

равнивая результаты этих работ по их глубокому значению в области исследования проблемы передачи мыслей на расстояние к открытию, представляющему новейшее доказательство возможности этой передачи мысли, проф. Г. А. Кожевников выражает горячее пожелание, чтобы, в интересах закрепления приоритета доводов автора за русской наукой, работа Б. Б. Кажинского в возможно короткий срок, путем опубликования в печати, была доведена до сведения широких научных кругов.

Значение работ тов. Б. Б. Кажинского, доказывающих возможность электромагнитных колебаний в нервах, усугубляется еще и тем, что в последнее время некоторыми авторами (проф. Сотониным и др.) отрицается самая возможность наличия явлений передачи мыслей на расстоянии, что в свое время опровергалось (и вполне справедливо), напр., академиком В. М. Бехтеревым, зоопсихологом В. Л. Дуровым, проф. Г. А. Кожевниковым, д-ром Каптеревым и др. Работы тов. Б. Б. Кажинского подводят прочный научный физико-математический и экспериментальный (в работах совместно с В. Л. Дуровым, тоже членом Ассната) фундамент под электромагнитную гипотезу телепатии. Кроме того, работы тов. Б. Б. Кажинского еще интересны и тем, что автор, являясь по профессии инженером-электриком, направил свои исследования в область физиологии нервной системы, где он является типичным самоучкой (почему он и состоит в числе членов Ассната). Соединяя в себе физика и физиолога-самоучку, тов. Б. Б. Кажинский оказался в очень выгодном положении, так как, владея физико-математическим анализом и техническими знаниями, он оказался вооруженным теми методами исследования, которых зачастую недостает присяжным физиологам. И результаты такого вооружения не замедлили сказаться: электрик, пытливый и талантливый исследователь, приложил свои знания к физиологии нервной системы и получилось нечто новое в электрофизиологии, достойное внимания и дальнейшей разработки.

И Асснат глубоко счастлив, что ему удалось выявить и поставить к научному станку, как и ряд прочих членов,

тов. Б. Б. Кажинского—типичного самоучку в области физиологии нервов и в применении электротехники к вопросам биологии.

Пожелаем же тов. Б. Б. Кажинскому дальнейшего успеха в его высокоинтересных работах, могущих составить гордость не только Ассоциации Натуралистов, но и Р.С.Ф.С.Р

Отмечая с признательностью положительный отзыв проф. Г. А. Кожевникова и других ученых о работах тов. Б. Б. Кажинского—нашего сочлена, мы подчеркиваем свое товарищеское расположение к кастовым силам, поддерживающим научные работы членов Ассната, и тем самым осуществляющим высокие идеалы Ассоциации о научном прогрессе на благо трудящегося человечества.

Редактор *А. П. Модестов.*

10/II 1923 г.
Петровская Академия,
Москва,

„.... и как по языку, рту и желудку пчел мы узнаем, что они должны производить мед, точно как же по нашим глазам, ушам, мозгу, по всем костям нашего черепа, по всей нервной системе нашего тела, мы узнаем, что мы созданы, чтобы переработать все, воспринимаемое нами от нашей земли, в особую энергию,..... это „таинственный“ ток, который мы называем мыслью“.....

Морис Метерлики („Жизнь пчел“).

Наши познания в физике слабых токов, особенно в связи с тем развитием науки и техники радиосношений, свидетельствами коего мы являемся за последнее время, открывают много заманчивых перспектив и при изучении процессов, имеющих место в нервной системе живого организма.

Электрофизиология, как наука, вообще говоря, может считаться обоснованною уже 130 лет тому назад исторической работой Гальвани (1791) *). Впоследствии к этому имени присоединилась целая плеяда славных имен и других исследователей (1), развивших учение о животном электричестве, основываясь, главным образом, на изучении, т. наз., мышечного тока. В этом направлении ими проделана громадная работа, позволяющая ныне иметь вполне определенное представление о наличии и о природе электрических явлений при процессе работы мышц.

Несколько иначе обстоит дело с разработкой вопроса об электрических явлениях при процессах работы нервов.

Даже самый факт наличия этих явлений во время прохождения „нервного тока“ в нервах, как будто оспаривается мнениями некоторых авторитетов по психологии (2), определенно отрицающих какую бы то ни было тождественность между „нервным током“ и электрическим.

*) „De viribus Electricitatis in motu muskulari Commentarius“.

С другой стороны, попытки применения электронной теории к объяснению процессов проводимости в н. с. *) и в нервных центрах, весьма многочисленны, и мы имеем массу экспериментальных данных, доказывающих наличие явлений электрического свойства в нервах. Правда, достаточно полной картины протекания этих явлений в нервах попытки эти не дают.

Таким образом, продолжают существовать мнения как бы двух противоположных лагерей: с одной стороны мнение некоторых психологов-гуманистов, отрицающих электроявления в нервах, с другой стороны, базирующееся на точных опытах мнение большинства ученых физиологов о том, что эти явления именно имеют место при работе н. с.

Мнения всех, однако, сходятся на том, что во время действия нервов, или при прохождении „нервного тока“, в нервах происходят химические процессы распада и восстановления нервного вещества.

Вместе с тем известно также, что всякая химическая реакция неизменно сопровождается возникновением, а стало быть и работой некоторых электрических сил, поэтому, надо полагать, что и химическая реакция вещества в нервах должна неизбежно сопровождаться образованием и действием таких сил и в нервах.

Т. обр., повидимому, должно подтвердиться мнение сторонников наличия электроявлений в н. с., в ущерб противному мнению. Весь вопрос лишь в том, каков порядок (или какова природа) этих электроявлений.

Последние успехи теории колебательных токов, разработанной особенно хорошо в применении к технике радио связи, дают нам возможность пролить свет на многие, сюда относящиеся, вопросы, т. к. до сих пор делавшиеся попытки еще совершенно не утилизировали того богатого запаса достижений, который получен техникой колебательных токов.

*) Н. с.—нервная система.

Выдвигаемая ниже теория колебательных разрядов в н. с., впервые как-будто делает попытку восполнить этот пробел, давая возможность отчасти разрешить те вопросы и неясности, которые остаются еще не решенными при прежних попытках применения электронной теории. В числе пионеров в этой области следует упомянуть прежде всего акад. Бехтерева (3).

Как известно, теория нейрона принимает, что нейроны нигде друг в друга не переходят, а их разветвления только соприкасаются друг с другом, причем тесное соприкосновение,—контакт на границах звеньев нейронных цепей, достигается лишь посредством склеивания нейроплазмы, и нейрофибриллярный аппарат каждого звена цепи, каждого нейрона, является изолированным, замкнутым, целым.

Т. к. возбуждение все же может переходить через этот контакт, то Бехтерев объясняет это тем, „что соприкасающиеся части нейронов представляют собою как бы обкладки конденсатора и потому, когда на одной обкладке, т.-е. на одном дендрите, или на перикалликулярном аппарате, появляется электрический нервный ток, на соприкасающихся с ним дендритах, или клетках другого нейрона, возникает свой нервный ток, обыкновенно обратного направления, и потому в дендритах двух соседних клеток сохраняется свойственное им направление тока“.

Эта теория акад. Бехтерева, очевидно, была рассчитана лишь для объяснения, вообще, возможности перехода тока через контакт электрическим путем, оставляя в стороне вопрос о сущности и природе самого электротoka, позволяющего „нервному току“ пройти через этот контакт—конденсатор.

Тем самым теория эта не затрагивает всех тех последствий, которые были бы свойственны тому или иному виду электротoka в н. с.

Поэтому, ниже мы поставили себе задачей, более полно использовать намеченный Бехтеревым путь и попытаться рассмотреть, какого рода электроток возникает в н. с. во время ее работы, каковы роль и влияние при этом дендритов-конденсаторов, и, наконец, какова полная схема электродействия нейронов, поскольку это следует из теории коле-

бательных токов, на которой мы далее будем базироваться, основываясь на элементарных сведениях из радиотехники.

Как известно, вещество нерва является электролитом. Электролит же отличается от металлического проводника только тем, что проходящий через него ток вызывает явление распада, расщепления, диссоциации и ионизации молекул вещества. Во всем остальном электролит сохраняет все особенности металлического проводника тока. Известно также ⁽⁴⁾ что, как только достаточная часть молекул электролита тем или иным путем расщепится, получается электроток из двух противоположно направленных потоков положительных и отрицательных ионов. Уподобляя электролиту вещество нерва, мы тем самым уже должны согласиться, что химическая реакция распада молекул нервного вещества неизбежно должна сопровождаться возникновением электротока в нервах. Но другое дело, какого рода этот электроток?

Признавая конденсаторную роль дендритов допустимою, мы тем самым предрешаем, пожалуй, что в н. с. должен циркулировать переменный электрический ток, иначе явление конденсатора в н. с. при постоянном токе давало бы понятие о статическом состоянии электричества в н. с., а не о динамическом, в то время, когда только динамическим состоянием его можно объяснить проводимость нервного возбуждения в поступательном движении от одного конца нервной нити к другому.

Т. обр., как будто, ток должен быть скорее переменный, чем постоянный.

Однако, имеющиеся в специальной литературе ⁽¹⁾ на этот предмет указания, обоснованные, главным образом, исследованиями процессов разложения и ионизации молекул электролита, дают понятие об образовании постоянного (гальванического) электротока, возникающего при этих процессах.

Т. обр., как будто и химическая реакция распада нервного вещества при возбуждении нервов должна сопровождаться возникновением в нервах постоянного электротока, проходящего по нерву, как по проводу телеграфной линии.

С другой стороны, Чагопец показал, напр. ⁽¹⁾, что для теоретического анализа явлений, наблюдаемых при возбуждении нерва, нельзя пользоваться математическими формулами, выведенными для проводов с постоянным током, а требуется вести анализ по другому пути, ибо экспериментальным путем доказано, что при возбуждении нерва постоянным током получался периодический характер возбуждения, дающий понятие о периодических электроявлениях в нервах. Т. обр., для полного объяснения всех явлений, наблюдаемых на нервах, приходится допустить, что кроме свойств проводника постоянного тока, нерв представляет из себя сложный колебательный феномен, в котором возникает периодический ряд волн попеременно то в одном, то в другом направлении.

Чтобы примирить эти кажущиеся разногласия между теорией и опытом, мы нашли необходимым попытаться рассмотреть, какие явления имели бы место в нервах, если допустить возможность прохождения по ним и переменного (колебательного) тока. Впрочем, это допущение делается не впервые.

✓Некоторый намек на переменный ток дает нам также и теория Бехтерева, говоря о перемежающихся направлениях тока на двух соседних нейронах.

Точно также существуют на этот счет предположения и других авторов (напр., Дю Буа-Реймона, а также и Германа ⁽¹⁾), настолько впрочем не ясно выраженные и нерешительные, что представляется необходимым более подробно остановиться на исследовании этого вопроса. Для начала рассмотрим контакт нейронов, как явление конденсатора в цепи переменного тока, следуя изложению ⁽⁵⁾ элементарного учебника радиотехники. Представим себе два соседних нейрона ab и cd с конденсатором bc (рис. 1). Вообразим, для удобства понимания, что остальная нервная система включена между точками a и d нейронов, составляя, таким обр., замкнутую цепь $abcd$, по коей курсирует переменный ток, так что точки a и d составляют как бы зажимы, ведущие к воображаемому источнику переменного тока $\sim$.

„Так как разность потенциалов у зажимов источника тока, благодаря переменному току, все время меняется, то постоянного равновесия между разностью потенциалов у зажимов источника и напряжением на обкладках конденсатора быть не может.

В первый момент t_1 (рис. 2), когда ток начинает идти от а к обкладке б, эта последняя начинает заряжаться положительно. Когда эдс*) зажима (а) в момент t_2 достигает своего максимума, напряжение на обкладке б конденсатора тоже начнет от нуля достигать своего максимума. Но с этого момента (t_2) потенциал зажима а начнет уменьшаться и станет понемногу меньше потенциала обкладки б конденсатора. С момента t_3 эдс зажима (а) от нуля опять начнет возрастать, но в обратном направлении, т.-е. будет уже не (+), а (—). В это время напряжение на обкладке б равно было максимуму, но ток, постепенно уменьшаясь, стал идти в том же направлении и обкладка б начнет перезаряжаться. К моменту t_4 опять получится максимальное напряжение у зажима (а) и нулевое у обкладки (б), потом к моменту t_5 напряжение зажима (а) опять начнет уменьшаться, и т. д.

Итак, в данном случае в цепи с переменным током, при наличии в ней конденсатора, ток будет циркулировать с постоянным опережением эдс на некоторую часть периода. При этом напряжение конденсатора по своему направлению противоположно направлению эдс источника.

Эта особенность конденсатора не дает току достигнуть своей величины, поэтому она является как бы добавочным сопротивлением и носит в радиотехнике название емкостного сопротивления.

Его можно исчислить по формуле, известной из радиотелеграфии:

$$\frac{1}{2 \pi n C}$$

где: n —частота периодов переменного тока в сек.

« C —емкость конденсатора в фарадах (F).

*) Эдс—электродвижущая сила.

Величина действующей силы тока в таких условиях выражается формулой:

$$I = \frac{E}{V_{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi n C}\right)^2}}$$

где: E—напряжение в вольтах

« R—омическое сопротивление.

При этом выражение под чертой наз. „кажущимся сопротивлением емкости“.

Выше мы видели, что при конденсаторе в цепи переменного тока получается сдвиг фаз эдс и тока, т.е. ток опережает эдс, при чем сила тока уменьшается.

Если же мы представим себе бесконечное количество конденсаторов в н. с., то тогда к концу какой-нибудь одной нервной нити, ток приходил бы, очевидно, слишком слабым, если не предполагать возможности полного поглощения его на преодоление конденсаторных (емкостных) сопротивлений. Т. обр., придется предположить либо незначительность роли упомянутых конденсаторов в н. с., либо искать других факторов, ослабляющих, или даже могущих уничтожить эту отрицательную роль дендритов-конденсаторов.

Размеры дендритов, по сравнению с длиной нейрита не всегда могут быть названы незначительными, поэтому нередко и с конденсаторною ролью их приходится считаться всерьез.

В поисках за факторами, уничтожающими емкостное сопротивление дендритов, нам удалось установить возможность наличия таковых факторов в самом же нейроне. Речь идет о спиральных волокнах нейрона в некоторых нервных структурах, а также о фибриллах, которые, в случае, если нерв не растянут, ложатся пружинообразно.

Значение этих спиралей усматривается из дальнейшего.

Известно, что каждый проводник тока обладает самоиндукцией. Самоиндукция стремится всегда поддерживать существующее в проводнике состояние электричества; самоиндукция—это как бы электрическая инерция.

Проводник тока, свернутый в спираль, представляет собою, т. наз., соленоид. Каждый виток соленоида образует вокруг себя магнитное поле, которое по направлению своих силовых магнитных линий, совпадает и суммируется с полями, образованными другими витками того-же соленоида. Поэтому величина самоиндукции соленоида, по сравнению с таковою у прямых проводников, настолько ~~большая~~ значительна, что эта последняя на практике может почти не приниматься во внимание.

При этом магнитное поле, образуемое витками соленоида, оказывается вполне сходным с полем обыкновенного магнита. Сила Φ этого поля, как известно из физики, зависит от силы тока I , числа витков соленоида n' , магнитной проницаемости μ среды, заключенной между витками, диаметра d проводника и длины l катушки соленоида (не вытянутой). Зависимость эта выражается формулой.

$$\Phi = \frac{4 \pi n' I}{\mu d} \dots\dots\dots I$$

Величина эдс самоиндукции зависит от скорости изменения магнитного потока, т. е. от:

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

А т. к. в соленоиде с n' витками эдс самоиндукции будет равна:

$$E_s = n' \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

то, подставляя сюда формулу I, получим:

$$E_s = \frac{4 \pi n'^2}{\mu d} \frac{\Delta I}{\Delta t}$$