с приспособленностью (размеры метаморфов и скорость роста личинок), в ряде случаев направлена по градиенту условий среды, а не против него (как следует ожидать исходя из представления о важной роли отбора против такого градиента), что можно объяснить выбором различных стратегий роста и развития головастика, в более южных и более северных популяций.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ляпков С. М. 2016. Географическая изменчивость характеристик метаморфов травяных лягушек // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Вып. 3. С. 87 – 92.

Ляпков С. М. 2021. Популяционная экология остроурдой и травяной лягушек. Географическая изменчивость возрастного состава, постметаморфозного роста, размеров и репродуктивных характеристик. М. : Товарищество научных изданий КМК. 219 с.

Hangartner S., Laurila A., Räsänen K. 2012. The quantitative genetic basis of adaptive divergence in the moor frog (*Rana arvalis*) and its implications for gene flow // Journal of

Evolutionary Biology. Vol. 25, iss. 8. P. 1587 – 1599. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2012.02546.x>

Laugen A. T., Laurila A., Merilä J. 2002. Maternal and genetic contributions to geographical variation in *Rana temporaria* larval life-history traits // Biological Journal of the Linnean Society. Vol. 76, iss. 1. P. 61 – 70. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2002.tb01714.x>

Sagvik J., Uller T., Olsson M. 2005. Outbreeding de-

pression in the common frog, *Rana temporaria* // Conservation Genetics. Vol. 6, iss. 2. P. 205 – 211. <https://doi.org/10.1007/s10592-004-7829-3>

Uller T., Sagvik J., Olsson M. 2006. Crosses between frog populations reveal genetic divergence in larval life history at short geographical distance // Biological Journal of the Linnean Society. Vol. 89, iss. 1. P. 189 – 195. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2006.00673.x>

## Geographical variation of duration of larval development and body size in *Rana temporaria* (Ranidae, Anura) metamorphs

S. M. Lyapkov

Moscow Lomonosov State University  
12 korp., 1 Leninskie Gory, Moscow 119234, Russia

### Article info

#### Original Article

<https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-102-107>

EDN: GMJZY0

Received August 4, 2023,  
revised September 16, 2023,  
accepted September 16, 2023,  
published December 25, 2023

**Abstract.** With the help of artificial inter-population crosses of adult *Rana temporaria* from four spatially remote populations of the European part of the species' range, the magnitude and direction of changes in metamorphic traits were estimated. The maximum values of the size of metamorphs at the end of metamorphosis and the rate of larval growth were found in the descendants of the parents of Belarusian populations (Turov and Minsk) and, as a rule, in hybrid offspring with the participation of the parents of these populations, when crossing with individuals from the population of the Moscow region (ZBS). Outbreeding depression of the time of larval development before the end of metamorphosis and growth rate was revealed when crossing ZBS females with Turov males. In a population from a region with a relatively low climatic temperature (Kirov), the minimum size of metamorphs was revealed, but not the time of larval development. In most crosses, a relatively greater contribution of non-additive genetic variability, as well as the maternal effect associated with the difference in egg sizes, to the formation of inter-population differences was revealed. The inter-population variability of studied traits related to fitness is often directed along the gradient of environmental conditions, and not counter-gradient (as should be expected based on the conception of counter-gradient selection), which is explained by the choice of different growth and development strategies in tadpoles formed in southern and northern populations.

**Keywords:** *Rana temporaria*, premetamorphic growth, body length of the metamorphs, among-population variation

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

**For citation:** Lyapkov S. M. Geographical variation of duration of larval development and body size in *Rana temporaria* (Ranidae, Anura) metamorphs. *Current Studies in Herpetology*, 2023, vol. 23, iss. 3–4, pp. 102–107 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2023-23-3-4-102-107>, EDN: GMJZY0

### REFERENCES

Lyapkov S. M. Geographic variation in the characteristics of *Rana temporaria* metamorphs. *Vestnik of Saint Petersburg University. Ser. 3. Biology*, 2016, iss. 3, pp. 87–92 (in Russian).

Lyapkov S. M. *Population Ecology of Moor (Rana arvalis) and Common (Rana temporaria) Frogs. Geographic Variation of Age Composition, Postmetamorphic Growth, Body Size, and Reproductive Characteristics*. Moscow, KMK Scientific Press, 2021. 219 p. (in Russian).

Hangartner S., Laurila A., Räsänen K. The quantitative genetic basis of adaptive divergence in the moor frog (*Rana arvalis*) and its implications for gene flow. *Journal of Evolutionary Biology*, 2012, vol. 25, iss. 8, pp. 1587–1599. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2012.02546.x>

Laugen A. T., Laurila A., Merilä J. Maternal and genetic contributions to geographical variation in *Rana temporaria* larval life-history traits. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2002, vol. 76, iss. 1, pp. 61–70. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2002.tb01714.x>

Sagvik J., Uller T., Olsson M. Outbreeding depression in the common frog, *Rana temporaria*. *Conservation Genetics*, 2005, vol. 6, iss. 2, pp. 205–211. <https://doi.org/10.1007/s10592-004-7829-3>

Uller T., Sagvik J., Olsson M. Crosses between frog populations reveal genetic divergence in larval life history at short geographical distance. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2006, vol. 89, iss. 1, pp. 189–195. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2006.00673.x>

✉ Corresponding author. Department of Biological Evolution, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Russia.

ORCID and e-mail address: Sergey M. Lyapkov: <https://orcid.org/0000-0003-2555-9014>, [lyapkov@mail.ru](mailto:lyapkov@mail.ru).