

Член-корреспондент АН СССР В.Н. БОЛЬШАКОВ, Н.К. МАЗИНА, Н.Г. ЕВДОКИМОВ

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГЕТИКИ
ТКАНЕВОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБМЕНА
У ЧЕРНОЙ И БУРОЙ МОРФ СЛЕПУШОНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Полиморфизм — наличие нескольких хорошо отличимых типов животных в пределах одного вида — рассматривается как общевидовое приспособление, направленное на поддержание благополучия отдельных популяций [1, 2]. Изучение полиморфных типов имеет поэтому важное значение в познании процессов адаптации животных. Среди сравнительно небольшого количества полиморфных видов млекопитающих нашей фауны значительный интерес в этом плане представляет обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770), у которой известны бурая и черная морфы.

Наши исследования 1975–1980 г.г. позволили выявить на Урале четкую географическую изменчивость слепушонок по окраске меха в направлении с юго-запада на северо-восток. Установлено, что в Кунашакском р-не Челябинской области слепушонка обыкновенная представлена только черной морфой. В Баймакском р-не Башкирской АССР окраска слепушонок бурая (рыжеватая), но встречаются меланисты (10–15%) и особи с переходной окраской. В Наурзумском р-не Кустанайской области все зверьки бурые, но более светлого оттенка, чем башкирские. Изучение других морфологических особенностей слепушонки в этих районах (выборки взяты в мае, июле, сентябре 1980 г. в количестве 333 экземпляров) показало, что географических и сезонных различий в весе и длине тела, а также в кондилобазальной длине черепа взрослых особей, независимо от пола, нет. Анализ морфологических показателей бурой и черной морф разных возрастных групп из одной точки (Башкирской АССР, Баймакский р-н) не выявил также никаких различий. Однако сравнительный анализ географической и сезонной изменчивости интерьерных показателей — относительного веса печени, сердца и почек (рис. 1) — свидетельствует о том, что изменение окраски меха у слепушонки обыкновенной, по-видимому, сопровождается и некоторыми физиологическими перестройками, в чем проявляется приспособительная реакция вида на изменение градиента среды.

Известно, что роющий образ жизни слепушонки сопряжен со значительными энерготратами, а обитание под землей позволяет предполагать наличие тканевых адаптаций как к физическим нагрузкам, так и к гипоксической гипоксии. В связи с этим было необходимо выяснить, существуют ли различия у двух цветовых морф в энергетике обмена веществ и как изменяется при этом энергетическая стоимость тканевых адаптаций.

В настоящем сообщении сопоставлены данные по окислительному и энергетическому обмену в печени бурой и черной морф слепушонки, доставленных из Баймакского р-на Башкирской АССР ($n = 39$) и Кунашакского р-на Челябинской области ($n = 34$). Работа проводилась на взрослых самцах и самках весом $43,5 \pm 3,5$ г, интактных и после акклиматизации к холоду ($-5-0^\circ\text{C}$) в течение 8–10 дней. Митохондрии выделяли дифференциальным центрифугированием в $0,25\text{ M}$ сахарозе. Параметры окисления и фосфорилирования определяли полярографическим методом с помощью электрода Кларка в объеме 1 мл при температуре 37°C . Среда инкубации содержала $0,15\text{ M}$ сахарозу, $0,02\text{ M}$ трис-НСI (рН 7,4), $0,02\text{ M}$ $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_4$, $0,005\text{ M}$ MgCl_2 , $0,002\text{ M}$ ЭДТА и $1,7-2,5$ мг белка митохондрий печени.

Данные по изучению метаболической значимости внутренних органов (рис. 2а) показывают, что при воздействии низкой температуры меланисты перестраивают

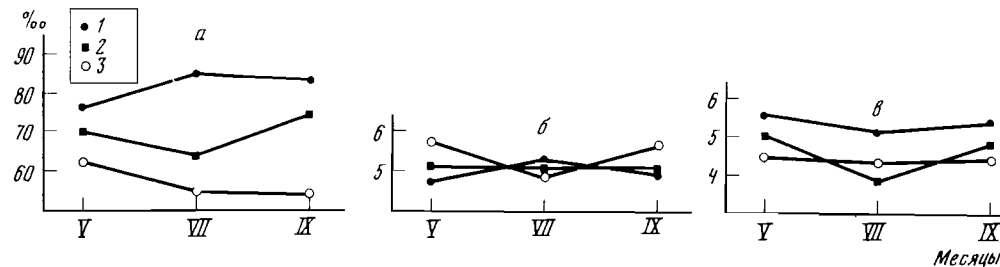


Рис. 1. Некоторые морфофизиологические показатели обыкновенной слепушонки в разное время года (взрослые особи): а — относительный вес печени, б — сердца, в — почки. 1 — Челябинская обл., 2 — Кустанайская обл., 3 — Башкирская АССР

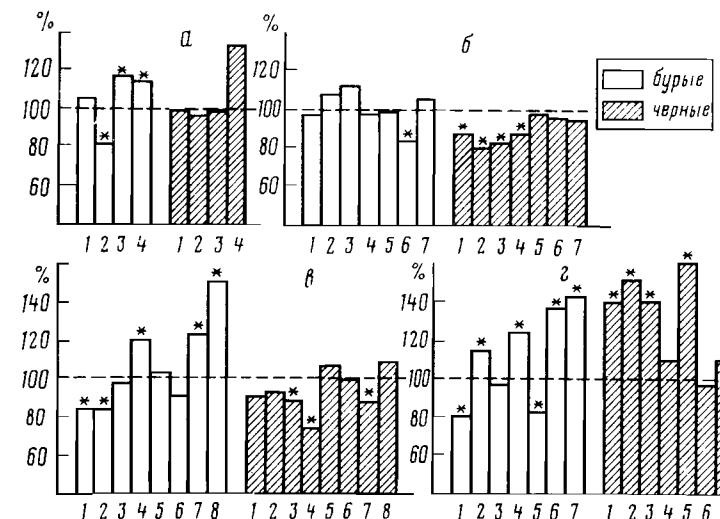


Рис. 2. Изменение некоторых интерьерных показателей (а), окислительного и энергетического обмена (б-г) в печени бурой и черной морф слепушонки обыкновенной в результате одноактивной акклиматизации к холоду (% к уровню контрольных животных — горизонтальная пунктирная линия). Звездочка — различия достоверны ($p < 0,05$), а — относительный вес внутренних органов: 1 — сердце, 2 — печень, 3 — почка, 4 — надпочечник; б — дыхание и фосфорилирование митохондрий печени при окислении янтарной кислоты, в — при окислении глутаминовой кислоты; 1 — дыхание в состоянии покоя ($V_{4п}$), 2 — дыхание в активном состоянии (V_3), 3 — скорость дыхания в состоянии 4 "отдыха" (V_{40}), 4 — скорость фосфорилирования АДФ ($V_{ф}$), 5 — стимуляция дыхания ($СД = V_3/V_{4п}$), 6 — дыхательный контроль ($ДК = V_3/V_{4п}$), 7 — коэффициент энергетического сопряжения — АДФ/О, 8 — количество митохондрий (мг белка митохондрий на 1 г сырого веса печени); г — окисление эндогенных субстратов: 1 — скорость эндогенного дыхания ($V_{энд}$), 2 — скорость дыхания с 2,4-ДНФ ($V_{ДНФ}$), 3 — скорость дыхания в присутствии 2 мМ амитала ($V_{ам}$), 4 — амиталчувствительное дыхание (% к $V_{ДНФ}$), 5 — дыхание в присутствии 3 мМ малоната ($V_{малон}$), 6 — доля малонатчувствительного дыхания, 7 — стимулирующее действие ДНФ ($V_{ДНФ}/V_{энд}$)

свой энергетический обмен в тканях за счет мощности ферментативных систем, не затрагивая дополнительных структур клетки. Неспособность тканевых систем энергообеспечения бурой морфы поддерживать энергетический баланс на должном уровне ведет к активации "дорогостоящих" с энергетической точки зрения биосинтетических процессов и гипертрофии сердца и почек, а также массивному расходу питательных веществ, депонированных в печени. Холодовая гипертрофия надпочечников, особенно хорошо выраженная у меланистов, что свидетельствует о лучшей приспособленности к холоду, объясняется использованием катерогонным

эффектом одного из его гормонов — норадреналина, а также ключевой ролью последнего в формировании метаболических холодовых адаптаций [3, 4].

Исходный уровень дыхательной и фосфорилирующей активности митохондрий интактных меланистов (на экзогенных субстратах) был существенно ниже, чем у бурых, причем достоверные различия наблюдались только по параметрам, характеризующим эффективность окислительных процессов в ткани. Таким образом реализовалась способность черной морфы при меньшей интенсивности активного дыхания и фосфорилирования достигать высокой эффективности энергетического обмена, независимо от прочности энергетического сопряжения. Тенденция к минимизации энерготрат меланистами отчетливо выявилась в комплексе метаболических перестроек после длительного холодового воздействия (рис. 2б–г). Окислительная и фосфорилирующая активность митохондрий бурой морфы на сукцинате (рис. 2б) почти не изменилась, хотя скорости дыхания в активном состоянии и состоянии покоя (V_3 и $V_{4п}$) несколько увеличились, вследствие чего дыхательный контроль понизился. При неизменных эффективности и прочности энергетического сопряжения митохондрии черных зверьков достоверно снижали скорости дыхания во всех метаболических состояниях, а также скорость фосфорилирования АДФ. На глутамате (рис. 2в) изменения показателей $V_{ф}$ и АДФ/О у двух цветовой морф имели противоположную направленность. Рост скорости фосфорилирования и коэффициента сопряжения сочетался с активацией пластического обмена в печени бурой морфы в результате хладогенного запуска биогенеза дополнительных клеточных структур (количество митохондрий печени в пересчете на митохондриальный белок увеличилось на 50%), тогда как экономное расходование энергетических субстратов тканями меланистов делало излишним дополнительное сжигание депонированных в печени питательных веществ или изменение массы других органов.

При изучении дыхания митохондрий на эндогенных субстратах (рис. 2г) выяснилось, что после охлаждения меланисты интенсивнее использовали эндогенные субстраты, уменьшали чувствительность к ингибирующему действию малоната и амитала, хотя бурая морфа, напротив, активировала сукцинатную и НАД-зависимую фракции дыхания, становилась более чувствительной к дыхательным ядам.

Таким образом, при дозированном охлаждении метаболизм черной морфы переключается на энергетически более выгодное использование субстратов, окисляющихся в обход малонат- и амиталчувствительных путей и обеспечивающих высокую степень энергизации тканевого дыхания и поддержание энергетического гомеостаза. Бурая морфа интенсифицирует окисление субстратов через основные дегидрогеназные системы, расточая часть энергии для "дорогостоящих" морфофункциональных реакций. Следовательно, способность меланистов экономно расходовать энергетические ресурсы ткани является, по-видимому, важной предпосылкой для освоения ими северной границы ареала вида.

Институт экологии растений и животных
Уральского научного центра
Академии наук СССР, Свердловск

Поступило
11 VIII 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Шварц С.С. Некоторые вопросы проблемы вида у наземных позвоночных животных. Свердловск, 1959, 132 с.
2. Большаков В.Н. В кн.: Современные проблемы изучения численности популяций животных, М., 1964, с. 15–16.
3. Хаскин В.В. Энергетика теплообразования и адаптация к холоду. Новосибирск: Наука, 1975, 142 с.
4. Jansky L., Bartuncova R., Zeisberger E. — *Physiol. bohemosl.*, 1967, vol. 16, № 4, p. 366–372.