

С. Н. МАЦКО\*

## К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ЗАМЕРЗАНИИ

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

1. Состояние позвоночных животных при замерзании\*\*. Имеется значительное число наблюдений ((<sup>2-5</sup>) и др.), указывающих на то, что прекращение жизненных функций у позвоночных холоднокровных животных не является обязательным следствием снижения температуры ниже 0°, если не происходило образования в теле льда. Вопрос же о состоянии животных в процессе замерзания не изучен.

В поставленных нами экспериментах взрослые лягушки (*Rana temporaria* и *Rana ridibunda*) подвергались замораживанию в камере, причем за их состоянием наблюдали через имевшееся в камере окно.

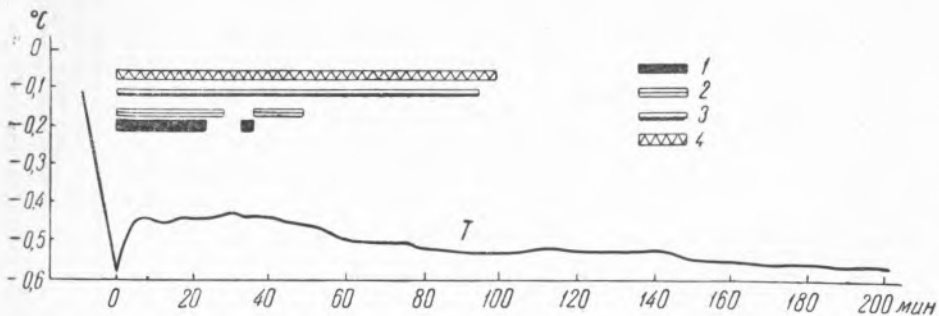


Рис. 1. Время, в течение которого сохранялись движения тела, дыхательные движения и сердечная деятельность. Обозначения: 1 — дыхательные движения; 2 — движения конечностей; 3 — движения туловища и (или) головы; 4 — сокращения сердца. T — кривая температуры тела

При медленном замораживании (на воздухе, при температуре —3——5°С) у лягушек сохранялись движения тела, сердечная деятельность, а также часто и дыхательные движения; вначале прекращались обычно дыхательные движения и движения конечностей, дольше продолжались движения туловища и головы и наиболее длительное время — сердечная деятельность. При очень медленном замораживании (на воздухе при температуре —1,5——2°С) движения тела и сердечная деятельность могут продолжаться в течение нескольких часов.

Как движения тела, так и сокращения сердца отмечались в течение того времени, когда температура тела еще держалась на уровне

\* При участии А. Т. Жмейдо и В. М. Селивановой.

\*\* В приведенных здесь исследованиях лягушки при замораживании прикреплялись к деревянным подставкам (фиксировались на спине). Температура тела (ректальная) измерялась термо-электрическим путем (<sup>1</sup>).



начальной температуры замерзания или при небольшом (на несколько сотых градуса) дальнейшем снижении температуры. При вскрытии лягушек, проведенном до прекращения движения тела и сердечной деятельности, был обнаружен лед в подкожных лимфатических полостях, в мускулатуре конечностей и в полости тела или в полости черепа. Таким образом, клинически признаки жизни сохраняются после образования льда в различных участках тела.

В качестве примера на рис. 1 приведен результат одного из опытов, в котором замораживание лягушки проводилось при  $-4^{\circ}\text{C}$ .

2. Процесс образования льда при замерзании позвоночных животных. Имеются лишь отдельные наблюдения над процессом замерзания в теле животных: на насекомых (<sup>6,7</sup>), на амфибиях (<sup>8-10</sup>) и на рыбах (<sup>11</sup>). Поэтому мы поставили перед собой задачу провести систематические наблюдения и изучить характер отложения льда в зависимости от длительности замораживания и снижения температуры тела. Опыты проводились на взрослых лягушках (*Rana temporaria*) в осенне-зимний период. Лягушки замораживались на воздухе при  $-4,5$  —  $-5,5^{\circ}\text{C}$ . Наблюдения проводились при помощи лупы при 4- и 10-кратном увеличении.

Полученные данные (см. табл. 1) указывают, что вначале лед появляется в подкожных полостях, где сперва замерзает лимфа и, видимо, кровь — в мелких кожных кровеносных сосудах (1-я стадия замерзания), затем в мускулатуре конечностей и полости тела (2-я стадия), позднее в полости черепа (3-я стадия) и в сердце (4-я стадия). На 5-й стадии (развивающейся через 3—4 часа после начала замерзания, при снижении температуры тела до  $-0,8$  —  $-1,0^{\circ}\text{C}$ ) имелось промерзание вещества головного мозга, полное замерзание крови в сердце и образование льда в стенке сердца (в желудочке).

Выяснилось, что в полости черепа лед появляется вначале на поверхности головного мозга (замерзание ликвора), а затем лед констатируется в мозгу в виде небольшого количества глыбок льда, что позволяет предположить, что в мозгу лед вначале образуется в его желудочках; позднее происходит образование льда во всей массе мозга, причем из отделов мозга вначале замерзают *lobi olfactorii* и *hemisphaeria*. На этой стадии замерзания головного мозга в веществе спинного мозга лед отсутствовал и констатировался только на поверхности и в канале мозга. В паренхиме таких внутренних органов, как печень и почки, нельзя было обнаружить льда даже на 5-й стадии замерзания. Однако эти органы приобретали (уже на 4-й стадии) более плотную консистенцию, что можно объяснить обеднением их водой, и тогда появление на поверхности внутренних органов больших скоплений льда находит объяснение в поступлении воды из паренхимы внутренних органов на их поверхность. Однако возможно, что имелось образование в этих органах льда в виде кристаллов столь малого размера, что они не могли быть нами обнаружены. Следует отметить, что в полости пищеварительного тракта (в желудке и в гестум) лед появляется только на 3-й стадии замерзания. Полученные нами данные позволяют объяснить особенности кривой температуры тела при замерзании лягушек.

3. Особенности кривой температуры тела при замерзании позвоночных животных. Еще Müller-Thurgau (<sup>12</sup>), замораживая растительные объекты, установил, что замерзанию предшествует переохлаждение. То же явление было открыто Бахметьевым (<sup>13</sup>) у насекомых и Кодисом (<sup>14</sup>) у насекомых и некоторых позвоночных животных, в частности у лягушки. Однако позднейшие исследователи (<sup>10</sup>) при замораживании лягушек не наблюдали переохлаждения, а следовательно, и температурного скачка.

В опытах с замораживанием (на воздухе при  $-4$  —  $-5,5^{\circ}$ ) взрослых

лягушек *Rana temporaria* в осенне-зимнее время мы в ряде случаев отмечали только задержку в падении температуры тела, совпадавшую с появлением в теле льда (см. рис. 2, а). Однако в большинстве опытов\* отмечался температурный скачок. Обычно он был небольшим, в несколько сотых градуса, что ускользало от внимания других исследователей, но в ряде случаев он превышал  $0,1^{\circ}$ , достигая иногда  $0,5-0,7^{\circ}$  (рис. 2, б).

Наряду с этим мы обнаружили 2-й скачок температуры тела, появившийся обычно спустя значительное время после 1-го скачка (рис. 2, в). 2-й скачок встречался у относительно небольшого числа лягушек.

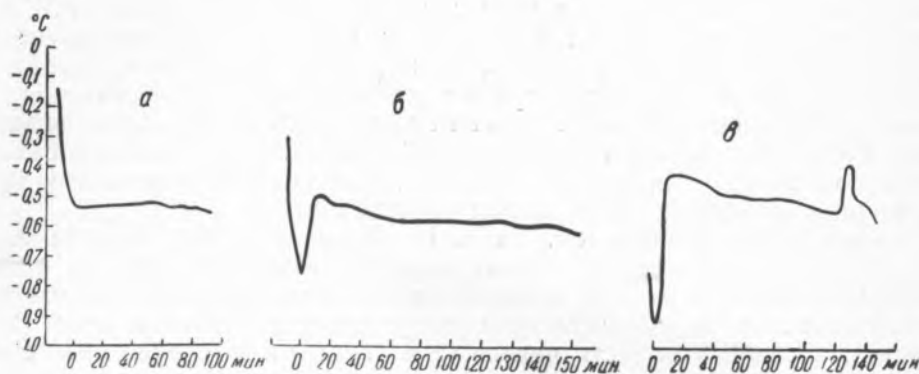


Рис. 2

Как мы упоминали выше, лед в сколько-нибудь значительных количествах появляется при замерзании осенне-зимних лягушек вначале в подкожных лимфатических полостях. Поэтому 1-й скачок или остановка в падении температуры тела находит объяснение в замерзании лимфы в подкожных полостях в первом случае — после переохлаждения, а во втором — без переохлаждения. 2-й скачок отмечался обычно спустя 1—2 часа после первого появления в теле льда. В период, предшествующий 2-му скачку, происходило отложение льда в подкожных полостях, мускулатуре и полости тела (см. табл. 1), что не позволяет связать появление 2-го скачка с образованием льда в этих местах. Далее, на вскрытии лягушек, у которых при замерзании отмечался 2-й скачок, лед всегда имелся в полости пищеварительного тракта, в основном в rectum. Это позволяет связать 2-й температурный скачок с замерзанием после переохлаждения содержимого пищеварительного тракта.

Институт экспериментальной  
физиологии и терапии  
Министерства здравоохранения СССР

Поступило  
4 XII 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> С. Н. Мацко, ДАН, 59, № 2 (1949). <sup>2</sup> W. Kochs, Bid. Cbl., 1, 673 (1890). <sup>3</sup> F. Haggis, Proc. Physiol. Soc., J. of Physiology, 40 (1910). <sup>4</sup> S. W. Britton, Amer. J. Physiology, 67, 411 (1923—24). <sup>5</sup> В. Родионов, Бюлл. Моск. об-ва исп. прир., отд. биол., 47, 182 (1938). <sup>6</sup> H. Roedel, Z. f. Naturwiss., Halle, 59, 183 (1886). <sup>7</sup> N. M. Рауне, J. Morphology and Physiol., 43, 521 (1927). <sup>8</sup> K. Knanthe, Zoolog. Anz., 15, 20 (1892). <sup>9</sup> A. T. Cameron and T. J. Brownlee, Proc. and Trans. Roy. Soc. Canada, 3, Sect. 4, 107 (1913). <sup>10</sup> R. Weigmann, Z. wiss. Zoolog., 134, 641 (1929); 136, 195 (1930). <sup>11</sup> Н. А. Бородин, Zoolog. Jahrb., Abt. Allg. Zoologie, 53, 313 (1934). <sup>12</sup> H. Müller-Thurgau, Landwirt. Jahrb., 9, 133 (1880). <sup>13</sup> П. И. Бахметьев, Entomol. J., 8, 121 (1898). <sup>14</sup> Ф. К. Кодис, Cbl. f. Physiolog., 12, 593 (1898).

\* Общее число поставленных нами опытов по замораживанию лягушек — свыше 500.