

78
СЕРИЯ ДОКТОРСКИХЪ ДИССЕРТАЦІЙ, ДОПУЩЕННЫХЪ КЪ ЗАЩИТѢ ВЪ ИМПЕРАТОРСКОЙ
ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМІИ ВЪ 1902—1903 УЧЕБНОМЪ ГОДУ.

№ 42.

1-54
ПЕРЕОХЛАЖДЕНІЕ
ЖИВОТНАГО ОРГАНИЗМА.

ДИССЕРТАЦІЯ

НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ

Т. КОДИСА.

ИМПЕРАТОРСКАЯ
ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМІЯ
Секція Медицин. Исследованій
№ 4804
Изд. № 1
1903
ПЕРЕВІРЕНА 1903

64593
К
снзорами диссертациі, по порученію Конференціи, были профессеры: П. П. Павловъ,
С. Я. Терешинъ и приватъ-доцентъ П. П. Авроровъ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 3 лин., № 12.

1903.

СЕРИЯ ДОКТОРСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ, ДОПУЩЕННЫХ КЪ ЗАЩИТѢ ВЪ ИМПЕРАТОРСКОЙ
ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ ВЪ 1902—1903 УЧЕБНОМЪ ГОДУ.

№ 42,

312.5
71-57

ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЕ

ЖИВОТНАГО ОРГАНИЗМА.

7- НОЯ 2012

БИБЛИОТЕКА
С.-Петербург. Импер. Института

№ 4804

71-57

ДИССЕРТАЦІЯ

НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ

Т. КОДИСА.

ПЕРЕВІРЕНО

Цензорами диссертациі, по порученію Конференціи, были профессора: Н. П. Павловъ,
С. Я. Терешинъ и приватъ-доцентъ Н. П. Авроровъ.



Перечет
1866 г.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

Вас. Остр. 9 лин., № 12.

1903.

3873

3873

1950

Венаучет-60

7 - НОЯ 2012

Докторскую диссертацию Т. Кодиса, под заглавием: «Переохлаждение животного организма», печатать разрешается, с тем, чтобы по опечатании было представлено на Конференцию ИМПЕРАТОРСКОЙ Военно-Медицинской Академии 400 экземпляров диссертации [125 экземпляров диссертации и 300 отдельных отписок краткого резюме (выводы) — на Конференцию и 275 экземпляров — в академическую библиотеку].

С.-Петербург, 8-го октября 1902 года.

Ученый Секретарь, Ординарный Профессор А. Данин.

Явление переохлаждения какого либо химического тела состоит, как известно, в том, что тело это сохраняет ввсегда жидкое состояние при температуре ниже точки замерзания его. Явление это было впервые замечено в 1724 году Фаренгейтом. Открытие это сделалось от случайно, выставив зимою на мороз воду в термометрической трубке. С тех пор это явление очень часто занимало физиков и вызвало чрезвычайно много научных работ. Работы были двоякого рода. Одни из физиков старались изучить самое явление переохлаждения, шайги условия, при которых оно появляется и при которых оно исчезает, т. е. когда переохлажденная жидкость переходит в плотное состояние. Другие же старались выяснить это замечательное явление с теоретической стороны. К первой группе принадлежат следующие физики в хронологическом порядке: Fahrenheit¹⁾, Sir Charles Blagden²⁾, Gay-Lussac³⁾, Despretz, Gernez⁴⁾, Monti; в последнее же время: Ostwald, Tamman, Schaum и др.

Первые пять ученых работали главным образом с водой, Оствальд же и его школа изучали другие химические тела, как сало, феноль, тимоль, сфру и т. д. Трудами этих ученых было установлено, что переохлаждение появляется легче, если понижение температуры идет медленно и если количество жидкости не велико. Сотрясение, взбалтывание, трение способствует замерзанию, а спокойствие наоборот переохлаждению. По мнению Оствальда однакоже движение избегает лишь второстепенное

1) Philos. Transactions 1724, № 382.

2) Gesetze der Ueberkaltung. Ostwald's Klassiker.

3) Comptes rendus. T. II. Poggend. Ann. Bd. XLI.

4) Atti della Acad. di Torino, vol. XXVII p. 34.

Харк. Мед. Институт 1
НАУК. БИБЛИОТЕКА

значение: оно производит разводку уже существующих кристаллов. Прикосновение воздуха съ переохлажденною водою способствует замерзанию ея. Это констатировал еще Фаренгейтъ. Онъ получал гораздо легче переохлаждение, вскипятивъ предварительно воду и потомъ запаявъ трубку съ водою. Такимъ образомъ онъ получалъ жидкое состояние воды даже при -10° C. Но вода эта замерзала немедленно, когда онъ ломалъ запаянный конецъ трубки. Тоже самое подтвердилъ и Гей-Люссакъ. Онъ кипятилъ воду въ пробирной трубкѣ и потомъ покрывалъ ее тонкимъ слоемъ прованскаго масла; такимъ образомъ ему удалось получить переохлаждение при -12° C.

Дальше Despretz нашелъ, что переохлаждение можетъ появляться и при сотрясеніи жидкости. Онъ получилъ переохлаждение воды при постоянномъ и сильномъ взбалтываніи. Итальянскому ученому Monti удалось такимъ образомъ переохладить воду до -7° C. Итакъ переохлаждение жидкости появляется какъ при спокойствіи, такъ и при сотрясеніи. Despretz изучалъ также переохлаждение въ капиллярныхъ трубкахъ и нашелъ, что вода легче и глубже переохлаждается въ капиллярахъ, чѣмъ въ широкихъ сосудахъ. Самая низкая температура переохлажденной воды была найдена имъ въ капиллярныхъ трубкахъ. Ему удалось довести ее до -20° C.

Прикосновение къ переохлажденной жидкости кристалломъ того же тѣла или изоморфнымъ кристалломъ другого тѣла вызываетъ всегда немедленный переходъ въ твердое состояніе. Такъ напримеръ, переохлажденная вода мерзнетъ сейчасъ же, если къ ней прикоснуться хотя бы одной льдиной льда.

При свободномъ замерзаніи переохлажденной жидкости появляются въ ней одиы, два или нѣсколько кристалловъ, которые и производятъ кристаллизацию всей жидкости. Чѣмъ ниже температура переохлажденной жидкости тѣмъ скорѣе и въ тѣмъ большемъ числѣ появляются такіе самородные кристаллы, такъ что при известной температурѣ кристаллы эти появляются всегда, и жидкость не можетъ уже при этой температурѣ оставаться въ состояніи переохлажденія. Это есть предѣльная температура для переохлажденія, и каждое химическое тѣло имѣетъ такую температуру. Такая предѣльная температура для воды еще до сихъ поръ не найдена. Tumlirtz приходитъ къ заключенію на основаніи теоретическихъ соображеній, что такая температура для воды есть $-79,35^{\circ}$ C.¹⁾

1) Raoult: Zeitschr. für phys. Chemie. Bd. 27.

Въ послѣднее десятилѣтіе благодаря быстрому развитію физической химіи и явленіе переохлажденія подверглось весьма тщательной разработкѣ какъ съ экспериментальной, такъ и съ теоретической стороны. Непосредственнымъ толчкомъ къ этому было учение Willard'a Gibbs'a о фазахъ (или состояніяхъ). Потребовалось основательное изученіе соотношенія между температурой, давлениемъ и состояніемъ химическаго тѣла. Весьма важныя заслуги оказалъ въ этомъ направленіи Оствальдъ и его школа. Работая надъ переохлажденіемъ различныхъ тѣлъ, онъ нашелъ весьма интересный фактъ, что переохлаждение является иногда въ устойчивомъ видѣ, т. е., что въ известныхъ предѣлахъ температуры переохлажденная жидкость сама по себѣ никогда не переходитъ въ плотное состояніе: ни сотрясеніе, ни треніе, ни другіе какіе либо механическіе приемы не дѣйствуютъ, и тѣло остается неопредѣленное время въ переохлажденномъ состояніи въ известныхъ для каждаго тѣла особыхъ предѣлахъ температуры. Такъ напримеръ, салола, точка плавленія котораго $+39,5^{\circ}$ C., раставляя, ни комъ образомъ не дѣлается опять кристаллическимъ при комнатной температурѣ и можно цѣлые мѣсяцы держать его жидкимъ. Стоитъ однакоже коснуться хотя бы малѣйшимъ кристалломъ салада, чтобы вся эта жидкость немедленно перешла въ кристаллическое состояніе.

Нѣкоторые изъ химиковъ, какъ Violette, Gernez, Lecoq de Bois baudran, Ostwald предложили пользоваться этимъ свойствомъ для аналитическихъ цѣлей и Оствальдъ показалъ, что чувствительность этого метода равняется чувствительности спектральнаго анализа.

Такое состояніе переохлажденія, когда оно является устойчивымъ, Оствальдъ предложилъ называть метастабильнымъ. Онъ полагаетъ, что каждое тѣло имѣетъ такое устойчивое состояніе, но каждое въ своихъ границахъ температуры.

Характернымъ явленіемъ для переохлажденія представляется повышение температуры при началѣ замерзанія, вслѣдствіе освобожденія такъ называемой скрытой теплоты. При наступленіи замерзанія переохлажденной дистиллированной воды температура поднимается до нуля и, какъ известно, остается на этой точкѣ до полного замерзанія всей массы жидкости. На практикѣ однакоже это водянѣе температуры не всегда достигаетъ точки замерзанія. Иногда жидкость замерзаетъ раньше, при температурѣ ниже точки замерзанія. Явленіе это получается въ томъ случаѣ, когда количество жидкости невелико, переохлажденіе значительно, и термометръ содер-

жить большое количество ртути. В этом случае ртуть поглощает столько развивающейся теплоты, что температура не доходит до точки замерзания (показание термометра запаздывает). Кроме того есть еще несколько второстепенных причин, лежащих отчасти в устройстве ртутного термометра, которые позволяют нам лишь приблизительно отметить температуру замерзания¹⁾. В виду того, что в моих опытах мне пришлось по необходимости оперировать съ небольшими количествами исследуемого тела, наирямѣр мышца, я долженъ былъ во избѣжаніе вышеуказанныхъ неточностей, употребить термоэлектрической приборъ, котораго чувствительность можетъ быть увеличена до любой степени, при чемъ вѣсъ самаго элемента можетъ быть такъ незначителенъ, что поглощеніе имъ окружающей теплоты не имѣетъ никакого значенія.

Переходя отъ жидкаго къ полужидкому состоянію, нужно замѣтить, что состояніе это вообще весьма мало исследовано съ физико-химической стороны, несмотря на то, что для биологовъ состояніе это и есть пожалуй самое важное, такъ какъ протоплазма, основной субстратъ всего живого, находится въ полужидкомъ состояніи. Въ то время какъ теорія растворовъ кристаллоидовъ обработана очень подробно, теорія коллоидовъ и въ особенности ихъ студенистаго состоянія находится еще лишь въ зачаточномъ состояніи.

До сихъ поръ не выяснено въ какой связи находится вода въ тѣлѣ: находится ли она въ химической связи съ коллоидами или же вода удерживается въ тѣлѣ лишь при помощи капиллярности, какъ полагаютъ большинство исследователей. Въ виду этого нельзя было а priori отвѣтить и на вопросъ интересовавшій меня: можетъ ли студенистое тѣло находиться въ переохлажденномъ состояніи? Такъ какъ никакихъ литературныхъ данныхъ по этому вопросу я не нашелъ, то я рѣшился разработать этотъ предметъ, при чемъ мне удалось получить нѣкоторые безвѣстные для биологій результаты.

Опыты мои я производилъ въ началѣ съ обыкновенной желатиной, употребляющейся для бактериологическихъ исследованийъ, приготовляя растворы различной крѣпости отъ 1 до 50%. Для охлажденія и употреблѣнія аппарата Бекмана, вливалъ во внутреннюю трубку горячей растворъ и медленно охлаждаю его, давая желатинѣ мало-помалу отвердѣвать. При

этомъ внутри желатины всегда находилъ термометръ Бекмана съ 0,01° С. дѣленіями.

Наблюденія производились надъ измѣненіемъ ртутнаго столба и надъ измѣненіемъ самой желатины. При началѣ замерзанія появляются въ ней бѣлыя точки, состоящія изъ кристалловъ льда и очень похожія въ началѣ на колоніи бактерій. Точки эти растутъ, такъ что наконецъ вся желатина можетъ обратиться въ бѣлую массу, что бываетъ однакоже лишь при слабомъ содержаніи сухой желатины. Термометръ останавливается на нѣкоторое время на точкѣ замерзанія. Переохлажденіе получается почти всегда и температура поднимается до точки замерзанія, когда переохлажденная желатина замерзаетъ. Эти явленія бываютъ однакоже лишь при 1% до 6% содержанія желатины. При большемъ %-мъ содержанія сухой желатины, ртуть поднимается медленно и не всегда доходитъ до точки замерзанія. При 15—20% желатинѣ температура поднимается лишь незначительно, при 25% — температура останавливается на томъ мѣстѣ, гдѣ стояла при появленіи кристалловъ. При 30% — температура не поднимается и не останавливается, а падаетъ все ниже, хотя и медленно, чѣмъ до того. Рядомъ съ этимъ замерзаніе идетъ все медленнѣе, а переохлажденіе дѣлается все устойчивѣе.

При болѣе крѣпкихъ растворахъ желатины, начиная приблизительно съ 33 до 50% и выше наблюдается слѣдующее: послѣ переохлажденія — 10° до —20° С. наступаетъ весьма медленно замерзаніе и только на стѣнкахъ трубки, такъ что ледъ образуется вокругъ желатины, внутри нея нѣтъ кристалловъ льда. Ледъ этотъ дѣлается все толще, наконецъ, когда температура желатины сдѣлалась равной температурѣ охлажденного состава — ледъ дальше не растетъ. Незамерзшая желатина становится гораздо болѣе концентрированной, но тѣмъ не менѣе содержитъ еще известное количество воды и принимаетъ видъ и упругость каучука. Такимъ образомъ желатина какъ бы старается удержать въ себѣ воду и чѣмъ болѣе она концентрирована, тѣмъ лучше удерживаетъ воду при данной температурѣ. Для каждой температуры замерзанія есть свое равновѣсіе между образовавшимся льдомъ и желатиной.

Такихъ опытовъ было сдѣлано мною очень много и было бы излишнимъ приводить всѣ протоколы. Выбираю на удачу четыре протокола; остальное — въ томъ же родѣ [см. таблицу на слѣдующей страницѣ].

Итакъ желатина способна переохлаждаться въ гораздо большей степени, чѣмъ растворы кристаллоидовъ, и при томъ получается для каждой

1) Raoult: Zeitschr. für phys. Chemie. Bd. 27.

Крѣпость желатинн.	Переохлажденіе.	Температура замерзанія.	Замѣтки.
1898 г. Ноябрь 15.			
1 %	— 3.5	0,005	Температура не поднималась при замерзаніи. Поднятіе температ. идетъ весьма медленно.
1 %	не наступило	0,005	
5 %	— 6.6	0,02	
30 %	— 10.0	?	
20 %	— 12.5	0,65	
1899 г. Января 8.			
2 %	— 10	— 0.02	Поднятіе температуры весьма медленное.
4 %	— 8	— 0.03	
10 %	— 18	— 0.5	
15 %	— 14	— 0.25	
20 %	— 10	— 1.0	
1899 г. Января 12.			
1 %	— 5	— 0.015	Поднятіе температуры не наступаетъ.
10 %	— 8	— 0.2	
20 %	— 12	— 2.0	
30 %	— 12	?	
1899 г. Февраля 10.			
40 %	— 10	Замерзаніе не наступаетъ. Выставляю весь аппаратъ на морозъ — 22° С, гдѣ онъ простоялъ цѣлую ночь; ледъ покрываетъ желатину снаружи, въ серединѣ желатина не замерзла.	

температуры особаго рода состояніе желатинны, когда переохлажденіе становится на столько устойчивымъ, что даже прикосновеніе льда не вызываетъ замерзанія.

Общепринятая въ настоящее время гипотеза относительно структуры желатинны говоритъ, что она имѣетъ губчатое или ячеистое строеніе «Waben-Structur». Вода держится въ желатинѣ лишь при помощи капиллярности. Явленія переохлажденія какъ онѣ выше описаны, казались мнѣ, не совершенно соответствующими такой гипотезѣ, и интересно было для меня

убѣдиться, какъ появляется переохлажденіе и замерзаніе въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ вода несомнѣнно удерживается капиллярными силами. Такой случай имѣетъ мѣсто при смачиваніи водой гигроскопической ваты. И вотъ я бралъ определенное количество такой ваты, смачивалъ ее извѣстнымъ количествомъ дистиллированной воды и подвергалъ охлажденію. Опыты эти я обставлялъ слѣдующимъ образомъ: небольшой кусокъ ваты я наматывалъ на конецъ термометра Бекмана, укрѣплялъ его плотно и смачивалъ водой въ 23%, 15%, 10%, 5% и т. д. до почти невѣсомыхъ количествъ воды. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ я держалъ обмотанный ватой конецъ термометра въ парахъ воды — отъ 1-й до 1/2 минуты. Послѣ этого термометра вводился въ аппаратъ Бекмана и подвергался медленному охлажденію. Переохлажденіе получалось во всѣхъ случаяхъ, хотя конечно при очень маломъ количествѣ воды термометръ измѣнялся лишь на очень короткое время во время замерзанія. Тѣмъ не менѣе поднятіе ртутнаго столба наступало замѣтно всегда, за исключеніемъ конечно крайнихъ случаевъ, и аналогично съ желатинной не получалось. Такимъ образомъ гипотеза Bütschli и его сторонниковъ едва ли вѣрна: вода удерживается въ желатинѣ не при помощи абсорбціи или адсорбціи, а вѣроятно между водой и желатинной существуетъ извѣстная химическая связь ¹⁾.

Аналогическое явленіе съ вымораживаніемъ желатинны и образованіемъ льда вокругъ нея было уже замѣчено ботаникомъ Н. Molisch'емъ при изученіи имъ дѣйствія холода на растенія²⁾. Онъ нашелъ, что нѣкоторые растенія замерзаютъ такимъ образомъ, что ледъ образуется вокругъ стебля растенія, при чемъ сама ткань остается въ серединѣ незамороженной. Фактъ этотъ, не объясненный Molisch'емъ, становится теперь понятнымъ и зависить, вѣроятно, отъ малаго процентнаго содержанія воды въ тканяхъ данного растенія.

Кромѣ желатинны я изслѣдовалъ такимъ же образомъ агаръ-агаръ и куриный бѣлокъ. Агаръ-агаръ не представлялъ ничего особеннаго: явленія замерзанія и переохлажденія были тѣ же, что и при желатинѣ. Куриный бѣлокъ оказался интереснѣе тѣмъ, что точка замерзанія свернувагося бѣлка оказывалась всегда ниже точки замерзанія сыраго жидкаго бѣлка. Если взять свѣжій куриный бѣлокъ и, не разбавляя водой, подвергнуть

1) Взаглядъ этотъ нашелъ подтвержденіе въ работахъ W. Pauli и P. Rona, Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie, Bd. II, 1902, p. 1—4.

2) Hans Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.

замерзанию, то точка замерзания его находится около 0.65°C . Если же тот же блячок свернуть при помощи жара, стараясь, чтобы при этом не было испарения воды, то точка замерзания его находится около 0.9°C . Впоследствии я убедился, что и электропроводность свернувшегося бляка значительно увеличивается¹⁾. Факт этот сдвинул в последние время тѣмъ болѣе интересенъ для меня, что Baumgarten нашелъ, что кровь измѣняетъ свое осмотическое давленіе при нагреваніи до -55°C . На этомъ фактѣ Baumgarten строить, какъ извѣстно, свою теорію иммунитета²⁾.

Познакомившись такимъ образомъ съ явленіями замерзанія и переохлажденія тѣла въ полужидкомъ состояніи, я обратился къ изслѣдованію ткачей животнаго организма, а потомъ и къ цѣлому организму. Опыты свои я началъ съ мышцъ лягушки. Въ виду того однакоже, что живая мышца выделяетъ изъ себя извѣстное количество теплоты и, следовательно, способна до извѣстной степени противостоять пониженію окружающей температуры, нужно было такъ обставить опыты, чтобы имѣть возможность точно измѣрять внутреннюю температуру ткани. Для этого требовалось ввести термометръ въ ткань на продолжительное время, чтобы имѣть возможность постоянно контролировать измѣненія температуры. Ртутный термометръ для этой цѣли по вышеизложеннымъ причинамъ не годился и мнѣ пришлось измѣрять температуру при помощи термоэлектрическаго аппарата. Общій принципъ этого прибора настолько извѣстенъ, что не считаю нужнымъ входить здѣсь въ объясненія его, а опишу только техническую сторону и постановку опытовъ.

Термоэлектрической элементъ построилъ я въ началѣ изъ желѣзной и бронзовой проволоки, потомъ однако убѣдился, что для моихъ цѣлей лучше брать желѣзную и мѣдную проволоку. Сначала я бралъ одну пару проволокъ, затѣмъ число ихъ увеличилъ до десяти паръ. Проволоки бралъ я очень тонкіе, сплавлялъ ихъ на одномъ концѣ серебромъ и послѣ этого заострялъ сваянный конецъ, чтобы масса его была какъ можно меньше. Другой конецъ проволоки я соединялъ со слѣдующимъ элементомъ, такъ что въ концѣ вся батарея имѣла такой видъ:

1) T. Kodis, The electrical resistance in dying muscle. American Journal of Physiology vol. V. № 5.

2) P. Baumgarten. Die Haemolyse. Festschrift für M. Jaffe. 1891.

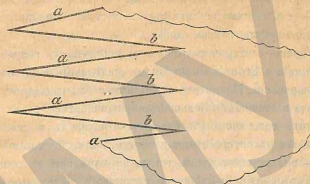


Рис. 1. а — мѣдь, б — желѣзо.

Весь этотъ аппаратъ я старательно изолировалъ, покрывая концы растворомъ резины въ хлороформѣ, а потомъ лакомъ. Другіе же части были обмотаны шелкомъ и пропитаны парафиномъ. Послѣ этого я прижималъ плотно соответствующіе концы элементовъ другъ къ другу или въ одной плоскости или же образуя круглый пруттикъ, который можно было удобно ввести въ любую ткань. Передъ опытами я старательно провѣрялъ посредствомъ электропроводности, нѣтъ ли гдѣ либо трещины въ изолирующемъ покровѣ, такъ чтобы при погруженіи въ воду не могло получиться непосредственнаго сообщенія между проволоками. Чувствительность такого элемента была значительна и легко можно было получить отклоненіе зеркала въ гальванометрѣ на 1000 дѣлений, при одномъ метрѣ разстоянія скалы отъ зеркала на каждый градусъ С. или иначе можно было легко измѣрять 0.001°C .

Продолжительныя занятія съ термоэлектрическимъ аппаратомъ показали мнѣ, что хорошій приборъ долженъ соответствовать слѣдующимъ условіямъ: теплоемкость его должна быть весьма мала, т. е. весь его долженъ быть минималенъ; измѣненія температуры на мѣстѣ спайки двухъ металловъ должны быть независимы отъ сосѣднихъ частей проволоки. Следовательно нужно, чтобы и тѣ части проволоки, которыя непосредственно идутъ за мѣстомъ спайки, были также тонкіе и глубоко погружены въ изслѣдуемое тѣло.

Этимъ условіямъ не всегда удовлетворяютъ даже приборы, предложенные въ послѣднее время, какъ напримѣръ: Rosin'a, Krehe и

Kratsch'a и др. Также самое нужно сказать и относительно термоэлемента Dr. K. Brückner'a, состоящего изъ желѣза и сплава constantan и отличающагося большою чувствительностью¹⁾.

Для измѣренія электрическаго тока я употреблялъ сначала гальванометръ Hartmann'a и Braun'a съ двойнымъ желѣзнымъ панциремъ и магнитомъ для астазирования. Магнитная стрѣлка въ этомъ гальванометрѣ имѣеть форму колокола и отличается большою аперодичностью.

Хотя этотъ гальванометръ очень чувствителенъ и давалъ возможность ясно наблюдать интересовавшія меня явленія, тѣмъ не менѣе нулевая точка его измѣняется очень часто вслѣдствіе измѣненій въ земномъ магнетизмѣ и вслѣдствіе вліянія вѣшняго магнитнаго поля, получаемого отъ токовъ электрическаго освѣщенія и электрическаго трамвая. Поэтому я принужденъ былъ обратиться къ гальванометру, построенному по типу d'Arsonval'a, гдѣ, какъ извѣстно, магнитъ является укрѣпленнымъ, а проволоки, по которымъ проходитъ электрическій токъ, отклоняются, при этомъ магнитное поле настолько сильно, что вѣшнія вліянія не имѣютъ никакого значенія. Такой гальванометръ я получилъ отъ фирмы Сименсъ и Гальске въ Берлинѣ и онъ оказался удовлетворительнымъ для моихъ цѣлей.

Чтобы избѣгнуть слишкомъ большихъ отклоненій стрѣлки гальванометра, при которыхъ вовсе не было бы видно скалы, пришлось уменьшить по возможности разницу температуры на обояхъ концахъ термоэлемента. Для этого я погружалъ одинъ конецъ элемента въ тающій ледъ, вводя другой въ изслѣдуемую ткань. Такъ какъ тающій ледъ не всегда имѣеть температуру нуль въ зависимости отъ большого или меньшаго количества солей растворенныхъ въ водѣ, то я погружалъ конецъ элемента не прямо въ воду со льдомъ, а въ пробирную трубку съ дистиллированной водой, въ которую вставлялъ для контроля ртутный термометръ Бекмана съ дѣлениями $0,01^{\circ}\text{C}$., и эту трубку вмѣстѣ съ приборами вставлялъ въ большой сосудъ наполненный водой со льдомъ.

Такимъ образомъ я получалъ весьма постоянную температуру на этомъ концѣ термоэлемента. Наблюденія надъ ртутнымъ термометромъ показали, что колебанія температуры не превышали здѣсь въ продолженіи 3—4 часовъ $0,01^{\circ}\text{C}$. до $0,03^{\circ}\text{C}$. Отклоненія же скалы въ зеркалѣ галь-

ванометра имѣли почти непосредственное значеніе для отсчитыванія температуры въ изслѣдуемомъ тѣлѣ. Если разница температуры на обояхъ концахъ элемента ожидалась очень большаю, то я вводилъ сопротивление, которое уменьшало токъ въ определенное число разъ.

Преждѣ чѣмъ приступить къ изслѣдованію температуры, я каждый разъ проверялъ мой термоэлементъ и тщательно калибровалъ его при помощи двухъ ртутныхъ термометровъ съ $0,01^{\circ}\text{C}$. дѣлениями, такъ что каждое отклоненіе скалы имѣло всегда извѣстное и точное значеніе.

Калиброваніе термоэлемента производилось слѣдующимъ образомъ: когда на одномъ концѣ элемента устанавливалась постоянная температура, я вводилъ другой конецъ въ внутреннюю трубку аппарата Бекмана, въ которую наливалъ растворъ поваренной соли. Въ этой же трубкѣ находился термометръ съ $0,01^{\circ}\text{C}$. дѣлениями. Затѣмъ я определялъ точку замерзанія этого раствора по обыкновенному способу и одновременно замѣчала отклоненіе скалы, причемъ всегда измѣнялъ направленіе тока. Тотъ же бралъ я и другой растворъ соли и опять поступалъ такимъ же образомъ.

Изъ всѣхъ полученныхъ такимъ образомъ цифровыхъ данныхъ я выводилъ среднюю и такимъ образомъ находилъ число дѣлений скалы на каждый градусъ. Растворы солей я бралъ для того, чтобы имѣть на нѣкоторое время постоянную температуру при замерзаніи, такъ какъ при измѣненіи температуры измѣненіе ртутнаго столба и отклоненіе стрѣлки гальванометра наступаютъ не одновременно.

Изслѣдуемое тѣло я обматывалъ негигроскопической ватой на столько, чтобы выполнить по возможности внутреннюю трубку въ аппаратѣ Бекмана. Трубку эту вмѣстѣ съ изслѣдуемымъ тѣломъ и термоэлементомъ вставлялъ я въ другую трубку пошире (рис. 2 б), такъ что первая трубка была окружена слоемъ воздуха, и обѣ трубки погружались въ охлаждающую смѣсь. Смѣсь эта состояла изъ толченнаго льда съ примѣсью поваренной соли и только въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ требовалась температура ниже 20°C ., я употреблялъ вмѣсто поваренной соли хлористый кальцій или же подмывалъ къ первой смѣси алкоголь. Рис. 2 показываетъ общее расположеніе приборовъ въ моихъ опытахъ.

Оставивъ такимъ образомъ свой опытъ я наблюдалъ черезъ подзорную трубу движеніе скалы въ зеркалѣ гальванометра. Наблюденія эти показали слѣдующее:

Скала движется равномерно, указывая на равномерное паденіе темпе-

1) Centralblatt für Physiologie, Bd. 13, p. 488.

ратуры мышцы, доходить до нуля, где движение несколько замедляется и наконец совсем останавливается на некотором расстоянии от нуля — приблизительно около -0.65°C . На этой точке скала остается неподвижной некоторое время — от 1-ой до 10-ти и больше минут, что зависит от степени изолирования мышцы ватой и слоев воздуха, от вышней температуры и наконец от величины мышцы. В это время я отмечаю число видимое в зеркаль гальванометра, переменяю при помощи коммутатора (рис. D) направление тока и опять отмечаю число, на котором остановилась скала. Я делаю это для того, чтобы выровнять, если есть какие либо неточности, зависящая от самого гальванометра. Для окончательного

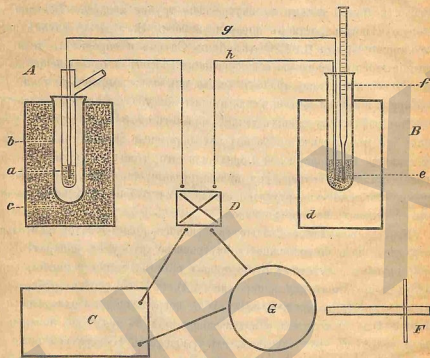


Рис. 2.

Объяснение рисунка.

- A. Сосудъ съ изслѣдуемымъ тѣломъ, *a*, *b* — вышняя трубка, *c* — охлаждающая смѣсь.
 B. Сосудъ съ постоянной температурой. *d* — ледъ съ водою, *e* — дистиллированная вода, *f* — термометръ.
 C. Ящикъ съ сопротивленіями.
 D. Коммутаторъ и прерыватель.
 F. Подзорная труба со скалою.
 G. Гальванометръ. *g* — желѣзныя, *h* — мѣдныя проволоки.

вычисления температуры я беру среднее изъ этихъ двухъ чиселъ. По истеченіи некоторого времени скала опять начинаетъ двигаться, указывая, что температура мышцы опять стала понижаться¹⁾.

Такой ходъ опыта былъ однакоже рѣдкимъ. Напротивъ, почти всегда температура поднималась равномерно до нуля, до точки замерзанія и не останавливаясь падала равномерно дальше, доходя до -1° , -2° , -3° и ниже, наконецъ доходила такимъ образомъ до температуры охлажденной смѣси и тутъ измѣнялась лишь вмѣстѣ съ температурой этой смѣси. Въ иныхъ же случаяхъ температура, понизившись ниже точки замерзанія, вдругъ начинала подниматься весьма быстро, доходила опять до точки замерзанія и тутъ становилась неподвижной на некоторое время, какъ и въ первомъ случаѣ.

Причиной остановки температуры не могло быть ничто иное, какъ процессъ замерзанія и выдѣленіе скрытой теплоты точно такъ же, какъ это бываетъ при замерзаніи воды. Паденіе же температуры ниже точки замерзанія безъ остановки на этой точкѣ, указываетъ на переохлажденіе мышцы. И дѣйствительно, непосредственное изслѣдованіе мышцы показывало всегда, что если температура останавливалась, то мышца становилась твердой, бѣловатой и непрозрачной, словомъ, замерзала; и наоборотъ въ томъ случаѣ, когда температура падала непрерывно и не поднималась опять, мышца оставалась мягкой, полупрозрачной, нормального цвѣта, не замерзшей. Игакъ фактъ былъ несомненный: мышца можетъ находится въ переохлажденномъ состояніи.

Дальше, наблюденія показали, что переохлажденная мышца не была повреждена. Послѣ того какъ мышца возвращалась къ нормальной температурѣ, электрическое раздраженіе всегда вызывало нормальное повидному сокращеніе.

Дальнѣйшее изслѣдованіе я производилъ надъ другими тканями животнаго, какъ мозгъ, кожа, кости, и вслѣдъ получалось такое же переохлажденіе, какъ и въ мышцѣ. Ткани теплокровныхъ животныхъ показывали тѣ же явленія переохлажденія.

Оставалось найти ту крайнюю температуру, при которой животныя ткани могутъ еще оставаться въ переохлажденномъ состояніи.

1) Я не буду касаться на этомъ мѣстѣ вопроса о точности опредѣленія такимъ путемъ точки замерзанія, не буду также приводить цифровыхъ данныхъ, касательно этой точки, такъ какъ въ этомъ направленіи моя работа еще не окончена и я не желаю бы давать цифры, въ точности которыхъ еще не совсемъ убѣдился.

Ряд опытов произведенных мною в этом направлении не дали окончательных результатов. Чаще всего замерзание уже начиналось около -10°C ., в одном случае я переохлаждал мышцу лягушки до -18°C . Тѣмъ не менѣ нельзя утверждать, что это и есть предѣльная температура и переохлаждение в лучших условиях — можетъ дать еще болѣе низкую температуру.

Исследовавъ такимъ образомъ отдѣльныя ткани животнаго, я приступилъ къ опытамъ съ цѣлымъ живымъ животнымъ. Я началъ опыты съ лягушекъ и убѣдился, что и цѣлая лягушка такъ же легко можетъ быть переохлаждена на нѣсколько градусовъ ниже точки замерзания ея, какъ и каждая изъ ея тканей.

Опыты эти были обставлены такъ же, какъ и прежніе, но конечно для цѣлаго животнаго приходилось брать соответственно болѣе широкія трубки, чѣмъ въ аппаратъ Бекмана, и всѣ манипуляціи производить болѣе тщательно и осторожно. Въ остальномъ оставались тѣ же условія, какъ и раньше. Опыты я начиналъ съ того, что погружалъ живую лягушку въ дежнюю воду. По истеченіи нѣкотораго времени лягушка принимала температуру окружающей воды и становилась неподвижной. Въ такомъ состояніи я быстро обсушивалъ лягушку полотенцемъ и затѣмъ обертывалъ старательно въ негигроскопическую вату, плотно прижимая конечности лягушки къ ея туловищу, чтобы тѣло лягушки не представляло нигдѣ острыхъ угловъ. Въ брюшную область или въ бедро я вводилъ конецъ термомэлемента, какъ и раньше, и клалъ лягушку въ такомъ состояніи во внутреннюю трубку холодильника. Всѣ эти приемы должны быть просѣданы довольно быстро, чтобы лягушка не согрѣлась и не начала двигаться. Послѣ этого я начинаю понижать температуру въ наружномъ сосудѣ весьма медленно, прибавляя мало по малу соли къ таящему льду или еще лучше призывая по нежному солянаго раствора и промѣшивая весь этотъ составъ при постоянномъ контролѣ температуры смѣсь ртутнымъ термометромъ.

При такихъ условіяхъ мнѣ удавалось почти всегда переохлаждать лягушку на нѣсколько градусовъ ниже точки замерзания ея тканей. Крайняя температура охлажденія лягушки безъ замерзанія была достигнута -10°C . Такимъ же образомъ я переохлаждалъ различныхъ другихъ животныхъ, какъ рака, змѣю, водяныхъ жуковъ и т. д. Животныя эти по видимому нѣсколько не измѣнились отъ переохлажденія. Такъ напримѣръ лягушка, послѣ того какъ она была переохлаждена на нѣсколько градусовъ ниже нуля и опять

согрѣта, двигалась какъ и раньше, прыгала и плавала въ водѣ вполне нормально. Тоже самое было и съ другими хладнокровными животными.

Такимъ образомъ переохлаждение на нѣсколько градусовъ ниже точки замерзанія тканей животнаго дѣйствуетъ на организмъ лишь на столько, какъ и охлаждение его до нуля.

Отъ хладнокровныхъ животныхъ я перешелъ къ опытамъ съ теплокровными. Животныя эти ничѣмъ не отличались въ отношеніи переохлажденія отъ хладнокровныхъ. Такъ напр. я переохладилъ мышь до 5°C . ниже нуля. Теплокровныя животныя умираютъ конечно раньше замерзанія. Смерть ихъ наступаетъ около $+18^{\circ}\text{C}$. Понятно по этому, что эти животныя послѣ переохлажденія не возвращались болѣе къ жизни. Однакоже ихъ ткани не были повреждены переохлаждениемъ. Переохладивъ мышь до -4.5°C . я немедленно согрѣвалъ ее, а потомъ отпрепаровалъ *nervus sciuralis*, раздражалъ его электрическимъ токомъ и получалъ сокращеніе соответствующихъ мускуловъ. Стало быть и тутъ нервная и мышечная ткань не повреждена. Если же ткани животнаго не повреждены, то возвращеніе ихъ къ нормальной функции, т. е. оживленіе организма не подлежитъ въ настоящее время никакому сомнѣнію и представляетъ лишь техническія трудности. Весь вопросъ сводится къ оживленію сердца, между тѣмъ недавніе опыты Кулябко, Loeb'a и Porter'a показали экспериментальнымъ путемъ полную возможность этого факта.

И дѣйствительно, вмѣстѣ съ г. Кулябко мнѣ удалось въ физиологической лабораторіи Академіи Наукъ переохлаждать кроличье сердце до -2°C и возвратитъ его къ нормальной дѣятельности при помощи метода, описаннаго г. Кулябко въ *Archiv für Physiologie* (1902, Bd. 90, S. 461).

Нижеслѣдующая таблица есть одинъ изъ многихъ примѣровъ подробнаго рода опытовъ:

Августа 20-го 1899 года.

Проѣрка термомэлемента:

Постоянная температура $+0,015$. Точка замерзанія растворовъ поваренной соли:

Отклоненіе скалы:		На цѣлый градусъ	
85.6	89.0	—0,15	576 дѣлений
144.8	145.0	—0,25	580 »
172.5	176.5	—0, 3	554 »
255	235	—0, 5	612 »

въ среднемъ 1°C . = 580,5 дѣленіямъ скалы.

Опытъ съ лягушкой:

Переохлаждение до 145,0 дѣл.
или $145 \times 10 = 1450$
 $1450 \text{ дѣл.} = 2.5^\circ$
 $2.5^\circ = 0.015 = 2.485$

Остановки нѣтъ, скала исчезаетъ.
Введено сопротивление 10 омовъ.
Скала движется равномерно до 145.0
дѣлений, но вдругъ поворачиваетъ на-
задъ — до 40.6 дѣл. гдѣ и останавли-
вается.

Точка замерзаниа

$$40.6 \times 10 = 406 = 0.7^\circ$$

$$0.7^\circ - 0.015^\circ = -0.685.$$

Опыты свои я не ограничилъ животными, а перешелъ и къ растеніямъ. Переохлаждение получалось при опытахъ со стебелемъ травы, свѣжимъ деревомъ, листьями, яблоками, сливами, персиками и др. Переохлаждение и здѣсь не оказывало иного вліянія, чѣмъ охлаждение до нуля. Разница во вліяніи замерзаниа и переохлаждения замечалась весьма рѣзкая на персикахъ и яблокахъ, которые портятся отъ замораживанья, между тѣмъ какъ переохлаждение не измѣняетъ ихъ вовсе. Тѣмъ не менѣе нѣкоторые растенія погибають уже при температурѣ близкой къ нулю, и даже выше нуля!). Въ такихъ случаяхъ конечно и переохлаждение гибельно для растенія.

Что касается условій, необходимыхъ для появленія переохлажденія животныыхъ, то я нашелъ слѣдующее: 1) охлаждение тѣла должно проходить медленно, и чѣмъ тѣло больше, тѣмъ медленнѣе оно должно терять теплоту; 2) эта потеря теплоты должна быть, по возможности, равномерно распределена по всему тѣлу, такъ что ни одна точка не должна имѣть температуру рѣзко отличную отъ другихъ частей. Для этого необходимъ былъ воздушный покровъ для изслѣдуемаго тѣла. Покровъ этотъ замедляетъ охлаждение тѣла, такъ что температура болѣе или менѣе равномерно распределяется по всему тѣлу. Кромѣ того въ такихъ условіяхъ поднятiе температуры при замерзании не исчезаетъ быстро, а остается на одной точкѣ на нѣкоторое время. 3) Воздухъ находящiйся въ соприкосновенiи съ изслѣдуемымъ тѣломъ, препятствуетъ переохлажденію. Воздухъ содержитъ въ себѣ извѣстное количество водяныхъ паровъ: при пониженіи температуры пары эти образуютъ воду, при температурѣ же ниже нуля, по всей вѣроятности, изъ паровъ образуется непосредственно снѣгъ. Процессъ этотъ аналогиченъ высыханію льда на морозѣ безъ предварительнаго обращенія въ воду, но лишь идетъ въ обратномъ направленіи: Мы здѣсь имѣемъ по

всей вѣроятности непосредственное образование льда изъ пара при температурѣ ниже нуля. Чтобы удалить хоть отчасти воздухъ отъ изслѣдуемаго животнаго, я оберывала его плотно ватой. Наконецъ 4), характеръ поверхности, которая прикасается къ тѣлу, имѣетъ вліяніе на переохлаждение. На это обстоятельство указалъ Carl Schaum!).

Переохлаждение тканей можно наблюдать и при помощи ртутнаго термометра. Для этого нужно ввести термометръ въ изслѣдуемую ткань, напримѣръ, мышцу или цѣлую группу мышцъ, завернуть мышцу старательно ватой и ввести въ двойную трубку. Для того чтобы яснѣе видѣть поднятiе и опусканіе ртутнаго столба, и тутъ лучше брать термометръ съ 0.01°C . дѣлениями. Способъ этотъ, хотя и хорошъ для демонстраціи переохлажденія, но не настолько точенъ, какъ термоэлектрической методъ.

Работая надъ переохлажденіемъ животныхъ и ихъ тканей, я неоднократно старался убѣдиться, нѣтъ ли и тутъ такого же метастабильнаго состоянія, какое было найдено Оствальдомъ для нѣкоторыхъ химическихъ тѣлъ. Какъ я уже указалъ выше, Оствальдъ полагаетъ, что каждое тѣло имѣетъ такое состояніе. Чрезвычайно важно было бы найти такое же состояніе и для животныыхъ. Къ сожалѣнію, работая въ этомъ направленіи, я натолкнулся на такія препятствія, которыхъ до сихъ поръ не могъ преодолѣть. Такъ какъ тутъ приходится работать при температурѣ ниже нуля, то является весьма трудной задачей удержать вполне равномерную температуру на очень продолжительное время. Хотя я и получалъ неоднократно переохлаждение мышцы на $-2^\circ - 5^\circ \text{C}$. въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ, это всетаки не имѣло рѣшающаго значенія, такъ какъ для этого нужно держать мышцу въ переохлажденномъ состояніи сутки и нѣдѣли, какъ это дѣлалъ Оствальдъ съ саломомъ. Другая трудность является въ томъ, что метастабильное состояніе, если оно и есть, тотчасъ же нарушается при прикосновеніи хотя бы малѣйшимъ кристалломъ того же тѣла. Оствальдъ только тогда получалъ подобное состояніе, когда онъ занимался въ такомъ помѣщеніи, гдѣ не работали ни одновременно, ни раньше съ саломомъ. И такъ въ нашемъ случаѣ нужно было бы исключить воду и пары ея, которые, какъ я указалъ раньше способствуютъ образованію льда при температурѣ ниже нуля. Все это практически не легко сдѣлать въ виду того, что воздухъ содержитсяъ какъ въ самой ткани, такъ и на стѣнкахъ сосудовъ въ конденсированномъ состояніи.

1) Hans Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.

1) Zeitschrift für phys. Chemie. XXV, p. 722.

ФРЕВРЕНА 1930

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
1-го ХИМИЧЕСКОГО МЕДИЦИНСКОГО
ИНСТИТУТА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Намъ остается коснуться весьма важнаго вопроса о томъ, какую роль играетъ переохлажденные организмы въ природѣ. Вопросъ этотъ не можетъ быть исчерпанъ въ настоящее время, такъ какъ возможность переохлаждения животныхъ фактъ новый. Тѣмъ не менѣе уже и теперь находимъ много указаний на то, что состояние это въ растительномъ и животномъ царствѣ представляетъ явленіе постоянное и служащее во многихъ случаяхъ для самосохраненія организма и его рода.

Фактъ замерзанія животныхъ и растений при сравнительно очень низкой температурѣ былъ замѣченъ уже давно, хотя и оставался не объясненнымъ. Такъ Réaumur уже въ 1734 году сдѣлалъ наблюденіе, что личинки *Vanessa cardui* не замерзаютъ при -15° R. Wуman нашелъ, что онѣ не замерзаютъ при -25° C. и даже двигались при прикосновеніи къ нимъ¹⁾. Kochs наблюдалъ въ 1892 году, что пиявки и мелкіе рачки, находясь въ переохлажденной до -4.5° C. водѣ двигались свободно по дну сосуда²⁾. Подобнаго рода наблюденій было сдѣлано довольно много относительно растений. Такъ извѣстно, что стволы деревьевъ остаются часто не замерзшими зимою при -5° C. Мерзлое дерево оказывается при срубкѣ гораздо болѣе твердымъ, чѣмъ дерево имѣющее жидкіе соки. Я упомянулъ уже выше о картофелѣ. Замѣчательно, что картофель переохлаждается лишь въ томъ случаѣ, если шлуха его находится на немъ неповрежденною, если же снять съ него эту шлуху, то въ обыкновенныхъ условіяхъ картофель всегда замерзаетъ при -1° C.³⁾

Всѣ эти наблюденія оставались однакоже необъясненными, такъ какъ, была всегда возможность допустить, что организмъ имѣетъ въ себѣ источникъ тепла, который препятствуетъ замерзанію его при низкой внешней температурѣ. Wуman и объяснилъ свое наблюденіе именно такимъ образомъ. Подтвержденіе своего мнѣнія онъ видѣлъ въ томъ, что, если раздавить переохлажденную до -25° C. осу, то соки ея моментально обращались въ ледъ. Въ опытахъ, произведенныхъ Kochs'омъ такое объясненіе вѣроятно вѣрно, такъ какъ при движеніи животныхъ должна выдѣляться теплота, которая и препятствуетъ пониженію температуры животнаго до уровня окружающей среды. Итакъ фактъ переохлаждаемости организмовъ

сдѣлался лишь тогда прочно установленнымъ, когда температура животнаго была измѣрена и указана хоть приблизительно точка замерзанія его.

Переходя къ разряду микроорганизмовъ, нужно замѣтить, что въ настоящее время нѣтъ возможности убедиться непосредственно, въ какомъ состояніи находится бактерія при низкой температурѣ. Тѣмъ не менѣе имѣется на лицо нѣсколько обстоятельствъ, указывающихъ намъ, что микробы находятся при низкой температурѣ въ переохлажденномъ состояніи. Обстоятельства эти слѣдующія: во 1-хъ, бактеріи могутъ переносить иногда крайне низкую температуру безъ нарушенія ихъ жизнеспособности; во 2-хъ, большое процентное содержаніе твердыхъ веществъ въ бактеріяхъ, въ 3-хъ, ихъ чрезвычайно малые размѣры и наконецъ въ 4-хъ, ихъ оболочка.

Каждый организмъ, состояніе котораго можно наблюдать при низкой температурѣ, имѣетъ свою предѣльную температуру, ниже которой онъ всегда погибаетъ. Такъ напримѣръ деревья въ Сибири переносятъ охлажденіе часто до -60° C. Тѣмъ не менѣе и онѣ погибаютъ если температура падаетъ на нѣкоторое время еще ниже. Тоже самое наблюдается и въ нашемъ климатѣ: растения и животныя переносятъ холодъ только до извѣстной степени. Явленіе это объясняется такимъ образомъ, что при замерзаніи соковъ и протоплазмы организма выдѣляется сначала ледъ, состоящій почти изъ чистой воды, въ растврѣ же остаются кристаллоиды и коллоиды. Растворъ этотъ замерзаетъ лишь при значительно низшей температурѣ, чѣмъ первоначальный сокъ. Когда наступаетъ дальнѣйшее пониженіе температуры, опять образуются кристаллы чистой воды, а растворъ содержитъ уже огромное процентное количество солей, понижающихъ еще болѣе точку замерзанія этого новаго раствора. Такимъ образомъ постепенное пониженіе температуры вызываетъ наконецъ весьма концентрированный растворъ, который и разрушаетъ структуру протоплазмы, а организмъ не возвращается болѣе къ жизни. Микроорганизмы являются во многихъ случаяхъ какъ бы исключеніемъ изъ этого общаго закона. Такъ напримѣръ d'Arsonval нашелъ, что бактеріи, находясь цѣлую недѣлю въ жидкомъ воздухѣ, не выказывали никакого уменьшенія жизнеспособности ихъ⁴⁾. Явленіе это становится понятнымъ, если допустить, что бактеріи эти находятся въ незамерзшемъ состояніи.

1) Wyman, Proc. of the Boston Society of Nat. History. Vol. V. p. 157 (1857).

2) Kochs, Ueber die Vorgänge beim Einfrieren und Austrocknen von Thieren und Pflanzen. Biolog. Centralblatt. Bd. XII, p. 330.

3) Müller-Turgan. Landwirthschaftliche Jahrbücher 1886. Bd. 15, p. 488, 505.

4) D'Arsonval, Compt. rend. CXXXIII 2, p. 84.

Микроскопические размеры организма влияют на замерзание вследствие того, что поверхность его сравнительно с массой чрезвычайно велика. Вследствие этого получается огромное внутреннее давление, зависящее от большого поверхностного напряжения. D'Arsonval рассчитывает, что давление это достигает до тысячи атмосфер. При таком давлении точка замерзания микроба должна быть очень низка.

Мои исследования над желатиной показали, что при 70%-омъ содержании воды переохлаждение въ желатинѣ получается всегда при всѣхъ условияхъ. Нѣкоторые микроорганизмы достигаютъ, какъ извѣстно, не только этой, но еще гораздо болѣе низкой цѣфры. Свѣжія, жизнеспособныя дрожжи содержатъ воды отъ 80% до 40%. Споры же бактерій содержатъ лишь 38,87% воды. Замерзание 35%-ой желатины совершается, какъ это уже выше было описано, такимъ образомъ, что ледъ образуется лишь снаружи, сама же желатина остается въ переохлажденномъ состояніи. Очевидно, что бактеріи и ихъ споры при маломъ содержаніи воды будутъ точно такъ же замерзать, оставаясь даже при весьма низкихъ температурахъ въ полужидкомъ состояніи, тѣмъ болѣе что нѣкоторые растенія, какъ *Spirogyra*, *Degbesia* и др. замерзаютъ именно такимъ образомъ.

Оболочка бактерій, содержащая часто жиры, предохраняетъ протоплазму отъ соприкосновения съ окружающимъ льдомъ и способствуетъ переохлаждению какъ это мы видѣли на картофель.

Итакъ съ большою степенью вѣроятности можно предполагать, что микробы находятся при низкой температурѣ въ переохлажденномъ состояніи.

Первые опыты съ переохлажденіемъ животнаго были сдѣланы мною въ 1898 году, и въ томъ же году я напечаталъ краткое предварительное сообщеніе въ «Centralblatt für Physiologie»¹⁾. Кромѣ того я демонстрировалъ свои опыты передъ членами Академіи Наукъ въ St.-Louis въ ноябрѣ 1898 года. Съ тѣхъ поръ я работалъ надъ этими вопросами въ лабораторіяхъ Вашингтонскаго и Мичиганскаго университетовъ въ 1899 и 1900 гг.

Въ 1899 году, т. е. годъ спустя послѣ моего сообщенія въ «Centralblatt für Physiologie» появилась статья Бахметьева изъ Софіи по тому же вопросу²⁾. Авторъ этой статьи работалъ надъ охлажденіемъ насѣкомыхъ,

1) Centralblatt für Physiologie. Bd. XII № 18. Dr. T. Kodis. Die Unterkühlung der tierischen und pflanzlichen Gewebe.

2) Über die Temperatur der Insecten nach Beobachtungen in Bulgarien. Zeitschrift für wiss. Zoologie. Bd. 66, p. 521.

примѣняя тоже термоэлектрической методъ для измѣренія температуры животнаго и подтвердилъ мои наблюденія надъ переохлажденіемъ, поднятіемъ температуры насѣкомаго при замерзаніи и надъ дѣйствіемъ переохлажденія на жизнь животнаго. Одно лишь авторъ упустилъ, это — цитировать мою работу. Методъ употребляемый Бахметьевымъ содержитъ однакоже нѣсколько крупныхъ неточностей, а именно: онъ употребляетъ три различныхъ металла, спаянныхъ попарно въ четырехъ мѣстахъ: манганинъ-жельзо (а), жельзо-мѣдь (b), мѣдь-жельзо (c), жельзо-манганинъ (d)¹⁾, а — онъ погружаетъ въ насѣкомое, b и c — въ жидкій парафинъ, d — въ алкоголь. Такимъ образомъ мы имѣемъ здѣсь различную температуру въ а, d и b и c, такъ какъ алкоголь, испаряясь, понижаетъ температуру на 1, 2, 3 и болѣе градусовъ въ зависимости отъ быстроты испаренія. Вследствие этого имѣемъ тутъ три различныхъ термоэлемента, соединенныхъ въ одну цѣпь, и отклоненіе стрѣлки гальванометра будетъ зависѣть отъ измѣненій температуры во всѣхъ трехъ точкахъ.

Кромѣ того Бахметьевъ погружаетъ а въ организмъ животнаго, не изолировавъ предварительно металловъ. Погружая же два различныхъ металла въ электролитъ, каковымъ являются ткани животнаго, получаемъ гальваническій токъ, проходящій отчасти черезъ а, отчасти же черезъ гальванометръ. Обстоятельство это препятствуетъ точному измѣренію термоэлектрическаго тока. Чтобы избѣгнуть это, d'Arsonval предпочиталъ употреблять одинъ металлъ въ видѣ полой иглы а другой въ видѣ иглы, вводимой внутрь первой. Есть въ работѣ Бахметьева и другія неточности, въ которыя входить здѣсь не будемъ, по которыя вмѣстѣ съ вышеуказанными дѣлаютъ данныя въ работѣ Бахметьева совершенно ненадежными. Останемся лишь на понятіи критической температуры, которое Бахметьевъ старается ввести по отношенію къ насѣкомымъ. Я указалъ уже въ первомъ моемъ сообщеніи, что послѣ переохлажденія обыкновенно вдругъ начинаетъ подниматься температура животнаго, указывая, что оно начало замерзать. Бахметьевъ утверждаетъ, что, если понизитъ температуру замершаго такимъ образомъ животнаго дальше той точки, до которой доходило переохлажденіе, то оно не возвращается уже болѣе къ жизни. Поэтому онъ называетъ температуру, до которой удалось переохладить насѣкомое, критическою. Это утвержденіе Бахметьева безъ сомнѣній

1) Ibid. p. 540.

ошибочно. Онъ же самъ указывать, что степень переохлажденія зависитъ отъ внѣшнихъ случайностей, какъ напримѣръ отъ быстроты охлаждения, я прибавлю, отъ окружающаго воздуха, отъ влаги, содержащейся въ немъ, отъ величины животнаго и отъ многихъ другихъ случайностей, еще не изслѣдованныхъ физиками. Каждое животное можетъ начать замерзать при всякой температурѣ ниже точки его замерзанія. Такимъ образомъ степень переохлажденія животнаго — это пока дѣло случайное. Между тѣмъ смерть отъ замерзанія зависитъ отъ весьма опредѣленной температуры и связано съ вымерзаніемъ воды изъ протоплазмы. Двѣ эти величины не завязать другъ отъ друга и не могутъ быть связаны между собой. Я неоднократно переохлаждалъ лягушекъ и потомъ непосредственно замораживалъ и оттаивалъ ихъ и опять охлаждалъ ихъ гораздо ниже нуля, и лягушки не умирали. Въ особенности послѣдній опытъ съ яблокомъ или картофелемъ интересенъ въ этомъ отношеніи. Переохлажденіе ихъ до -5 градусовъ переносится вполне безвредно, если не наступило замерзаніе. Если же заморозитъ яблоко или картофель хотя бы при -1.5° С., то оба оказываются испорченными, убитыми. Переохлажденіе не вредитъ организму и не имѣетъ ничего общаго со смертью его отъ замерзанія.



Положенія.

1. Дальнѣйшія работы надъ переохлажденіемъ животныхъ должны быть направлены къ тому, чтобы переохлажденіе организма удержать любое время.
2. Желательна работа съ цѣлью оживленія теплокровнаго животнаго послѣ переохлажденія его.
3. Сохраненіе жизнеспособности нѣкоторыхъ микроорганизмовъ при температурѣ около $+100^{\circ}$ С. указывать на возможность перегрѣванія животной ткани аналогическаго съ перегрѣваніемъ воды при температурѣ выше $+100^{\circ}$ С.
4. Отсутствие физико-химической теоріи коллоидальныхъ растворовъ является въ настоящее время большою помѣхой для развитія физиологій и патологій.
5. Можно ожидать большаго прогресса биологическихъ наукъ отъ математическаго формулированія свойствъ и функцій организма. Рядомъ съ математической физикой и химіей необходимо развитіе математической биологій.
6. Въ программу изученія биологическихъ наукъ необходимо ввести больше физики и математики.
7. Полезно было бы для научнаго образованія въ Россіи созданіе рядомъ съ государственными частными университетовъ, какъ это видимъ въ Англии и Америкѣ.

Curriculum vitae.

Теодоръ Казимировичъ Кодисъ, Римско-Католическаго вѣроисповѣданія, родился въ Ковенской губ., Поневѣжскаго уѣзда въ 1861 году. Первоначальное образование получалъ онъ дома у родителей, а потомъ поступилъ въ Шавельскую гимназію, гдѣ пробылъ до 1882 года и получилъ аттестатъ зрѣлости. Въ томъ же году поступилъ онъ въ С.-Петербургскій университетъ на физико-математическій факультетъ. Въ 1883 году перешелъ онъ на медицинскій факультетъ и поступилъ въ Лейпцигскій университетъ, гдѣ пробылъ до 1886 года. Дальнѣйшее медицинское образование получалъ онъ въ Страсбургскомъ университетѣ, въ которомъ и кончилъ курсъ въ 1889 году со степенью доктора медицины. Въ 1891 году выдержалъ экзаменъ на право практики и на степень доктора медицины при Военной Медико-хирургической Академіи.

Въ 1892 году переселился въ Соединенные Штаты Сѣв. Америки и прожилъ въ городѣ Чикаго до 1896 года, занимаясь медицинской практикой и работая въ городскихъ больницахъ и лабораторіяхъ Чикагоскаго университета, въ особенности въ лабораторіи профессора Jacques Loeb'a. Въ 1895/6 году преподавалъ онъ въ Ecstension University, а съ 1896 по 1901 годъ занималъ кафедру патологіи и патологической анатоміи въ Вашингтонскомъ университетѣ въ St. Louis.

Имѣетъ слѣдующія работы:

1. Эпителиальная и блуждающая клетка въ кожѣ хвоста головастика. (Epithel- und Wanderzelle in der Haut des Froschlärvenschwanzes). Archiv für Anatomie und Physiologie. 1889.

2. Переохлажденіе животной и растительной ткани (Ueberkühlung der thierischen und pflanzlichen Gewebe). Предварительное сообщеніе въ Centralblatt für Physiologie 1898.

3. Электрическое сопротивление въ умирающей мышцѣ (The electrical resistance in dying muscle). American Journal of Physiologie.

4. Новый методъ окрашиванія центральной нервной системы. (Eine neue Methode zur Färbung des Centralnervensystems) Archiv für microscopische Anatomie. 1901.

5. Филлоды и ихъ расположеніе въ ядерномъ слоеъ мозжечка. (Fillody i ich układ w ziarnistej warstwie mózdzku). Archivum polskie dla biologii. 1902.

6. Что такое сѣрое вещество коры? (Co to jest szara masa kory mozgowej?). Przegląd filozoficzny 1903. (Въ печати).

Настоящая работа подъ заглавіемъ «Переохлажденіе животнаго организма» представляется въ качествѣ диссертации на степень доктора медицины.
