

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ГЕМОГЛОБИНА  
У ЧЕТЫРЕХ ВИДОВ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ  
УРАЛЬСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ

© 2013 г. В. Л. Вершинин, С. Д. Вершинина

Представлено академиком Д.С. Павловым 28.08.2012 г.

Поступило 28.08.2012 г.

DOI: 10.7868/S0869565213160299

Стратегией эволюции дыхательной функции крови амфибий было изменение кислородсвязующих свойств гемоглобина в сторону максимального его насыщения кислородом при его низком содержании [1]. Поэтому земноводным для полного насыщения гемоглобина кислородом необходимо небольшое его парциальное давление в среде [2]. Поскольку у взрослых амфибий дыхательная функция осуществляется целым комплексом органов: кожей, легкими, слизистой оболочкой ротоглоточной полости в отличие от других наземных позвоночных, то 50–90% кислорода поступает через них. Соотношение роли различных органов в дыхании зависит от экологической специфики вида. Гемоглобин в крови амфибий играет роль своеобразного депо, где кислород резервируется на случай, когда поступление его по другим каналам сокращается [3]. По этой причине данные о содержании гемоглобина в крови земноводных и его возрастных, сезонных, зональных особенностях являются важной характеристикой адаптивных возможностей исследуемых видов и хорошо отражают функциональный потенциал каждого из них.

В течение 2010–2011 гг. были выполнены исследования по гемоглобинометрии крови земноводных. Впервые рассмотрена взаимозависимость содержания гемоглобина и видового состава земноводных разных ареалов обитания. Рассмотрены четыре вида бесхвостых земноводных (Amphibia, Anura) семейства Ranidae Уральского горного массива: *Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771, *Rana temporaria* Linnaeus, 1758, *R. arvalis* Nilsson., 1842 и *R. amurensis* Boulenger, 1886, отловленных из по-

пуляций, населяющих естественные и урбанизированные территории. Урбанизированные территории типизированы [4] в соответствии со степенью освоенности их человеком и уровнем загрязнения (I – многоэтажная застройка, II – малоэтажная застройка, III – лесопарк, К – загородная популяция). Концентрация гемоглобина в крови определяли с помощью цифрового гемоглобинометра HG-202. В общей сложности обследовано 266 сеголеток и 94 взрослых особи остромордой, 71 сеголеток и 49 взрослых особей озерной, 56 сеголеток и 110 взрослых особей травяной лягушки, 80 взрослых сибирских лягушек.

Выявлены существенные ( $F(3,108) = 4.9451$ ,  $p = 0.00295$ ) межвидовые различия у половозрелых животных. Уровень гемоглобина растет в ряду *P. ridibundus* – *R. arvalis* – *R. temporaria* – *R. amurensis* (рис. 1). Полученные результаты в значительной мере отражают различия в образе

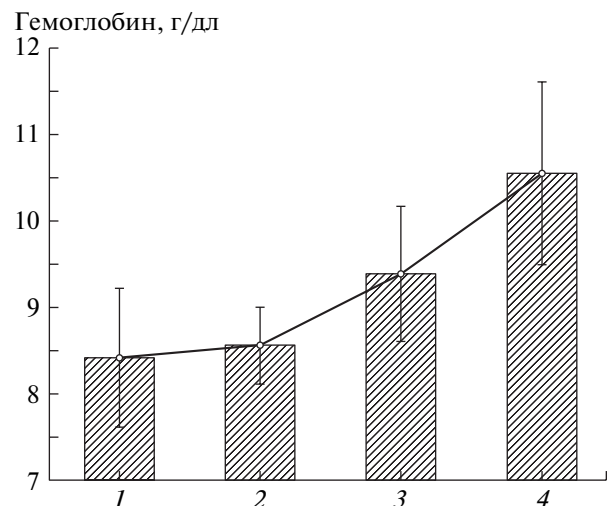
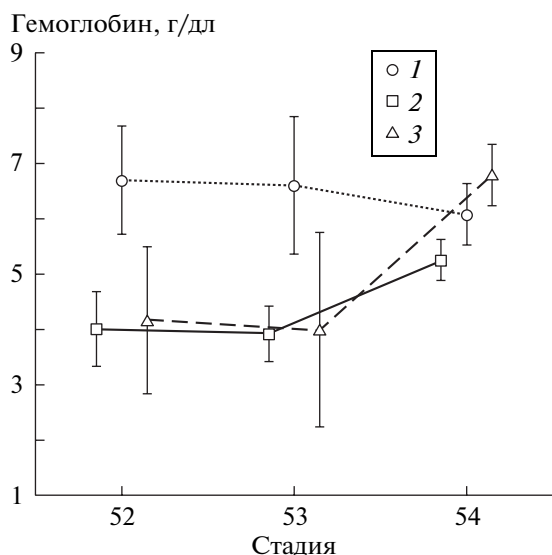


Рис. 1. Содержание гемоглобина в крови взрослых половозрелых животных. 1 – *P. ridibundus*, 2 – *R. arvalis*, 3 – *R. temporaria*, 4 – *R. amurensis*.

Институт экологии растений и животных  
Уральского отделения Российской Академии наук,  
Екатеринбург

Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина,  
Екатеринбург



**Рис. 2.** Изменение содержания гемоглобина в период завершения метаморфоза. Здесь и на рис. 3, 4: 1 – *ridibundus*, 2 – *R. arvalis*, 3 – *R. temporaria*.

жизни, а также местах и способах зимовки исследуемых видов.

Высокое содержание гемоглобина у травяной и сибирской лягушек связано с тем, что эти представители рода являются воднозимующими формами бурых лягушек, которые проводят период зимней спячки на дне водоемов в условиях дефицита кислорода. Интересно, что у воднозимую-

**Таблица 1.** Географические различия в содержании гемоглобина (г/дл) у неполовозрелых *R. temporaria* и половозрелых *R. amurensis*

| Вид                  | Северный Урал          | Средний Урал           | Южный Урал              |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| <i>R. temporaria</i> | 4.4 ± 0.28<br>(n = 28) | 6.7 ± 0.27<br>(n = 29) | Нет данных              |
| <i>R. amurensis</i>  | Нет данных             | 12.7 ± 0.70<br>(n = 6) | 10.5 ± 0.52<br>(n = 11) |

**Таблица 2.** Сезонные различия в содержании гемоглобина (г/дл) у *R. amurensis* и *R. arvalis*

| Вид                                  | Июль                   | Август                 | Значимость различий                            |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|--|
| <i>R. arvalis</i> (половозрелые)     | 7.95 ± 0.3<br>(n = 23) | 8.96 ± 0.3<br>(n = 19) | $F(1,40) = 5.4628$ ;<br>$p = 0.025$            |
| <i>R. amurensis</i> (половозрелые)   | 9.9 ± 0.5<br>(n = 7)   | 11.6 ± 0.6<br>(n = 4)  | $F(1,9) = 4.1782$ ;<br>$p = 0.07$ (не значимо) |
| <i>R. amurensis</i> (неполовозрелые) | 5.8 ± 0.2<br>(n = 41)  | 9.4 ± 0.3<br>(n = 16)  | $F(1,55) = 84.655$ ;<br>$p = 0.000001$         |

щей озерной лягушки, которая связана с водой на протяжении всего жизненного цикла, содержание гемоглобина сравнительно невысоко. Этот факт объясняется тем, что у водных амфибий сродство дыхательного пигмента к кислороду существенно выше [5].

Кроме того, высокие концентрации гемоглобина в крови являются в данном случае параметром, ограничивающим возможность существования видов в условиях антропогенной эвтрофикации, химического и теплового загрязнения водоемов. Высокие температуры и наличие сероводорода в воде городских водоемов, связанное с большим количеством органики, вызывает снижение концентраций растворенного кислорода и лишает такие виды как травяная и сибирская лягушка пригодных для зимовки мест. По нашим данным чувствительность к антропогенной трансформации среды растет в ряду от озерной лягушки к травяной и сибирской. Высокие концентрации гемоглобина в крови не являются в данном случае показателем, обеспечивающим преимущество в условиях антропогенной эвтрофикации, химического и теплового загрязнения водоемов. Таким образом, уровень гемоглобина в крови оказывается маркером чувствительности земноводных к антропогенной трансформации среды.

Обнаружены существенные изменения ( $F(4, 271) = 4.8306$ ,  $p = 0.00089$ ), по данному показателю происходящие в период завершения метаморфоза (рис. 2), а также в период от сеголеток к половозрелым животным. Динамика изменений при завершении метаморфоза с 52 по 54 стадии [6] однотипна для бурых лягушек (*R. temporaria*, *R. arvalis*), сеголетки которых покидают водную среду после конца метаморфоза, что выражается в росте содержания гемоглобина к 54 стадии. У *R. ridibundus* (которая в этот период не оставляет водоем, продолжая вести водный или околотовный образ жизни) значимых изменений этого параметра не отмечается, что может быть связано со спецификой ценогенетических адаптаций бурых и зеленых лягушек.

Географические различия в жизнеобитании земноводных (табл. 1) показывают значимое ( $F(1,55) = 34.989$ ,  $p = 0.000001$ ) увеличение содержания гемоглобина в крови неполовозрелых особей травяной лягушки с севера (р. Чаньва, Северный Урал, 59° 25' с.ш., 57° 27' в.д.) на юг (р. Вогулка, Средний Урал, 57° 05' с.ш., 58° 20' в.д.), а также существенное ( $F(1,15) = 6.0464$ ,  $p = 0.03$ ) снижение этого показателя у сибирской лягушки от Среднего Урала (р. Ялынка, 58° 04.277' с.ш., 63° 40.991' в.д.) к Южному Уралу (оз. Степное, 55° 11' 38.7" с.ш., 67° 28' 22.7" в.д.). Возможно, рост содержания гемоглобина от северных популяций травяной лягушки к среднеуральским связан с экологическими различиями местообитаний – в северных популяциях даже низкие концентрации

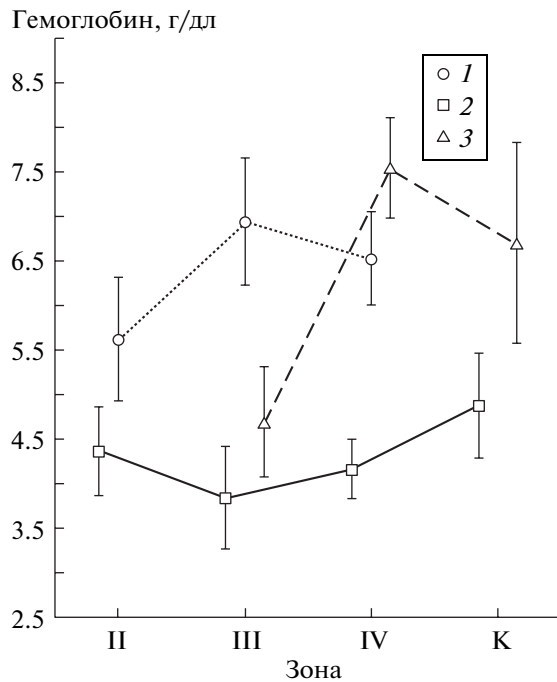


Рис. 3. Содержание гемоглобина у сеголеток по мере урбанизации.

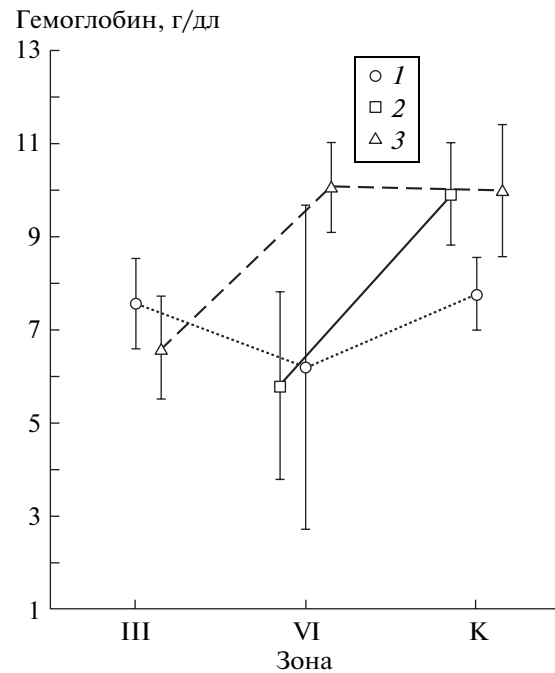


Рис. 4. Содержание гемоглобина у половозрелых животных в градиенте урбанизации.

гемоглобина обеспечивают достаточное насыщение крови кислородом.

Снижение содержания гемоглобина в популяции сибирской лягушки Южного Урала может быть обусловлено высокой прогреваемостью местообитаний лесостепной зоны и геохимической спецификой водоемов (наличие высоких концентраций нитратов 4.95 мг/л и нитритов – 0.09 мг/л, свидетельствующих об эвтрофности, а также высокой минерализации – 650 мг/л и содержания хлоридов – 135 мг/л при рН 7.4).

Для остромордой и сибирской лягушек отмечены сезонные изменения концентраций гемоглобина, растущие от июля к августу (табл. 2), что, возможно, связано с сезонными физиологическими перестройками (приближением времени зимовки).

По мере урбанизации отмечается снижение содержания гемоглобина у сеголеток (рис. 3) травяной, остромордой и озерной лягушек ( $F(4,245) = 10.172$ ,  $p = 0.00000$ ), а также у половозрелых (рис. 4) остромордой и травяной лягушек ( $F(3,68) = 8.6755$ ,  $p = 0.00006$ ).

Снижение концентрации гемоглобина в крови животных, населяющих урбанизированные территории, происходит в условиях эвтрофикации и загрязнения, при которых отмечается явление гипоксигении [7], выражающееся в угнетении дыхания под действием поллютантов [8]. Следует заметить, что самое значительное падение содержания гемоглобина на селитебных территориях

установлено для *R. temporaria*, которая первой из рассматриваемых видов исчезает с урбанизированных территорий.

Таким образом, впервые получены сведения о содержании гемоглобина в крови четырех видов амфибий семейства Ranidae Урала. Выявлены различия, связанные с широтной зональностью и сопутствующими им климатическими и геохимическими особенностями. Отмечены сезонные различия в концентрации гемоглобина, обусловленные онтогенетическими и сезонными физиологическими изменениями. Установлено снижение содержания гемоглобина по мере урбанизации. Показано, что высокие концентрации гемоглобина в крови не являются параметром, обеспечивающим преимущество в условиях химического и теплового загрязнения. В целом, сведения о содержании гемоглобина в крови изученных представителей семейства отражают возрастную, сезонную, зональную динамику, хорошо характеризую функциональный потенциал каждого из видов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-Урал, проект 10–04–96084.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hillman S.S., Withers P.C., Drewes R.C., Hillyard S.D. Ecological and Environmental Physiology of Amphibians. N.Y.: Oxford Univ., 2009. 469 p.
2. Экологическая физиология животных / Под ред. А.Д. Слоним. Л.: Наука, 1981. Ч. 2. 528 с.

3. *Чугунов Ю.Д., Киспоев К.А.* Дыхание земноводных (приспособления системы органов дыхания земноводных к жизни на границе воды и суши). Новосибирск: Наука, 1973. 51 с.
4. *Вершинин В.Л.* В сб.: Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск, 1980. С. 5–6.
5. *Проссер Л.* Сравнительная физиология животных. М.: Мир, 1977. Т. 2. 576 с.
6. *Дабагян Н.В., Слепцова Л.А.* Объекты биологии развития. М., 1975. С. 442–462.
7. *Вершинин В.Л.* Вопросы герпетологии. Материалы Четвертого съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского. СПб.: Рус. коллекция, 2011. С. 56–65.
8. *Тестов Б.В.* Влияние радиоактивного загрязнения на популяции мышевидных грызунов. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Пермь, 1993. 48 с.