

ФИЗИОЛОГИЯ

С. Н. МАЦКО *

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ФУНКЦИЙ У ПОДВЕРГНУТЫХ
ЗАМОРАЖИВАНИЮ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ В ТЕЛЕ ВОДЫ**

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 25 VII 1947)

Как в отношении растений (¹⁻⁴), так и у насекомых (^{5,6}) в ряде случаев было установлено, что содержание и состояние воды в теле если не непосредственно обуславливают холодоустойчивость, то во всяком случае могут служить признаком холодоустойчивости. Что касается позвоночных животных, то в этом отношении мы встретили только указание Jeclin (⁷) на снижение температуры замерзания крови при уменьшении содержания воды в теле у саламандр. Поэтому мы поставили перед собой цель — установить, в какой степени влияет предварительное частичное обезвоживание на оживание подвергнутых замораживанию позвоночных холоднокровных животных.

Экспериментальная часть. Опыты были поставлены на лягушках-самцах, в I серии на *Rana ridibunda*, а во II, III и IV сериях на *R. temporaria*. Подсушивание лягушек проводилось в токе сухого воздуха. О величине потери воды при подсушивании мы судили на основании учета изменения веса лягушек. Мы имели основание относить потерю в весе за счет испарения воды, поскольку высушивание проводилось при невысокой температуре (табл. 1).

Замораживание лягушек проводилось в камере, охлаждаемой охладительной (лед + соль) смесью (в I, II и III сериях) или криогидратным раствором сернистой кислоты (в IV серии). Отогревание проводилось в воде при +20° (в I и IV сериях) или на воздухе при +9, +14° (во II и III сериях). В каждой серии опытов замораживались наряду с предварительно подсушенными также и нормальные лягушки.

Условия эксперимента (способ замораживания, отогревание и т. д.) были одинаковыми только в пределах отдельных серий. Лягушки прикреплялись к деревянным подставкам (при помощи марлевых или сделанных из клеенки колец, что предохраняло от застоя крови в конечностях). Температура тела определялась термоэлектрическим путем, причем игла термоэлектрического термометра вводилась в rectum. Длина иглы 2 1/2 см. Чтобы исключить влияние на показания термоэлектрического термометра со стороны наружной температуры, мы при приготовлении иглы с опытным спаем утончали медные и константановые провода, идущие к опытному спая, примерно до 0,05—0,02 мм в диаметре и 5-см утонченные отрезки проводов наматывали спирально на наружный конец иглы. Обмотки (медная и константановая) изолировались при помощи залитого целлулоидом шелка. Таким образом, нами вводились

* Работа проводилась при участии А. Т. Жмейдо.

Таблица I

№№ серий опытов	Вид лягушек	№№ опытов		Вес лягушек в г	% потери веса при подсушивании	Длительность подсушивания в часах	Темп-ра. при которой проводилась подсушиваниe, °С	Температура тела в °С					Длительность замораживания в часах*	Способ отогревания	Длительность отогревания в мин.***	Степень восстановления жизненных функций****				
		Температура тела в °С																		
		при пере- лаждении	начальная темпера- туры за- мерзания					величина пе- реохлаждения	конечная темпера- тура при замороз- ки	Длительность замораживания в часах*										
I	<i>Rana ridibunda</i>	1	78	32	288	+2, +5	-0,96	-0,86	0,1	-1,0	1,7	} Вода +20°	} Несколько минут	4						
		2	75	28	162	+7	-0,86	-0,79	0,07	-1,1	2,8									
		3	95	20	20	+9	-0,79	-0,70	0,09	-1,1	3,6									
		4	68	0			-0,50	-0,42	0,03	-0,72	4,1									
		5	70	0			-0,46	-0,42	0,04	-0,74	5,6									
		6	70	0			-	-	-	-0,80	3,5									
II	<i>R. temporaria</i>	7	30	31	91	} +9, +11	-1,06	-0,85	0,21		1,6	} Воздух +9, +12°	34	5-6						
		8	29	29	68		-0,92	-0,79	0,13		1,7									
		9	30	0				-0,60	-0,48	0,12					4,1					
		10	30	0				-0,56	-0,47	0,09					4,1					
		11	27	0				-0,54	-0,48	0,06					3,7					
																4,1				
III	<i>Rana temporaria</i>	12	49	37	115	} +10, +1	-1,03	-0,85	0,18		2,5	} Воздух +11, +14°	45	5						
		13	43	32	92		-0,90	-0,79	0,11		3,3									
		14	37	27	40		-0,70	-0,60	0,10		2,8									
		15	37	27	91		-0,81	-0,74	0,07		1,3									
		16	47	37	120		-1,08	-0,90	0,18		2,0									
		17	50	34	67		-1,10	-0,93	0,17		1,6									
		18	36	0				-0,50	-0,36	0,14					5,0					
		19	44	0				-0,43	-0,45	0,03					4,6					
		20	34	0				-0,58	-0,51	0,07					5,0					
		21	40	0				-0,52	-0,45	0,07					4,2					
		22	38	0				-0,56	-0,48	0,03					4,9					
		IV	<i>Rana temporaria</i>	23	37		28	161	} +3, +6	-1,17	-0,69				0,48	-0,85	2,6	} Вода +20°	} Несколько минут	2
				24	33		26	216		-0,82	-0,78				0,04	-0,88	1,1			
25	31			28	209	-0,91	-0,87	0,01		-0,89	1,5									
26	47			33	219	-1,06	-0,89	0,17		-0,94	1,6									
27	31			31	306	-0,90	-0,85	0,05		-0,92	1,6									
28	41			30	209	-	-0,77	-		-0,88	1,8									
29	36			0			-	-0,51		-	-0,82	3,1								
30	35			0			-	-0,55		-	-0,86	3,6								
31	43			0			-0,51	-0,53		0,02	-0,82	4,0								
32	32			0			-0,55	-0,51		0,04	-0,83	3,2								
33	35			0			-0,63	-0,55		0,08	-0,86	3,7								
34	36			0			-0,51	-0,51		-	-0,88	4,3								
35	39			0			-	-0,54		-	-0,88	ок.3								
36	33			0			-0,54	-0,49		0,05	-0,86	5,0								
37	43			0			-0,65	-0,50		0,15	-0,85	4,9								
38	30			0			-0,59	-0,54		0,05	-0,82	4,2								

* Для подсушенных лягушек указан вес до высушивания.

** Считая от первого появления в теле льда (что в свою очередь совпадало с задержкой в падении температуры тела при охлаждении лягушек) до снижения температуры тела до намеченного уровня.

*** Считая от начала отогревания до окончания таяния льда (последнее совпадало с резким подъемом температуры тела в процессе отогревания).

**** Обозначения: 0 - признаки жизни отсутствовали, 1 - восстановилась только сердечная деятельность, 3 - кратковременное и 4 - более длительное восстановление основных жизненных функций, 5 и 6 - внешние признаки отклонений от нормы практически отсутствовали, по крайней мере в течение 2 суток по окончании опыта. Условия опытов были одинаковыми только в пределах отдельных серий.

в гестум 5-см отрезки проводов*. Снаружи игла покрывалась целлюлоидом. Для выключения тока (при проверке нулевой точки) мы употребляли предложенный Диксоном деревянный выключатель, которым пользовался в своих опытах акад. Н. А. Максимов (8).

Результаты. Снижение температуры тела при переохлаждении было сильнее выражено у подсушенных лягушек (табл. 1) — в основном за счет снижения начальной температуры замерзания. Что касается абсолютной величины переохлаждения (т. е. разницы между температурой тела при переохлаждении и начальной температурой замерзания), то в этом отношении имелись сильные индивидуальные колебания как у подсушенных, так и у нормальных животных, что указывает на зависимость величины переохлаждения от случайных обстоятельств.

Начальная температура замерзания была, как правило, значительно ниже у подсушенных лягушек. Так, у нормальных лягушек она колебалась в основном в пределах $-0,4$ — $-0,55^{\circ}$, а у подсушенных в пределах $-0,7$ — $-0,9^{\circ}$ ** (табл. и рис. 1). Если в пределах одной и той же серии опытов имелись лягушки с резко различной степенью подсушивания, то

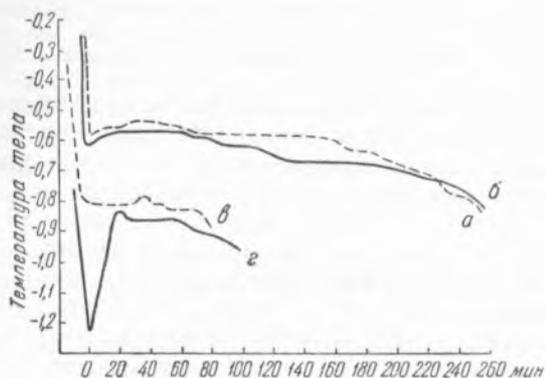


Рис. 1. Характер кривой температуры тела при замораживании нормальных и подсушенных лягушек: а, б — нормальных, в — подсушенных до потери 26% веса, г — подсушенных до потери 55% веса. Замораживание во всех случаях проводилось при одинаковых условиях

у сильнее подсушенных лягушек обычно начальная температура замерзания была ниже (см., например, I серию опытов).

Длительность замораживания (см. примечание к табл. 1) при прочих равных условиях была у подсушенных лягушек меньше, чем у нормальных (табл. и рис. 1). Отмеченное обстоятельство указывает на то, что у подсушенных лягушек замерзало в теле меньшее, чем у нормальных лягушек, количество воды при снижении температуры тела до одного и того же уровня.

Остановимся теперь на степени восстановления жизненных функций у нормальных и подсушенных животных после замораживания.

В I серии опытов у нормальных лягушек при падении температуры тела, при замерзании ниже $-0,7^{\circ}$, восстанавливалась только сердечная деятельность (табл. и рис. 2), а подсушенные до потери 28—32% веса лягушки даже после более сильного снижения температуры тела (до $-1,0$ — $-1,1^{\circ}$) дали значительно лучшие результаты, причем у од-

* Пользуемся случаем выразить благодарность директору института д-ру мед. наук С. С. Брюхоненко за ценные советы по изготовлению термопар, а также д-ру Л. Н. Штейнгауз за консультацию по тому же вопросу.

**Опыт № 14 можно рассматривать как нетипичный.

ной из этих лягушек имелось стойкое восстановление жизненных функций*.

Во II серии опытов температура тела снизилась у лягушек при замерзании до $-1,0^{\circ}$. И в этом случае подсушенные (до потери 29—31% веса) лягушки дали лучшие результаты, причем у одной из лягушек имелось стойкое восстановление жизненных функций.

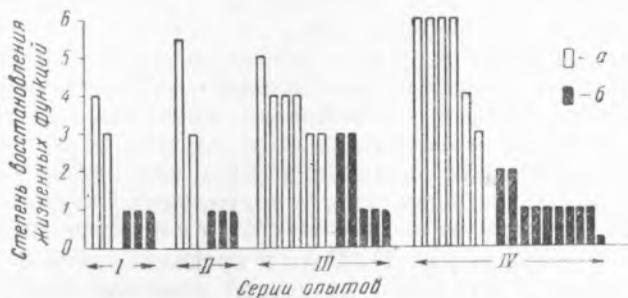


Рис. 2. Степень восстановления жизненных функций у нормальных и подсушенных (приблизительно до потери 30% веса) лягушек: *a*—подсушенные, *b*—нормальные лягушки

В III серии опытов температура тела упала при замерзании до $-1,2^{\circ}$. У нормальных лягушек в двух случаях имелось кратковременное восстановление основных жизненных функций, а в трех случаях восстановилась только сердечная деятельность. Подсушенные (до потери 27—37% веса) лягушки дали лучшие результаты, причем у 4 из 6 лягушек имелось стойкое восстановление жизненных функций.

В IV серии опытов у 10 нормальных лягушек температура тела при замерзании снизилась до $-0,82^{\circ}$ — $-0,88^{\circ}$, а у 6 подсушенных (до потери 26—33% веса) до $-0,85^{\circ}$ — $-0,94^{\circ}$. У большинства нормальных лягушек восстановилась только сердечная деятельность. У всех подсушенных лягушек восстановились основные жизненные функции, причем в 5 случаях это носило стойкий характер.

Таким образом, нам удалось показать, что позвоночные холоднокровные животные, подвергнутые частичному обезвоживанию, переносят при замораживании более сильное снижение температуры тела.

Выводы. У лягушек, частично обезвоженных (до потери приблизительно 30% веса), отмечалось:

1. Снижение начальной температуры замерзания.
2. Снижение температуры тела при переохлаждении было резче выражено (в основном за счет снижения начальной температуры замерзания).
3. Длительность замораживания при снижении температуры тела до одного и того же уровня была значительно меньше у подсушенных лягушек, что указывает на меньшее образование в их теле льда.
4. Подвергнутые частичному обезвоживанию лягушки переносят более сильное снижение температуры тела при замерзании.

Поступило
25 VII 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. Newton, J. Agricult. Sci., 14, 178 (1924). ² Е. В. Лебединцева, Тр. по прикл. бот., ген. и сел., 23, 1 (1929—30), цит. по (*). ³ A. Mirda, Planta (Berl.), 18, 435 (1932). ⁴ Н. И. Туманов, Зимостойкость растений, 1931. ⁵ N. M. Raupе, J. Morphol. and Physiol., 43, 521 (1927). ⁶ Н. Л. Сахаров, Журн. опытно-агрономии Юго-Востока, 6, 85 (1928). ⁷ L. Jeslin, Rev. Suisse Zoolog., 42, 731 (1935).
Н. А. Максимов, О вымерзании и холодоустойчивости растений, 1913, стр. 73.

* Но при малой степени обезвоживания, а именно до потери 20% веса, результаты получились отрицательные (опыт № 3).