

Г. Г. РУНКОВА, Л. А. КОВАЛЬЧУК, А. П. ЯСТРЕБОВ

**ДЫХАНИЕ И ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ
В МИТОХОНДРИЯХ ПЕЧЕНИ ПОЛЕВОК С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО
ОХЛАЖДЕНИЯ И АККЛИМАЦИИ**

(Представлено академиком С. С. Шварцем 17 III 1975)

Сравнительное изучение показателей энергетического обмена при действии экологических факторов у животных с разной степенью специализации представляет интерес в связи с вопросом о характере адаптации специализированных видов и внутривидовых группы (¹⁻³).

В настоящей работе исследовались дыхание и окислительное фосфорилирование в митохондриях печени северных и южных подвидов экономки и узкочерепной полевки, а также полевки Миддендорфа, при кратковременном экстремальном охлаждении (20 мин., -15°) и указанном экстремальном охлаждении после предварительной акклимации (9 дней, $0-3^{\circ}$). Исследовались самцы и самки 2, 4 и 8-месячного возраста 2-го и 20-го поколения из модельных популяций, основатели которых привезены из районов Среднего Урала (*Microtus oeconomus oeconomus* Pallas, *Microtus gregalis gregalis* Pal.) и с полуострова Ямал (*Microtus oeconomus chachlovi* Scalov, *Microtus gregalis major* Ognev, *Microtus Middendorffi* Poljakov).

Митохондрии выделены методом дифференциального центрифугирования (⁴). Показатели дыхания и окислительного фосфорилирования определяли полярографическим методом (⁵), используя в качестве субстратов сукцинат и глютамат. Ректальную температуру измеряли с помощью электротермометра ТЭМП-6. Поставлено 6 серий опытов по плану полного факторного эксперимента типа 2² и 2³ (⁶). Регрессионный анализ данных проведен в соответствии с выбранными планами (2, ⁶).

Результаты контрольных опытов показывают, что в печени полевки Миддендорфа уровень эндогенного дыхания ($V_{\text{энд}}$), интенсивность свободного окисления сукцината и глютамата (V_0), скорость их фосфорилирования ($V_{\text{ф}}$) и эффективность окисления АДФ/О значительно выше по сравнению с теми же показателями печени у полевок исследованных нами широко распространенных видов ($V_{\text{энд}}$ 58,9 и 35,5, v_0 191,8 и 115,9, $v_{\text{ф}}$ 636,1 и 233,0, АДФ/О 1,9 и 1,5 — на сукцинате; V_0 91,5 и 0, $V_{\text{ф}}$ 442,0 и 181,0, АДФ/О 2,2 и 1,4 — на глютамате). Интенсивность эндогенного дыхания, дыхания в присутствии субстрата и АДФ, за исключением свободного окисления глютаминовой кислоты, при экстремальном охлаждении полевок Миддендорфа стабильна (рис. 1 а, б). Имеется снижение в скорости фосфорилирования обоих субстратов в зависимости от возраста охлажденных животных и незначительное, но явное увеличение дыхательного контроля при окислении глютаминовой кислоты. Создается впечатление, что в адаптации субарктических видов полевок к низким температурам большее значение имеет окисление и окислительное фосфорилирование глютамата, так как высокий уровень скорости фосфорилирования на янтарной кислоте в митохондриях печени 4-месячных животных в условиях понижения скорости фосфорилирования глютамата и скорости его свободного окисления не способствует поддержанию ректальной температуры на уровне

нормы (уменьшение на 8°). У 8-месячных полевок Миддендорфа, несмотря на резкое снижение в скорости фосфорилирования сукцината, увеличивается темп окислительного фосфорилирования и свободного окисления глутаминовой кислоты. При этом ректальная температура при охлаждении снижается менее резко (на $4,2^\circ$).

Изменения в энергетическом обмене печени охлажденных экономок и узкочерепных полевок, как показывают результаты опытов, неоднозначны. Экономки при экстремальном охлаждении без предварительной акклиматизации и после нее резко увеличивают скорость фосфорилирования сукцината

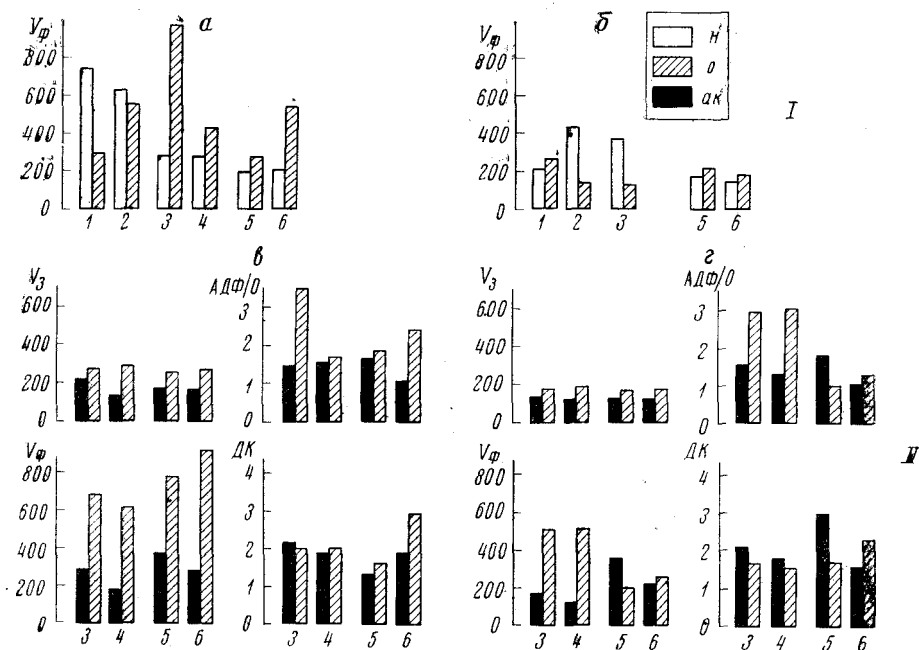


Рис. 1. Дыхание и фосфорилирование сукцината (а, в) и глутамата (б, г) в митохондриях печени полевок с разной степенью специализации при экстремальном охлаждении без предварительной акклиматизации (I) и после нее (II). 1, 2 — полевки Миддендорфа, 8 и 4-месячные соответственно; 3, 4 — экономки, северные и южные популяции соответственно; 5, 6 — узкочерепные полевки, северные и южные популяции. н — норма; о — охлажденные в условиях -15° , 20 мин.; ак — акклиматизированные в течение 9 дней к температуре $0-3^\circ$. Использованы расчетные данные (y), полученные с помощью адекватных уравнений. V_3 — скорость дыхания после добавления АДФ

(рис. 1 а, в). Скорость фосфорилирования глутамата увеличивается у экономок только при экстремальном охлаждении после предварительной акклиматизации (рис. 1 г). При экстремальном охлаждении эти изменения не сопровождаются сдвигами в величине других исследованных показателей. В опытах на акклиматизированных полевках при сильном охлаждении увеличение в скорости фосфорилирования сукцината происходит на фоне одновременного достоверного повышения дыхания в присутствии субстрата и АДФ (рис. 1 в, г). При этом в печени экономок северных и южных популяций наблюдается активация эффективности окисления глутамата (АДФ/О возрастает). Активация эффективности окисления сукцината имеется только в митохондриях печени северной популяции.

Узкочерепные полевки при экстремальном охлаждении без предварительной акклиматизации увеличивают скорость фосфорилирования сукцината и не изменяют скорость фосфорилирования глутамата (рис. 1а, б). В опытах с предварительной акклиматизацией и экстремальным охлаждением узко-

черенные полевки увеличивают скорость фосфорилирования сукцината. При этом в печени южных популяций наблюдается одновременное усиление дыхания в состоянии III, повышение коэффициента фосфорилирования (АДФ/О) и дыхательного контроля (рис. 1в). В печени узкочерепных полевок северной популяции уже в условиях предварительной 10-дневной акклимации достигается высокий уровень эффективности дыхания на глутамате (рис. 1г). Эффективность окисления сукцината в митохондриях печени акклиматизированных узкочерепных полевок северной популяции в условиях экстремального охлаждения не изменяется. Ректальная температура экономок и узкочерепных полевок 20-го поколения при экстремальном охлаждении без предварительной адаптации и после нее снижается на 4,2—3,8°.

Таким образом, внутри исследованных нами широко распространенных видов обнаружены два механизма адаптации к низким температурам: усиление скорости окислительного фосфорилирования сукцината и глутамата и усиление эффективности окислительного фосфорилирования данных субстратов (увеличение V_z и V_ϕ , АДФ/О и ДК — дыхательный контроль по Ларди и Уэллману, V_z/V_0). Охлажденные южные полевки-экономки и южные узкочерепные полевки интенсифицируют процесс приобретения энергии за счет окислительного фосфорилирования янтарной и глутаминовой кислот и одновременно увеличивают количество макроэргов, образующихся при потреблении одного микроатома кислорода. У северных популяций исследованных видов способность к усилению эффективности окислительного фосфорилирования испытанных субстратов ярче выражена: у северного подвида экономки — по отношению к сукцинату и глутамату, у северной популяции узкочерепной полевки — к глутамату. Высокий уровень эффективности окисления сукцината и глутамата, обнаруженный в норме у субарктического вида полевок, появляется у полевок широко распространенных таксонов при их охлаждении. По-видимому, есть основание считать, что повышенная эффективность энергетического обмена в печени полевок Миддендорфа находит проявление в более полном использовании или жизненных ресурсов среды, что обеспечивает высокую приспособляемость данного вида к условиям Субарктики.

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

Поступило
17 III 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. С. Шварц, Эволюционная экология животных, Свердловск, Изд-во УФАИ СССР, 1969, стр. 67. ² Г. Г. Рункова, Н. Ф. Завада, В. В. Купцова, Экология, № 3 (1974). ³ Г. Г. Рункова, Н. Ф. Завада, ДАН, т. 217, № 2 (1974). ⁴ Г. Хогсбум, В. Шнейдер, Цитоплазма, Сб.: Нуклеиновые кислоты, 1957. ⁵ Г. М. Франк, М. Н. Кондрашова, Руководство по изучению биохимического окисления полярографическим методом, «Наука», 1973. ⁶ В. Н. Максимов, В. Д. Федоров, Применение методов математического планирования экспериментов, М., Изд-во МГУ, 1969.