

ФИЗИОЛОГИЯ

С. Н. МАЦКО, А. Т. ЖМЕЙДО и В. М. СЕЛИВАНОВА

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ФУНКЦИЙ У ПОДВЕРГНУТЫХ ЗАМОРАЖИВАНИЮ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАМЕРЗАНИЯ И ТЕМПА ОТОГРЕВАНИЯ *

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 4 XII 1947)

В литературе имеются указания (²⁻⁴) на случаи оживания подвергнутых частичному замораживанию позвоночных холоднокровных животных. Однако вопрос о степени заморзания, вызывающей те или иные изменения, может быть решен только в параллельных опытах со вскрытием и с отогреванием подопытных животных, проведенных

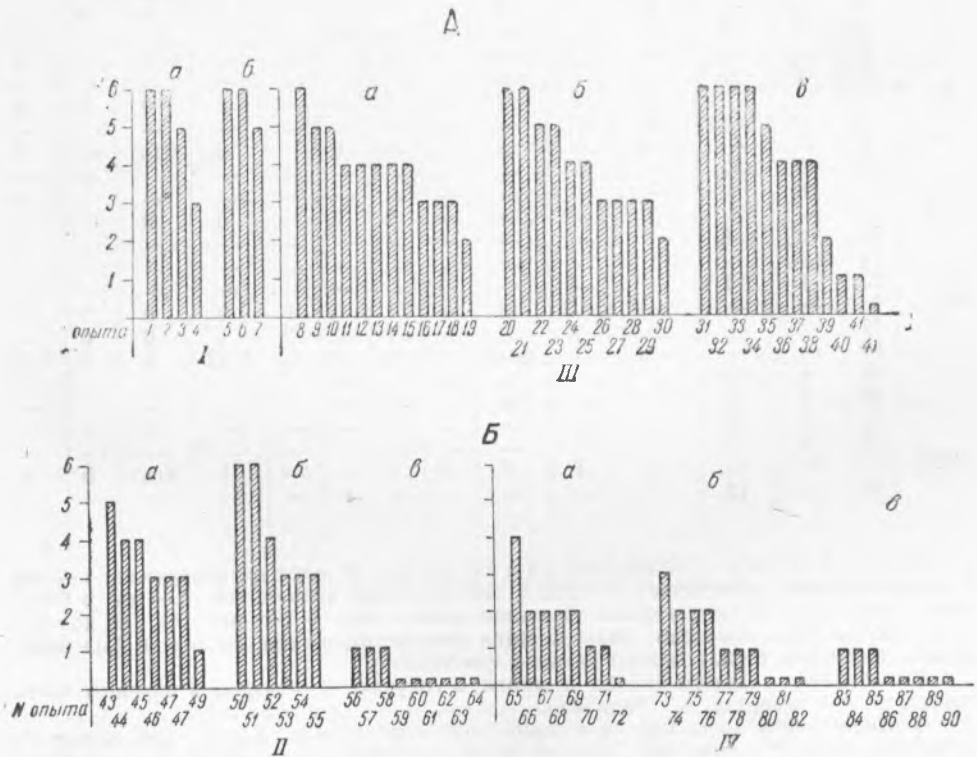


Рис. 1. Степень восстановления жизненных функций в зависимости от темпа отогревания (высота столбика — степень восстановления). Конечная температура тела при заморзании: А — 0,55 — 0,6°; Б — 0,8 — 0,9°С; а — быстрый темп отогревания, б — средний, в — медленный

* Опыты проводились на взрослых самцах *Rana temporaria*; вес лягушек в отдельных сериях опытов колебался в узких пределах. Способ фиксирования лягушек и методика термо-электрического определения температуры тела (ректальной) приведены в (1).

при прочих равных условиях, что до сих пор не было проделано. Поэтому нами был поставлен ряд опытов, в которых лягушки замораживались на воздухе при температуре —4— —5°С. Часть животных вскрывалась, и у них устанавливалась степень замерзания, а другая часть после такого же снижения температуры тела отогревалась, и у них отмечалась степень восстановления жизненных функций.

Полученные нами данные (табл. 1 и 2) указывают на то, что стадия замерзания, на которой может появляться лед в крови сердца, когда имеется промерзание мускулатуры конечностей и встречаются значительные количества льда в полости тела и в полости черепа (без

Таблица 1
Опыты по замораживанию лягушек, у которых конечная температура тела была около —0,6° С

№ серии опытов	№ опыта	Степень восстановления жиз- ненных функций*	Длительность жизни в днях	Степень замерзания различных органов										
				Полковые полости	Мускулатура конечностей	Полость тела	Глазное ябло- ко	Полость че- репа	Спинно-мозго- вой канал	Кровь в в. abdominalis	Сердце	Печень	Почки	Семенники
I	1	—	—	4	3	3	3	2	—	—	1	—	—	—
	2	6	>40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II	3	—	—	3	3	3	—	1	—	—	3	0	0	+
	4	4	8	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	—
III	5	—	—	2	3	1—2	—	2	—	—	—	0	—	0
	6	4	11	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—
IV	7	—	—	3	3	2	—	2	—	—	2	0	0	0
	8	6	>60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	9	—	—	2—3	2	2	3	1	0	—	0	0 (п)	—	0
	10	6	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI	11	6	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	—	—	2	3—2	3—2	—	2	0	—	0	0	—	0
VII	13	6	>11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14	4	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	15	4	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	16	—	—	2—3	2—3	2	—	1	0	0	0	0	0	—
VIII	17	—	—	2	2	2	—	1	0	2	1	0	0	—
	18	—	—	2—3	3	2—3	—	2	1	2	1—2	0	0	0 (п)
VIII	19	6	>15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	21	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII	23	—	—	4	4	2	3	2	—	—	1	0 (п)	0	0
	24	2	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Обозначения степеней замерзания: 0 — лед не обнаружен; 1 — лед в незначительном количестве; 2 — лед в значительном количестве; 3 — лед в большом количестве; 4 — лед в очень большом количестве; + лед имеется, но количество льда не было отмечено; (п) — имеется уплотнение органа, но лед не был обнаружен (возможно, в силу малого размера кристаллов).

В отношении глазного яблока и крови в сосудах: 3 — замерзла большая часть жидкости; 4 — замерзла вся жидкость.

В отношении полости черепа и спинно-мозгового канала: 1 и 2 — небольшое (1) и значительное (2) количество льда, но только на поверхности мозга; 3 — лед обнаружен в самом мозгу; 4 — сильное промерзание вещества мозга.

В отношении сердца: 1, 2 и 3 — появление соответственно возрастающих количеств льда в сердце; 4 — сильное промерзание крови в сердце и промерзание стенки желудочка сердца.

появления льда в самом мозгу), не вызывает, как правило, грубых изменений, и основные жизненные функции восстанавливаются.

* См. примечание на стр. 819.

Стадия замерзания, на которой имеются отложения льда в головном мозгу и значительные отложения льда в стенке (в желудочке) сердца, при полном замерзании крови в сердце вызывала грубые необратимые изменения, и полное стойкое восстановление основных жизненных функций, как правило, не имело места*. Некоторые

Таблица 2

Опыты по замораживанию лягушек, у которых конечная температура тела $-0,83$ — $-1,0^{\circ}$ C

№ серии опытов	№ опыта	Способ отогревания	Степень восстановления жизненных функций	Длительность жизни в днях	Степень замерзания различных органов												
					Подкожные полости	Мускулатура		Плоскость тела	Глазное яблоко	Полость черепа	Спинно-мозговой канал	Кровь в v. abdominals	Сердце	Печень	Почки	Семенники	
						конечностей	груди и спины										
IX	25	Вода + 20°	—	—	4	4	4	4	4	—	—	—	4	—	—	—	+
	26		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X	27	Вода + 20°	—	—	4	4	3	4	—	—	—	—	4	0 (п)	0 (п)	—	—
	28		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XI	29	Вода + 20°	—	—	3—4	3—4	3—4	4	4	4	1	—	4	+	0	0	0
	30		—	—	3—4	4	3—4	4	4	4	2	3—4	4	0 (п)	0 (п)	0 (п)	0 (п)
	31		—	—	3	4	3	3—4	4	4	1	3	4	0 (п)	0 (п)	0 (п)	0 (п)
	32		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
	33		4	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	34		2	(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	36		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	37		2	(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	38		2	Воздух + 15°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	1	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
XII	40	Вода + 20°	—	—	3—4	4	3	3	4	4	0	3	3	0 (п)	0	+	+
	41		—	—	4	4	3	4	—	4	2	3—4	4	0	—	0	0
	42		—	—	3—4	3—4	3	3—4	—	3	0	4	4	0 (п)	0	0 (п)	0 (п)
	43		—	—	3	4	3—4	3	—	3	1	+	4	0 (п)	0	—	—
	44		—	—	3—4	4	—	3	—	4	2	3	3	0 (п)	0 (п)	0 (п)	0 (п)
	45		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	46		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	47		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	48		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	49		0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	3	Воздух + 15°	(1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
51	0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
52	1		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Обозначения те же, что и в табл. 1.

патологические явления (отсутствие самопроизвольных движений, роговичного рефлекса и дыхательных движений) можно связать с появлением льда в головном мозгу.

Остановимся теперь на влиянии, оказываемом скоростью отогревания. В литературе мы не встретили систематических, проведенных

* Мы различали следующие степени восстановления жизненных функций: 0 — признаки жизни отсутствовали; 1 — восстанавливалась только сердечная деятельность; 2 — восстанавливалась сердечная деятельность и двигательная реакция при механическом раздражении; 3 — кратковременное и 4 — стойкое восстановление основных жизненных функций; 5 и 6 — внешние признаки отклонений от нормы отсутствовали по крайней мере в течение 2 суток по окончании опыта.

при точном учете температуры тела исследований влияния, оказываемого темпом отогревания на восстановление жизненных функций у подвергнутых замораживанию позвоночных холоднокровных животных.

В наших опытах лягушки подвергались, при прочих равных условиях опыта, или относительно слабому замораживанию со снижением температуры тела до $-0,55$ — $-0,6^{\circ}$, или более сильному замораживанию со снижением температуры тела до $-0,8$ — $-0,9^{\circ}$. Как в первом, так и во втором случае изучалось восстановление жизненных функций в зависимости от темпа отогревания, а именно: 1) при быстром темпе (в воде при $+20^{\circ}$); 2) при среднем темпе (на воздухе при $+10$, $+15^{\circ}$) и 3) при медленном темпе (на воздухе при близкой к 0° положительной температуре).

Результаты получились следующие:

1. В тех случаях, когда лягушки подвергались слабому замораживанию со снижением температуры тела до $-0,55$ — $-0,6^{\circ}$, результаты при различных темпах отогревания были одного порядка (рис. 1, А).

2. В тех случаях, когда применялось замораживание со снижением температуры тела до $-0,8$ — $-0,9^{\circ}$, быстрый и средний темп отогревания дали результаты одного порядка; при медленном темпе результаты были хуже (рис. 1, Б).

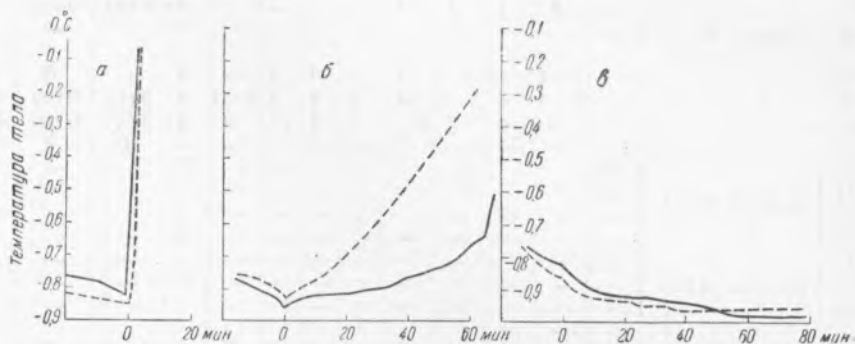


Рис. 2. Кривые температуры тела при отогревании лягушек (конечная температура тела при замораживании $-0,8$ — $-0,9^{\circ}\text{C}$); а — быстрый темп отогревания, б — средний, в — медленный

3. Выяснилось, что при помещении лягушек для отогревания в камеру с температурой воздуха, близкой к 0° , обычно в течение некоторого времени продолжается снижение температуры тела лягушек (ректальной), очевидно, за счет сильнее охлажденных, ближе к поверхности тела лежащих тканей (рис. 2).

Поэтому полученные при медленном отогревании результаты можно объяснить продолжающимся в течение некоторого времени процессом образования льда в центральных участках тела, а также удлинением срока пребывания органов в частично замерзшем состоянии.

Институт экспериментальной физиологии и терапии
Министерства здравоохранения СССР

Поступило
4 XII 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Н. Мацко, ДАН, 59, № 2 (1948). ² А. Т. Cameron and T. J. Brownlee, Proc. and Trans. Roy. Soc. of Canada, III, Sect. IV, 107 (1913). ³ R. Weigmann, Z. f. wiss. Zool., 134, 641 (1929); 136, 195 (1930). ⁴ N. A. Borodin, Zool. Jahrb. Abt. allg. Zool., 53, 313 (1934).