

УДК 599.426: 577.112.3: 574.24

## ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СПЕКТРА СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ ПЛАЗМЫ КРОВИ БОРЕАЛЬНОГО ВИДА ФАУНЫ РУКОКРЫЛЫХ УРАЛА – ПРУДОВОЙ НОЧНИЦЫ *Myotis dasycneme* (VOIE, 1825)

© 2022 г. Л. А. Ковальчук<sup>1,\*</sup>, В. А. Мищенко<sup>1,2</sup>, Л. В. Черная<sup>1</sup>,  
В. П. Снитко<sup>3</sup>, академик РАН В. Н. Большаков<sup>1</sup>

Поступило 14.07.2022 г.  
После доработки 06.08.2022 г.  
Принято к публикации 10.08.2022 г.

Впервые представлен сравнительный анализ содержания свободных аминокислот в плазме крови у представителя рукокрылых фауны Урала *Myotis dasycneme* (Voie, 1825) в сезонные периоды их годового жизненного цикла. В плазме крови прудовой ночницы отмечен полный спектр незаменимых аминокислот: треонин, валин, лизин, лейцин, изолейцин, метионин, фенилаланин, аргинин, гистидин, триптофан. Значительная аккумуляция метаболически активного глюкостероидного аланина в крови прудовых ночниц в осенний (в 2.5 раза) и зимний (в 2.2 раза) периоды свидетельствует о его роли низкотемпературного адаптогена.

*Ключевые слова:* прудовая ночница, свободные аминокислоты, сезонная изменчивость

DOI: 10.31857/S2686738922060154

Летучие мыши (Chiroptera) представляют исключительный интерес для исследователей в значительной степени как животные, обладающие стратегией выживания, связанной с их экологическими особенностями [1–5]. Среди них можно назвать у некоторых видов фауны России значительные сезонные перелеты. У других видов – длительные (несколько месяцев) зимовки в пределах летних территорий обитания. Авторами отмечена вариабельность параметров крови рукокрылых, вызванная изменениями физиологического состояния и экстремальными особенностями пространственного размещения населения оседлых летучих мышей, обусловленными их сезонным жизненным циклом [6, 7]. Проведены исследования с целью оценки сезонной изменчи-

вости аминокислотного спектра плазмы крови бореального зимующего вида фауны рукокрылых Урала прудовой ночницы (*Myotis dasycneme* Voie, 1825).

Прудовая ночница отловлена в области высокой численности рукокрылых и в местах размещения их колоний (летних и зимовочных) на Южном и Среднем Урале в период 2013–2015 гг. Животные отловлены паутинными сетями на территории Челябинской области в окрестностях озера Малое Миассово (55°10'04" с.ш., 60°21'08" в.д.), а на территории Свердловской области в окрестностях Смолинской пещеры (Каменский район) и в самой пещере (56°25'44" с.ш., 61°36'44" в.д.). Этот вид был выбран неслучайно. На Урале прудовые ночницы имеют широкое распространение: на территории Пермского края – это сравнительно редкий вид, в Челябинской, Курганской областях – обычный вид. На территории Свердловской области – это широкораспространенный вид, занесенный в Красную книгу Свердловской области как “уязвимый вид”, III категория [8]. Уязвимость прудовой ночницы заключается в больших скоплениях особей на зимовках в Уральских пещерах – так в Смолинской пещере в некоторые годы зимовало более 1500 животных, в Аракаевской – более 200 [9]. Большинство пещер с зимовками активно посещаются туристами, и без специально охраняемого статуса этих пещер в них может происходить

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ “Вектор” Роспотребнадзора, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук, Ильменский государственный заповедник, Миасс, Россия

\*e-mail: kovalchuk@ipae.uran.ru

гибель животных из-за беспокойства во время спячки.

Исследования взрослых летучих мышей (*adultus*) без признаков заболеваний из природных популяций проведены летом (вторая декада июля – период воспроизводства популяции), осенью (третья декада сентября в период завершающей стадии подготовки к зимнему сезону), зимой (третья декада февраля в период продолжительного гипобиоза) и весной (первая декада апреля в завершающий период гипотермии и оцепенения). По данным зоологов, в спячку животные впадают в последней декаде сентября – начале октября, и первые пробуждения отмечены в третьей декаде апреля [9]. В период отлова среднесуточная температура воздуха на местности была в апреле от +3°C до +8°C, в июле +21°C...+23°C, в сентябре +5°C...+7°C. В феврале среднесуточная температура воздуха на местности была от –16°C до –20°C. Прудовая ночница зимует в глубине пещеры при температуре от 0°C до +2°C в условиях чрезвычайно высокой влажности: 90–100% [9].

Отлов и содержание животных ( $n = 65$ ), доставленных в лабораторию, осуществляли с соблюдением международных принципов Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным, используемых для экспериментальных и научных целей [10]. Физиологическое состояние животных оценивали по температуре тела (измеряли ректально датчиком электротермометра ТПЭМ-1) и по параметрам основного обмена (регистрировали по потреблению кислорода (мл/г час) с помощью газоанализатора МН-5130 (Россия)). Массу тела исследуемых животных определяли взвешиванием на электронных весах (Acculab PP-200dl1) с точностью  $\pm 0.1$  г. Забор крови (400–800 мкл) осуществляли после декапитации животных в стерильные охлажденные вакуумные пробирки “BD Vacutainer” с ЭДТА (Великобритания). Плазму получали центрифугированием крови в рефрижераторной ультрацентрифуге К-23 D (Германия) в течение 15 мин при 3000 об/мин. Триглицериды определяли в плазме крови энзиматическим колориметрическим методом с использованием наборов фирмы “BioSystems” (Испания). Содержание свободных аминокислот (АК) определяли методом ионообменной хроматографии на анализаторе ААА-339М (Microtechna, Чехия). Выполнен анализ 946 аминокислотных проб.

Результаты обработаны с использованием пакета лицензионных прикладных программ “Statistica v. 10.0”. Метод главных компонент (РСА) реализован посредством статистической среды R (R 3.1.2, пакеты “Vegan” и “Ade4”) [11].

Фонд свободных аминокислот плазмы крови исследованных особей *M. dasycneme* представлен 22 АК и их дериватами. Отмечен полный спектр

незаменимых АК: треонин, валин, лизин, лейцин, изолейцин, метионин, фенилаланин, аргинин, гистидин, триптофан. Многомерный непараметрический анализ показал отсутствие значимых гендерных различий у рукокрылых по суммарной концентрации 14 свободных АК в сезонные периоды их годового жизненного цикла (табл. 1).

Фонд свободных АК в плазме крови самцов и самок снижается в ряду времен года: лето  $\geq$  осень  $\geq$  зима  $>$  весна ( $p = 0.0001$ ) (табл. 1). В аминокислотном спектре плазмы не обнаружены пролин и цитруллин. Триптофан (осень-зима) и аспарагин (осень-зима-весна) определены в следовых количествах в период продолжительной гибернации летучих мышей. Максимальные концентрации свободных АК:  $1420.5 \pm 143.4$  мкмоль/л в плазме крови наблюдались летом – в период размножения и активного набора массы тела ( $14.7 \pm 0.2$  г) рукокрылых. Осенью, в третьей декаде сентября при подготовке насекомоядных рукокрылых к продолжительной гибернации, продолжающейся более полугода, в их крови отмечено снижение уровня аминокислотного обмена на 23% (табл. 1).

При этом ректальная температура самцов прудовой ночницы повышается на 20% по сравнению с летним периодом, тогда как у самок она остается стабильной. В осенний период у животных показана повышенная интенсивность основного обмена ( $5.6 \pm 0.4$  мл/г час,  $p = 0.001$ ). Активация основного обмена в 1.6 раза по сравнению с летним периодом отмечена и у летучих мышей в состоянии гипобиоза зимой. В третьей декаде февраля в период длительного гипобиоза у животных наблюдается на 25%, а у весенних особей – на 33% падение массы тела относительно осенних животных ( $p = 0.0001$ ). В заключительный период гибернации, продолжающийся более шести месяцев (первая декада апреля), в крови весенних особей отмечено минимальное содержание фонда свободных АК:  $681.3 \pm 46.4$  мкмоль/л ( $p = 0.0002$ ). Ректальная температура у самок поддерживается на уровне показателей зимних животных  $26.5 \pm 2.8^\circ\text{C}$  ( $p = 0.52$ ), но у самцов в первой декаде апреля она снижается до  $15.5 \pm 0.8^\circ\text{C}$ .

Содержание в крови триглицеридов, ответственных за липидный обмен в зимний период торпора, возрастает у самок в 3 раза и у самцов в 1.7 раза ( $p = 0.04$ ) в сравнении с осенним периодом. Полученные данные подтверждают, что протяженные во времени экстремальные условия среды предполагают срочное вовлечение энергетической и пластической систем в процессы адаптации и аварийного регулирования, и участие в данных условиях АК играют решающую роль. Доминирующими аминокислотами в летний период у летучих мышей являются аланин, глутамин, глицин и сульфаминокислота таурин.

**Таблица 1.** Сезонная динамика аминокислот в плазме крови *M. dasycneme* (самцы+самки)

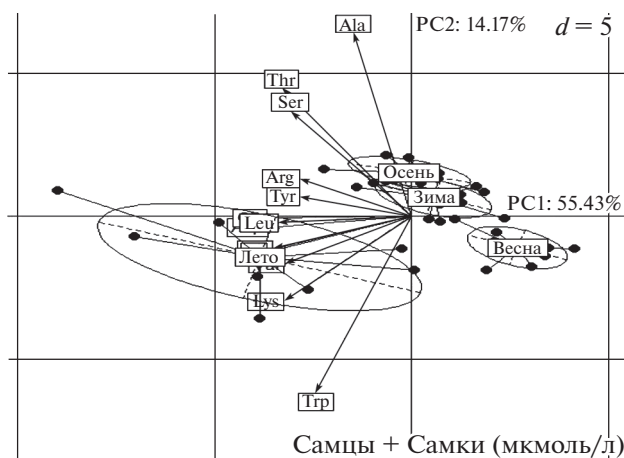
| АК, %                | I. Лето<br>(n = 9)                                       | II. Осень<br>(n = 9)            | III. Зима<br>(n = 15)                   | IV. Весна<br>(n = 10)                       | F <sub>obs</sub><br>p <sup>©</sup> |
|----------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
|                      | $\bar{X}_{boot} \pm SE_{boot}$ [95% CI <sub>boot</sub> ] |                                 |                                         |                                             |                                    |
| Taurine              | 8.0 ± 1.2<br>[5.9–10.3]                                  | 11.7 ± 2.2<br>[7.7–16.4]        | 9.5 ± 0.6<br>[8.4–10.8]                 | 32.8 ± 3.1* <sup>▲</sup><br>[26.6–38.6]     | 35.5<br>0.0001                     |
| Aspartic acid        | 4.9 ± 0.4<br>[4.2–5.6]                                   | 3.6 ± 0.4<br>[2.8–4.4]          | 2.7 ± 0.3*<br>[2.1–3.3]                 | 2.7 ± 0.5*<br>[1.8–3.7]                     | 6.2<br>0.003                       |
| Threonine            | 4.7 ± 0.4<br>[3.9–5.5]                                   | 6.7 ± 0.4*<br>[5.9–7.6]         | 5.7 ± 0.4<br>[5.1–6.5]                  | 3.2 ± 0.5* <sup>¶</sup><br>[2.3–4.1]        | 10.2<br>0.0002                     |
| Serine               | 4.9 ± 1.0<br>[3.2–7.0]                                   | 6.6 ± 0.9<br>[5.2–8.5]          | 5.9 ± 0.5<br>[5.0–7.0]                  | 3.5 ± 0.7* <sup>¶</sup><br>[2.3–4.8]        | 2.8<br>0.05                        |
| Glutamine            | 9.1 ± 0.5<br>[8.2–10.0]                                  | 6.9 ± 0.7*<br>[5.7–8.2]         | 6.7 ± 0.3*<br>[6.1–7.3]                 | 8.2 ± 0.8<br>[6.7–9.8]                      | 3.9<br>0.01                        |
| Alanine              | 9.8 ± 0.9<br>[8.1–11.6]                                  | 24.4 ± 1.5*<br>[21.5–27.4]      | 20.7 ± 1.4*<br>[18.2–23.4]              | 10.5 ± 1.3* <sup>¶</sup><br>[8.2–13.9]      | 25.3<br>0.0001                     |
| Valine               | 3.6 ± 0.6<br>[2.3–4.7]                                   | 2.3 ± 0.3<br>[1.8–2.8]          | 2.5 ± 0.2<br>[2.1–2.8]                  | 3.6 ± 0.3* <sup>¶</sup><br>[2.9–4.2]        | 3.6<br>0.02                        |
| Isoleucine           | 1.6 ± 0.2<br>[1.3–2.0]                                   | 1.2 ± 0.1<br>[1.0–1.5]          | 0.9 ± 0.1* <sup>▲</sup><br>[0.7–1.0]    | 0.8 ± 0.1* <sup>▲</sup><br>[0.6–1.0]        | 9.3<br>0.0002                      |
| Leucine              | 2.5 ± 0.3<br>[1.9–3.2]                                   | 2.0 ± 0.2<br>[1.5–2.4]          | 2.5 ± 0.2<br>[2.2–2.9]                  | 1.9 ± 0.2<br>[1.6–2.4]                      | 2.1<br>0.13                        |
| Tyrosine             | 1.6 ± 0.2<br>[1.2–2.1]                                   | 1.2 ± 0.1<br>[1.0–1.4]          | 1.7 ± 0.1* <sup>▲</sup><br>[1.5–2.0]    | 1.0 ± 0.3* <sup>¶</sup><br>[0.5–1.6]        | 3.3<br>0.03                        |
| Tryptophan           | 2.3 ± 0.4<br>[2.5–4.1]                                   | следы                           | следы                                   | 1.7 ± 0.3*<br>[1.2–2.3]                     | 40.3<br>0.0001                     |
| Lysine               | 5.6 ± 0.4<br>[4.7–6.4]                                   | 3.0 ± 0.3*<br>[2.5–3.6]         | 4.7 ± 0.4* <sup>▲</sup><br>[4.1–5.5]    | 4.7 ± 0.4* <sup>▲</sup><br>[3.9–5.5]        | 6.3<br>0.002                       |
| Histidine            | 1.0 ± 0.3<br>[0.6–1.5]                                   | 0.9 ± 0.1<br>[0.7–1.1]          | 1.5 ± 0.1* <sup>▲</sup><br>[1.3–1.8]    | 1.1 ± 0.1<br>[0.9–1.4]                      | 3.6<br>0.02                        |
| Arginine             | 2.4 ± 0.4<br>[1.6–3.4]                                   | 1.9 ± 0.3<br>[1.2–2.5]          | 2.5 ± 0.3<br>[2.0–3.1]                  | следы                                       | 13.2<br>0.0001                     |
| ГТАК, гликогенные АК | 66.2 ± 1.5<br>[63.3–69.2]                                | 75.1 ± 1.8*<br>[71.3–78.5]      | 68.0 ± 1.1* <sup>▲</sup><br>[65.8–70.2] | 46.4 ± 3.1* <sup>▲</sup><br>[40.6–52.8]     | 34.3<br>0.0001                     |
| Фонд АК, мкмоль/л    | 1420.5 ± 143.4<br>[1158.6–1720.6]                        | 1098.3 ± 72.1<br>[963.6–1241.4] | 914.1 ± 43.5*<br>[829.7–1000.0]         | 681.3 ± 46.4* <sup>▲</sup><br>[586.9–767.6] | 12.9<br>0.0001                     |

\* – статистически значимые различия: I и II, I и III, I и IV ( $p < 0.05$ ); <sup>▲</sup> – статистически значимые различия: II и III, II и IV ( $p < 0.05$ ); <sup>¶</sup> – статистически значимые различия: III и IV ( $p < 0.05$ );  $\bar{X}_{boot} \pm SE_{boot}$  – среднее арифметическое и ошибка среднего бутстреп-распределения; [95% CI<sub>boot</sub>] – доверительный интервал бутстреп-распределения; <sup>©</sup> –  $p = \Pr(F_{ran} \geq F_{obs})$  – двухфакторный дисперсионный анализ с перестановочным тестом (рандомизация).

Их суммарный пул (571 мкмоль/л) составляет 40% от общего фонда свободных АК (табл. 1).

Осенью при подготовке летучих мышей к периоду гibernации отмечается значительная аккумуляция гликогенных АК (75.1% от фонда АК), связанных с межклеточным обменом белков, жиров и углеводов, и, соответственно, участвующих в механизмах низкотемпературной адаптации. Следует отметить в фонде АК прудовых ночниц

возрастание процентного содержания аланина осенью перед началом зимнего гипобиоза до 24.4% и в зимний период до 20.6%. Значительная аккумуляция метаболически активного гликопластического аланина в крови прудовой ночницы в осенний (в 2.5 раза) и зимний (в 2.2 раза) периоды активизирует скорость синтеза гликогена и глюкозы из других источников, что позволяет предполагать криопротекторную роль аминокис-



**Рис. 1.** Свободные аминокислоты плазмы крови (мкмоль/л) самцов и самок прудовой ночницы в разные сезоны (весна, лето, осень, зима) года в пространстве первых двух главных компонент. PC1, PC2 – оси главных компонент, % – процент дисперсии данных, объясненных главной компонентой; стрелки отражают корреляцию главных компонент 1 и 2 с исходными показателями (аминокислоты); эллипсы представляют собой 95% доверительные области.

лоты в условиях низкоположительных и околонулевых температур среды обитания. Весной при выходе животных из гипобиоза в плазме крови отмечали снижение в общем фонде свободных АК пула глюкогенных АК до 46.4%. Однако на фоне снижения общего фонда свободных АК в плазме крови прудовой ночницы в завершающий весенний период гибернации обращает на себя внимание статистически значимое 4-х кратное возрастание таурина – АК, обладающей антиоксидантными и мембраностабилизирующими свойствами ( $p = 0.0003$ ). Достаточно интенсивная аккумуляция сульфаминокислоты таурина весной существенно компенсирует снижение пулов таких АК, как аланин в 1.9 раза, валин в 2.3 раза, аспарат в 4.0 раза, треонин в 3.3 раза, глутамин в 2.2 раза, глицин в 4.9 раза ( $p = 0.001$ ). Серосодержащим АК и их дериватам принадлежит связующая роль в интеграции основных метаболических процессов, что связано не только с энергетическим обменом и участием в синтезе нуклеиновых кислот, коллагена и других белков, но и с обеспечением клеточного и гуморального иммунитета в предстоящий период активного летнего роста и развития в условиях сезонной акклимации. Результаты исследования показали, что у летучих мышей, находящихся в состоянии гибернации, практически отсутствуют половые различия по количественной структуре аминокислотного спектра, что, несомненно, указывает на единство обменных процессов самцов и самок, направленных на поддержание гомеостаза в условиях дли-

тельного воздействия низких положительных и околонулевых температур.

Анализ данных методом главных компонент (РСА) позволил визуализировать сезонную изменчивость аминокислотного спектра в плазме крови прудовой ночницы, подтверждая результаты представленного выше статистического анализа (рис. 1). Анализ сезонной динамики свободных АК (мкмоль/л) в плазме крови прудовой ночницы показал, что 55.43% общей дисперсии приходится на первую главную компоненту PC1 и 14.17% – на вторую PC2. По первой главной компоненте показана сезонная вариабельность содержания АК плазмы крови летучих мышей и их дифференциация на три сезонных группы животных: летняя, осенняя+зимняя и весенняя. Выявлены высокие коэффициенты корреляции с PC1 и значимый вклад в компоненту восьми АК: глицина (10.47%), изолейцина (10.34%), аспарагиновой кислоты (10.21%), глутамина (9.53%), лейцина (8.91%), треонина (8.33%), лизина (8.18%), валина (8.07%). Вторая главная компонента PC2, с которой коррелируют аланин (0.76), триптофан (–0.74), треонин (0.53), сформировала три сезонные группы: весенняя, летняя, осенняя+зимняя. Значимый вклад в компоненту отмечен для аланина (31.68%), триптофана (29.33%), треонина (15.40%) при достаточно высоких коэффициентах корреляции с PC2 (рис. 1).

Таким образом, впервые представлен сравнительный анализ содержания свободных аминокислот в плазме крови у представителей рукокрылых фауны Урала *Myotis dasycneme* (Voie, 1825) в сезонные периоды их годового жизненного цикла. Результаты исследований подтверждают регуляторную роль свободных аминокислот в формировании адаптивной стратегии, обеспечивающей устойчивость популяционного гомеостаза прудовой ночницы в условиях перманентно меняющегося температурного режима сравнительно короткого уральского лета и продолжительной холодной зимы.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН (№ 122021000091-2).

#### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Отлов и содержание животных в лаборатории осуществляли с соблюдением международных принципов Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным, используемых для экспериментальных и научных целей [10].

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы не имеют конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Voigt C.C., Kingston T. (eds) Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a Changing World. Springer International Publishing, 2016.
2. Zukal J., Pikula J., Bandouchova H. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect // Mammalian Biology. 2015. V. 80 (3). P. 220–227.
3. Russo D., Ancillotto L. Sensitivity of bats to urbanization: a review // Mammalian Biology. 2015. V. 80 (3). P. 205–212.
4. Breed A.C., Field H.E., Smith C.S., et al. Bats Without Borders: Long-Distance Movements and Implications for Disease Risk Management // EcoHealth. 2010. V. 7. P. 204–212.
5. Первушина Е.М., Замшина Г.А., Николаева Н.В., и др. Трофические связи насекомоядных рукокрылых на юге Среднего Урала // Вестник Удмуртского университета. Серия биология. Науки о Земле. 2011. № 3. С. 65–74.
6. Kovalchuk L., Mishchenko V., Chernaya L., et al. Haematological parameters of pond bats (*Myotis dasycneme* Boie, 1825, Chiroptera: Vespertilionidae) in the Ural Mountains // Zoology and Ecology. 2017. V. 27. № 2. P. 168–175.
7. Ковальчук Л.А., Мищенко В.А., Черная Л.В., и др. Особенности иммуногематологических параметров перелетного (*Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758) и оседлого (*Myotis dasycneme* Boie, 1825) видов рукокрылых фауны Урала // Доклады РАН. Науки о жизни. 2021. Т. 501. № 6. С. 543–546.
8. Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы / отв. ред. Н.С. Корытин. Екатеринбург: ООО Мир, 2018.
9. Большаков В.Н., Орлов О.Л., Снитко В.П. Летучие мыши Урала. Екатеринбург, 2005.
10. Yarrri D. The Ethics of Animal Experimentation. Oxford: Oxford University Press. 2005.
11. Chessel D., Dufour A.B., Thioulouse J. The age4 package-I: One-table methods / R News. 2004. № 4. P. 5–10.

## ASSESSMENT OF SEASONAL VARIABILITY OF THE SPECTRUM OF FREE AMINO ACIDS IN THE BLOOD PLASMA OF THE BOREAL BAT SPECIES (*MYOTIS DASYCNE ME* BOIE, 1825) OF THE URAL FAUNA

L. A. Kovalchuk<sup>a,#</sup>, V. A. Mishchenko<sup>a,b</sup>, L. V. Chernaya<sup>a</sup>, V. P. Snit'ko<sup>c</sup>,  
and Academician of the RAS V. N. Bolshakov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>b</sup> Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the SSC VB "Vector" Rosпотребнадзор, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>c</sup> South Ural Federal Scientific Centre of Mineralogy and Environmental Geology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ilmen Reserve, Miass, Russian Federation

<sup>#</sup>e-mail: kovalchuk@ipae.uran.ru

For the first time, a comparative analysis of the content of free amino acids in the blood plasma of a representative of the bat fauna of the Urals, *Myotis dasycneme* (Boie, 1825), in seasonal periods of their annual life cycle are presented. The blood plasma of the pond bats contains a full spectrum of essential amino acids: threonine, valine, lysine, leucine, isoleucine, methionine, phenylalanine, arginine, histidine, tryptophan. A significant accumulation of metabolically active glucoplastic alanine in the blood of *M. dasycneme* in the autumn (2.5 times) and winter (2.2 times) periods indicates its role as a low-temperature adaptogen.

**Keywords:** pond bats, free amino acids, seasonal variability