

Р. С. ОРЛОВ, Ю. П. ВЕДЕРНИКОВ

**ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
И МЕХАНИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КЛЕТОК СЕРДЦА ЛЯГУШЕК,
ОБИТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЯСАХ**

(Представлено академиком С. С. Шварцем 13 I 1971)

Изучение эколого-физиологических свойств североамериканских лягушек вида *Rana sylvatica* показало, что возбудимость скелетных мышц сохранялась при охлаждении до $-3 \div -5^\circ$, а сила сокращений при снижении температуры с 20 до 5° возрастала (¹).

В СССР в субарктических широтах обитает лягушка вида *Rana arvalis*, изучение эколого-физиологических свойств которой представляет интерес для понимания эволюционно-приспособительных механизмов адаптации амфибий к условиям низких температур. Мы провели сравнение электрических и механических реакций клеток сердца той же популяции остромордых лягушек (остров Ямал), на которых ранее были выполнены экологические (²) и эколого-физиологические (³) исследования С. С. Шварцем и сотрудниками его лаборатории, с реакциями клеток сердца лягушек того же вида *Rana arvalis*, но обитающих в зоне Среднего и Южного Урала. Первая форма была обозначена как «северная», вторая — «уральская». Контролем служили реакции клеток сердца *Rana ridibunda*, обитающих в Средней Азии и обозначенных нами как «южные».

Опыты проводились на изолированных полосках желудочков сердца (10×1 мм), помещенных в солевой раствор Вудбури и выдерживавшихся там в течение 45—60 мин. на фоне редкой стимуляции электрическими импульсами с периодом 10 сек. Электрические реакции регистрировались стеклянными микроэлектродами, заполненными 2,5 *M* хлористым калием, сократительные ответы полосок записывались посредством механотрона типа 6МХ1С. Электрические и механические реакции клеток исследовались при температурах 20; 10; 5; 0° .

При температуре среды 20° амплитудные и временные показатели электрической и механической активности клеток «северных» и «уральских» лягушек существенно не различались. Амплитуда и длительность внутриклеточных потенциалов действия колебались от 90 до 148 мВ и от 800 до 900 мсек. соответственно. Расстояние между наивысшей точкой сокращения (пик сокращения) и фазой реполяризации потенциала действия составляло у «северных» лягушек 70—350 мсек., у «уральских» 100—250 мсек. На рис. 1а и б приведены записи электрической и механической активности клеток обеих форм *Rana arvalis*.

Показатели электрической и механической активности клеток у лягушек контрольной группы при той же температуре (20°) отклонялись от исследованных выше параметров в основном в интервале между пиком сокращения и потенциалом действия. Практически во всех исследованных клетках *Rana ridibunda* наблюдалось совпадение во времени пика сокращения и потенциала действия или же реполяризация потенциала перекрывала пик сокращения (рис. 1в).

Снижение температуры до 10 и 5° вызывало увеличение длительности потенциалов действия и прирост амплитуды сокращений в клетках всех исследованных форм. Эта реакция совпадала с литературными данными (⁴).

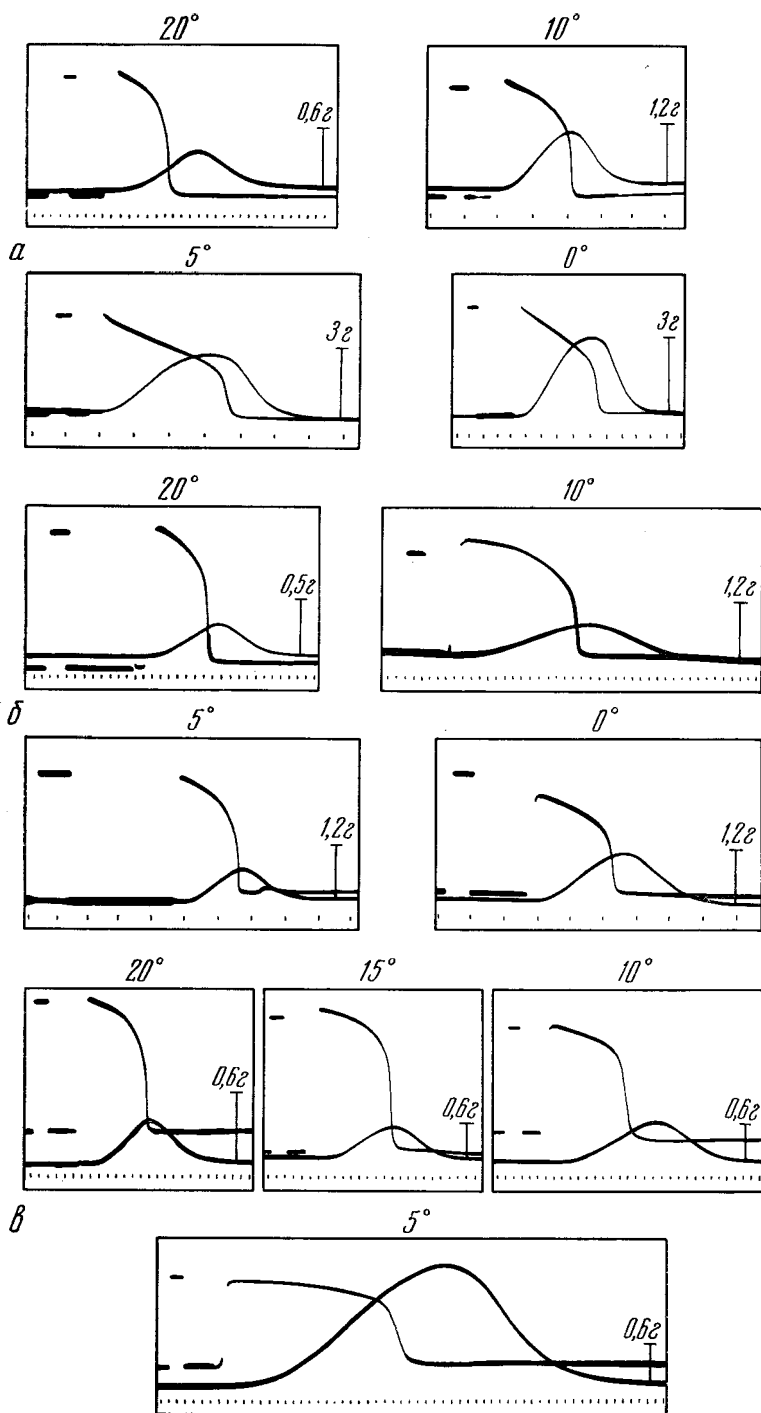


Рис. 1. Трансмембранный потенциал действия и сократительный ответ сердца лягушек при охлаждении. *a* — *Rana arvalis*, «северная» форма. Отметки времени: для 20° 100 мсек., для 10, 5, 0° 1 сек. *б* — *Rana arvalis*, «уральская» форма, при охлаждении. Отметки времени: для 20, 10° 100 мсек., для 5, 0° 1 сек. *в* — *Rana ridibunda*. Отметка времени 100 мсек. Вертикальные столбики — калибровка усиления механотрона (в граммах). Калибровка электрического сигнала 100 мв

Отчетливые различия были обнаружены в длительности интервала между потенциалом действия и пиком сокращения в клетках «северных» и «южных» лягушек. Так, если в клетках «северных» лягушек пик сокращения смещался по направлению к потенциалу действия, совпадал с ним и даже перекрывался фазой реполяризации потенциала действия (рис. 1), то в клетках «южных» лягушек происходила качественно противоположная реакция: возникала диссоциация между процессом возбуждения на мембране и сократительным актом, что проявлялось в увеличении расстояния между пиком сокращения и фазой реполяризации (рис. 1а). Так, если при 20° этот интервал практически равнялся 0, то при 10° он возрастал до 300 мсек., а при 5° — до 450—500 мсек.

В клетках «уральских» лягушек снижение температуры до 10—5° лишь незначительно увеличивало интервал между потенциалом действия и пиком сокращения: при 20° он равнялся 150—200 мсек., при 10° 200—300 мсек., при 5° 200—300 мсек (рис. 1б).

При температуре 0° направленность сдвигов электрической и механической реакций в клетках всех исследованных форм сохранилась прежней.

Проведенные эксперименты показали, что характер сопряжения электрических процессов на мембране с сократительными реакциями у исследованных форм неодинаков. При температуре 20° имеется совпадение во времени фазы конечной реполяризации и пика сокращения в клетках *Rana ridibunda*. При этих же температурах в клетках *Rana arvalis* «северной» и «уральской» форм регистрируется значительное отставание пика сокращения от потенциала действия. Иными словами, ход электрических процессов не совпадает с ходом сократительного акта. Можно предполагать, что температура 20° является неадекватной для обеспечения сопряжения электрических и механических реакций у клеток сердца лягушек вида *Rana arvalis*. Более низкие температуры, порядка 10 и 5, а также 0°, приводят к сдвигам в протекании электрических и механических процессов в клетках «северных» форм *Rana arvalis* в направлении синхронизации во времени электрической и механической реакций клеток, что находит отражение в существенном приросте амплитуды сокращений. В этих же условиях в клетках «южных» лягушек вида *Rana ridibunda* наблюдается диссоциация электрических и сократительных реакций. Таким образом, можно предполагать, что сопряжение во времени мембранных и сократительных процессов и рост амплитуды сокращений при понижении температуры в клетках лягушек, обитающих в субарктической зоне, свидетельствует об особенностях функционирования энергетических систем клеток данной формы.

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

Поступило
18 XII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ K. Miller, P. J. Dehlinger, Comp. Biochem. Physiol., 28, 915 (1969).
² Л. Я. Топоркова, С. С. Шварц, Природа, 10, 85 (1960). ³ С. С. Шварц, ДАН, 179, 1227 (1968). ⁴ P. Heintzen, Arch. ges. Physiol., 259, 381 (1954).