



УДК 616.33-073.97092

В. Ю. ЧАГОВЕЦЬ – ПЕРШИЙ МЕМБРАНОЛОГ УКРАЇНИ: ЖИТТЄВИЙ І ТВОРЧИЙ ШЛЯХ

Н. В. Дзюбенко, С. М. Опанасенко, Т. В. Рибальченко

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64/13, Київ 01601, Україна
e-mail: dziubenko@rambler.ru*

Василь Юрійович Чаговець уперше застосував теорію електролітичної дисоціації в електорофізіології, сформулював іонну теорію походження біоелектричних потенціалів і конденсаторну теорію електричного подразнення живих тканин. Він запропонував використовувати електрогастрограму як метод дослідження секреторної функції шлунка і вперше обґрунтував доцільність застосування математичних методів у біології.

Ключові слова: В.Ю. Чаговець, конденсаторна теорія збудження, біоелектрогенез.

Застосування електрики для отримання певних реакцій органів і тканин відоме давно [12]. Згідно з переказами і вказівками Скрібонія Ларга, Плінія, Діоскоріда та інших античних мислителів, відомо, що для лікування головного болю, паралічів, подагри, епілепсії та інших захворювань у давнину суто емпірично використовували удари електричних риб. Від чого видужували хворі при такому лікуванні, сказати важко. Про сутність електричних явищ антична наука не мала жодного уявлення. Взаємозв'язок між живим організмом і електричними явищами в ті часи був встановлений лише емпірично.

Перше ґрунтовне експериментальне дослідження електричних і магнітних явищ належить англійському лікареві-фізику Вільямові Гільберту (1544–1603) [6]. Учений довів, що здатність притягати (електризувати) предмети притаманна не тільки бурштину, але й іншим матеріалам – алмазу, сапфіру, аметисту, гірському кристалю, смолі, сірці, сланцю та ін. Віддаючи належне бурштину – першому матеріалові, на якому спостерігалася електризація, – він називав ці матеріали електричними (від грецької назви бурштину – електрон).

Систематичні досліді з вивчення впливу електрики на живі організми беруть початок вже у 1740 р. Історичні джерела свідчать, що спроби застосувати електрику з терапевтичною метою йдуть паралельно з дослідженнями у сфері електротехніки цього періоду. Крім терапевтичного використання електрики, розробляється теорія цього питання. Виходить низка монографій, зі спробами підсумувати накопичені матеріали та систематизувати їх. М.В. Ломоносов глибше за інших зумів проникнути

в таємницю природи електрики. У своїй дисертації „Теория электричества, математическим способом разработанная автором М. Ломоносовым” (1756) він уперше розглядає електрику як особливу форму руху, рішуче відмовившись від метафізичних термінів „флюїд”, „невагома рідина” та ін. [1, 3].

У 80-х роках XIX ст. спостереженнями ботаніків було встановлено, що дія концентрованих розчинів викликає плазмоліз, а дія слабких розчинів – тургор [11]. Ізотонічні ж розчини не змінюють напруги протоплазми. Для органічних речовин їхня концентрація пропорційна молекулярним масам. Для неорганічних речовин молекулярна концентрація ізотонічних розчинів у 2–3 рази менша від ізотонічних розчинів органічних речовин. Оскільки плазмоліз і тургор є наслідками зміни осмотичного тиску, то за законом Вант-Гоффа [2] молекули розчиненої речовини поводять себе у розчині так, як і у газоподібному стані, займаючи такий самий об’єм, який має даний розчин. Проте неорганічні речовини створюють більш високі осмотичні тиски. Загальною властивістю таких речовин (кислоти, солі, луги) є не тільки описане вище відхилення від теорії Вант-Гоффа, а й здатність проводити електричний струм у своїх розчинах [2, 10]. І лише теорія електролітичної дисоціації, яку запропонував і розвинув Сванте Арреніус у 1887 р. [2, 10, 34], не лише пояснила відхилення поведінки розчинів від теорії Вант-Гоффа, а й заклала підґрунтя для вивчення механізмів генерації електрорушійних сил і зв’язків між хімічними й електричними процесами [1, 14, 15].

Найголовнішими положеннями теорії електролітичної дисоціації, які стосуються мембранних процесів генерації електричних потенціалів, є те, що при дифузії іонів „попереду” виявляються більш рухливі іони (для кислот – іони H^+), а повільніші іони кислотних радикалів відставатимуть від іонів водню [32]. Але розійтися ці іони не можуть через взаємне електростатичне притягування. Це ж стосується і лугів через високу рухливість OH^- іонів. Тобто у розчині кислоти чи лугу формується певне упорядкування у розміщенні іонів як результат неоднакової дифузії катіонів і аніонів, що і є причиною різниці потенціалів. Виникає електрорушійна сила: більш концентрована частина, наприклад, розчину кислоти має негативний потенціал від спрямованих до неї повільних аніонів, а менш концентрована частина – позитивний потенціал від спрямованих до неї позитивних катіонів водню.

Світогайд В.Ю. Чаговця на природу біоелектричних явищ відображав рівень загальної теорії електрики того часу. Ще студентом IV курсу Петербурзької військово-медичної академії майбутній вчений захопився вивченням електричних явищ у живому організмі та сутності фізико-хімічних процесів при збудженні тканин.

Він працював у лабораторії кафедри фізіології Військово-медичної академії під керівництвом професора І.Р. Тарханова [20], досліджуючи дію отрут на силу скорочення м’язів жаби [1]. Але допитливого студента не задовольняло вивчення окремого електрофізіологічного процесу. Він намагався пізнати основу, механізми досліджуваних процесів. З цієї метою Василь Юрійович детально вивчав електрохімію, його увагу привертала праця шведського вченого С. Арреніуса з електролітичної дисоціації електролітів [2, 10, 34]. Переконавшись у важливості для фізіології теорії електролітичної дисоціації, В.Ю. Чаговець першим зробив революційну спробу застосувати її для пояснення біоелектричних процесів [15]. Загальний напрям думки молодого дослідника можна уявити так: у будь-якому електроліті позитивно й негативно заряджені іони розподілені рівномірно, і вони не можуть проявляти електричні властивості ззовні, оскільки взаємно нейтралізують один одного. На

думку В.Ю. Чаговця, якщо з будь-яких причин у даному місці розчину накопичиться надлишок позитивних чи негативних іонів, то відразу з'явиться електричний струм [14, 15]. Це певною мірою стосується як гальванічних, так і дифузних струмів, які виникають у результаті проходження іонів крізь пористі перегородки (тепер – мембрани). Саме останні, на думку Чаговця, і відображають явища, що відбуваються у живих тканинах. Експериментальна частина дослідження проведена Чаговцем на м'язовій і нервовій тканинах. Коли протоплазма перебуває у стані спокою, напруга електрики є однаковою, у разі подразнення тканини рівновага порушується і виникає електричний струм. Дослідник стверджує, що дана „теорія дає можливість теоретично вираховувати значення діючих тут електромоторних сил, і отримані таким чином числа повністю збігаються з результатами вимірювань” [32].

Після двох років „студентських” пошуків з використанням сучасних для того часу фізичної хімії і теорії електролітичної дисоціації В.Ю. Чаговець зробив 14 травня 1896 р. доповідь на засіданні Російського фізико-хімічного товариства на тему „О применении теории диссоциации Аррениуса в электрических явлениях на живых тканях” [15]. У тому ж році аналогічну доповідь він зробив на наукових зборах клініки нервових хвороб академії. Петербурзькі фізики, хіміки і медики настільки високо оцінили ідеї В.Ю. Чаговця, що в тому ж році під таким самим заголовком була опублікована його стаття у найавторитетнішому на той час природничому часописі – Журналі фізико-хімічного товариства [15]. Через рік реферат цієї статті опублікував німецький журнал з фізичної хімії [35]. У 1898 р. в журналі „Неврологический вестник” В.Ю. Чаговець опублікував статтю



Василь Юрійович Чаговець
(1873–1941)

„О применении теории диссоциации растворов электролитов Аррениуса к электрофизиологии” [16]. Це були перші в історії світової науки праці, у яких вдало використані успіхи фізико-хімії для пояснення механізмів походження електрофізіологічних явищ. Ці талановиті роботи В.Ю. Чаговця, часто ігноровані його сучасниками і мало відомі, мають не тільки велике наукове значення. Вони важливі й у плані історико-наукового розвитку поглядів на природу біоелектричних явищ і свідчать про пріоритет нашого співвітчизника у створенні іонної теорії збудження та походження біоелектричних потенціалів.

Наступним заданням, яке поставив перед собою студент Чаговець, було довести власну гіпотезу, що не тільки електромоторні явища, які спостерігаються на вирізаних нервах, але й сам нервовий процес під час проведення подразнення залежать від переносу електрики іонами. Таким чином, основна ідея В.Ю. Чаговця полягала в тому, що при різних проявах життєдіяльності живих тканин кардинальна роль належить іонам. Він стверджував, що подразнювальною силою для нервової та м'язової тканини є рух іонів, спричинений проходженням струму через рідину живих тканин, а кількість іонів, що виділились, є пропорційною силі подразнення. Математичні розрахунки молодого науковця збігалися з його експериментальними дослідженнями.

У 1897 р. Василь Юрійович закінчив Військово-медичну академію, і наказом по військовому відомству його призначили молодшим лікарем у резервному піхотинському Лукському полку. Відслуживши призначений термін, у 1900 р. він повертається до Петербурга і розпочинає наукову діяльність. Наукові дослідження проводились

у вищеназваній лабораторії (за сумісництвом, через відсутність штатної посади), але вже під керівництвом І.П. Павлова, який завідував лабораторією після відставки І.Р. Тарханова. Офіційна робота В.Ю. Чаговця у цей період – у Міністерстві фінансів.

Незважаючи на такі умови праці, В.Ю. Чаговець успішно захистив дисертацію на ступінь доктора медицини „Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий” [17].

У 1906 р. разом із перевиданням дисертації виходить друга частина праці Чаговця [19]. У ній вчений викладає свою теорію генерації електричних потенціалів у м'язах, яку розробляв, виходячи з поняття дифузійного потенціалу та з того, що при максимальному подразненні м'яза виробляється в 6–10 разів більше H_2CO_3 , ніж у спокійному стані [36]. Приймаючи, що рухливість аніона вугільної кислоти дорівнює нулю (через зв'язок вуглекислоти з білками з утворенням „білок-вугільної кислоти” [13]), автор теоретично розрахував електрорушійну силу м'яза, значення якої сягало 50 мВ [3, 32]. Перевіряючи свої теоретичні розрахунки, автор провів вимірювання на відпрепарованих м'язах жаби, реєструючи електричні потенціали між поперечним розрізом і поздовжньою поверхнею м'яза. Біля поперечного розрізу виділення вуглекислоти зростає і завдяки явищам дифузії іони водню з високою рухливістю передають свій позитивний потенціал ділянкам м'яза, які залишаються у стані спокою. Аніони з нижчою рухливістю відстають від H^+ і передають свій негативний потенціал ділянці поперечного розрізу. Реєстрація потенціалів на таких м'язових препаратах дала значення, близькі до обчислених за умови, що H_2CO_3 перебуває у вигляді „білок-вугільної кислоти”.

Викладаючи свою теорію генерації електричних потенціалів, В.Ю. Чаговець намагався показати, що питання про ступінь дисоціації електролітів, які обумовлюють розвиток електричних потенціалів у м'язах, не впливають на його погляди, про сутність електромоторної діяльності м'язової тканини [25]. При цьому він надавав особливого значення сполучі вугільної кислоти з білком (білок-вугільна кислота): при її незначних кількостях у живих тканинах дисоціація кислоти майже повна і кількість іонів H^+ буде завжди відповідати усій кількості кислоти. Однак В.Ю. Чаговець, розвиваючи свою іонну теорію, не „ідеалізував” іони, а пам'ятав про ймовірний вплив на електричні струми розчинених у протоплазмі органічних сполук [25]. Щодо органічних сполук неелектролітів (вуглеводи), то автор не тільки враховував результати досліджень С. Арреніуса [34] про те, що опір розчину електроліту зростає на 2% у відповідь на 1% доданого неелектроліту. Головним він вважав те, що підсилення тертя рухомого іона є рівним як щодо катіонів, так і щодо аніонів. Тому значення електричного потенціалу істотно не залежить від кількості неелектроліту. Ця думка В.Ю. Чаговця підтверджена і фізико-хімічними дослідженнями того часу [37].

Таким чином, В.Ю. Чаговець довів, що: 1) електричний струм у м'язах є струмом концентраційним і залежить від неоднакового накопичення в місцях відведення вугільної (фосфорної, чи молочної) кислоти, зв'язаної з білком; 2) кислоти є завжди дисоційованими; 3) через незначну різницю у швидкості руху аніонів усіх трьох кислот електрорушійна сила дифузійного струму буде близькою до значення, яке визначається для випадку дифузії позитивних іонів водню. Зважаючи на те, що вивченням електричних явищ у живих організмах у другій половині XIX ст. займалися видатні фізіологи Е. Дюбуа-Раймон, Л. Герман, І. Сеченов, І. Тарханов, Н. Введенський та ін., революційність поглядів В. Ю. Чаговця у застосуванні електрохімічної теорії до генерації біопотенціалів не викликає сумнівів.

Дифузійну природу електричних потенціалів м'язів В.Ю. Чаговець довів і на моделях конусоподібних м'язів [3, 27]. Такі моделі він будував на основі скляної лійки, вистеленої зсередини фільтрувальним папером, просоченим вугільною кислотою. Усередину такої моделі наливали воду або желатин. Суть моделі: фільтрувальний папір як зовнішня поверхня м'яза “виробляє” вуглекислоту, а вода чи желатин є внутрішньою частиною м'яза, куди і дифундує вуглекислота із фільтрувального паперу. Реєструючи потенціали в таких моделях, автор отримав аналогічні конусоподібним м'язам закономірності у значеннях електричних потенціалів: чим глибше занурюється електрод (у бік вузької частини лійки), тим більші значення різниці потенціалів реєструються [16, 27, 28].

Обґрунтувавши іонні механізми генерації електричних потенціалів у м'язах, В.Ю. Чаговець припускає, що і у нервах відбуваються явища, аналогічні електромоторним. При цьому автор ставить перед собою завдання, за які ще не бралися найвидатніші фізіологи ХХ ст. [1, 3]. Це завдання полягало в тому, щоб дослідити можливість перенесення електрики в нервах неорганічними іонами, які утворюються (вивільнюються) в місцях його подразнення.

Уперше застосувавши не тільки фізичні, а й математичні формули в дослідженні біоелектричних процесів [18], В.Ю. Чаговець проводив математичний аналіз закону Вебера-Фехнера (інтенсивність відчуття є пропорційною логарифму подразнення). Результатом цих досліджень став висновок, що відчуття підсилюються пропорційно натуральному логарифму кількості іонів у ділянці подразнення нерва. Ця робота є першою спробою застосувати іонну теорію біоелектрогенезу до органів чуття [1]. Таким чином, теоретичними і експериментальними дослідженнями В.Ю. Чаговець уперше довів, що біоелектричні процеси у м'язах і нервах мають одну – іонну природу.

Пояснивши струми пошкодження і подразнення, струми нахилу і струми конусоподібних м'язів на основі дифузійної теорії, В.Ю. Чаговець був переконаний, що його теорія може дати обґрунтування походженню біоелектричних струмів у різних біологічних об'єктах. Тому він включив у число об'єктів своїх досліджень електричні струми залоз шкіри і травного тракту, електричні органи риб та електричні явища, що спостерігаються у рослин. Дослідженню цих процесів, об'єктів присвячені спеціальні глави у першому випуску монографії „Очерк электрических явлений на живых тканях ...” [17] та в інших його працях [29–32].

Таким чином, українському вченому В.Ю. Чаговцю, безсумнівно, належить пріоритет у розробці іонної теорії біоелектричних потенціалів. Із цього випливала й інша кардинальна теза В.Ю. Чаговця. Він вважав, що подразнювальним фактором для клітин є певна критична різниця потенціалів мембрани. Ця думка вченого тепер є загальноприйнятою: при подразненні мембрана змінює свій заряд за рахунок руху іонів натрію всередину клітини, які і несуть позитивний заряд.

Вихідною концепцією В.Ю. Чаговця в цьому плані стали відомі у фізичній хімії механізми проходження електричного струму через вологі провідники: рух катіонів до катода і аніонів до анода та їх концентрування на відповідних полюсах [9, 12, 22]. На цій підставі вчений вважав, що такі процеси обов'язково мають бути пов'язані з фізіологічним збудженням. Таке концентрування іонів на відповідних полюсах викликає виникнення поляризаційних струмів, що мають зворотний напрям порівняно зі струмами, які проходять через провідник. Такі поляризаційні явища, за В.Ю. Чаговцем, і пояснюють різні фізіологічні феномени, які відбуваються у тканинах (що є різновидом вологого провідника) під впливом електричного струму – універсально-

го подразнювача збудливих тканин [22, 24]. На відміну від своїх сучасників (Ж. Леб, В. Нернст, А. Гілл), В. Ю. Чаговець визнавав подразнювальну дію за електричними зарядами, які поляризують мембрани і втрачають свою свободу за тими ж законами, що і заряд конденсатора.

В.Ю. Чаговець наголошував, що, на відміну від гомогенних вологих провідників, у яких іони вільно рухаються вздовж шляху від одного електрода до іншого, у живих тканинах такому рухові “заважають” напівпроникні мембрани. Тому на мембранах іони накопичуються, тобто поляризують їх. Цей процес поляризації мембран, за його переконаннями, мав основне значення для подразнення живих тканин, тобо для виникнення збудження. У тезах доповіді на II Всесоюзному з’їзді фізіологів дослідник писав: *“Електричний струм діє збуджуючим чином на живу тканину завдяки конденсаторному відкладенню іонів на напівпроникних перетинках (мембранах)”* усередині живої тканини.

Важливим є те, що В.Ю. Чаговець першим у світі переконливо довів, що електричні потенціали генеруються на мембранах. При пропусканні електричного струму мембрана заряджається подібно до конденсатора й після досягнення потенціалу критичного значення виникає процес збудження. За конденсаторною теорією, відновлення вихідного стану живої тканини після її подразнення потребує певного часу, достатнього для розрядки тканинного конденсатора, тобто для деполіризації тканини. З приводу цього принципового постулату своєї теорії В.Ю. Чаговець писав: *“Якщо через дану тканину був пропущений електричний струм, який викликав збудження, тобто супроводжувався конденсаторним відкладанням деякої кількості іонів біля електродів, то тим самим усередині тканини створюються умови, які послаблюють чи зовсім припиняють сам струм. Тому зрозуміло, що якщо ми повторно бажаємо отримати від замикання цього струму попередній ефект, то ми повинні чекати деякий час, потрібний для того, щоб усередині відбулася деполіризація, тобто розрядження тих конденсаторно заряджених іонами утворень [...] зарядження яких іонами викликало ефект збудження. Час, необхідний для розрядження ... також як і час для зарядження, міг би бути вирахований за формулою розрядження конденсаторів, якщо відома її поляризаційна ємність і опір для струму, який виникає при розрядженні...”* Ця цитата є свідченням суті конденсаторної теорії про механізми подразнення і ролі фактора часу між окремими стимулами, яка проводиться В.Ю. Чаговцем у різний час і у різних роботах [19, 23, 24]. Тобто, він першим розвинув обґрунтовану законами фізичної хімії теорію, в якій час має конкретне значення: це час, необхідний для зарядження мембранного конденсатора до певного потенціалу. Аналогічним чином В.Ю. Чаговець пояснив і період неподразнювальності нерва, який триває після першого подразнення – рефрактерний період. Він розглядав його як час, протягом якого поляризаційна ємність нерва знижується і він деполіризується. Тобто друге подразнення може збуджувати нерв лише в тому разі, коли зникне його поляризація, викликана першим подразненням.

Зі своєї “конденсаторної” точки зору В.Ю. Чаговець першим пояснив і незбудливість живих тканин до змінних струмів високої частоти (д’Арсонваля, Тесла), і явища песимуму подразнення, відкритого М.С. Введенським [33]. Він одночасно довів, що сильні й часті подразнення тому малоефективні, що за короткий час між окремими стимулами не встигають розрядитися поляризаційні напруги, тобто нерв не встигає деполіризуватися. Із урахуванням сучасних уявлень, що песимум створюється не у нерві, а у нервовому закінченні (як окремій структурі нерва), і що по-

ляризація останнього відіграє важливу роль у збудженні нерва [5, 8], то і цю думку В.Ю. Чаговця теж слід вважати пріоритетною.

Своїми дослідженнями В.Ю. Чаговець заслужив світову славу, його свого часу справедливо називали “російським Гельмгольцом” [4]. Основні ідеї монографії В.Ю. Чаговця 1903 і 1906 рр. [17, 19] стосуються не тільки електрогенезу і конденсаторної теорії збудження, а й геніальних припущень щодо проведення збудження. Передачу збудження від однієї ділянки до іншої він уявляв як результат явищ біофізичного і біохімічного характеру. За В.Ю. Чаговцем, проведення збудження є поширенням поляризаційного заряду вздовж тканини – біофізичний процес. Що ж до біохімічних процесів, то це процеси розпаду, в результаті яких утворюються різні кислі продукти, необхідні для іонної поляризації „тканинних” конденсаторів, тобто для виникнення струмів дії [25].

У 1906 р. праця Василя Юрійовича була представлена на отримання премії імені хірурга Н.З. Юшенова, яка присуджувалася Військово-медичною академією кожні 5 років за найкраще відкриття у галузі медичних наук. І.П. Павлов високо оцінив роботи В.Ю. Чаговця, відзначаючи: *„Автор у своїй теорії є одним із перших, хто ступив на шлях обговорення і дослідження електрофізіологічних явищ з точки зору сучасної фізичної хімії і на сьогодні знаходить собі у фізіологічній літературі все більше і більше однодумців”* [9].

Роботи В.Ю. Чаговця, присвячені дослідженню впливу гірких речовин на виділення шлункового соку, підтверджують припущення І.П. Павлова про психічний механізм дії гірких речовин. Також він вивчав вплив штучного харчування на тривалість діяльності м'язів і нервів теплокровних та ін. Ці дослідження, а також деякі розділи своєї дисертації В.Ю. Чаговець надрукував у німецьких журналах [34].

У Київському університеті В.Ю. Чаговець продовжив наукові дослідження, започатковані С.І. Чир'євим, – вивчення природи електрорушійних сил живих тканин, механізмів подразнення, впливу електричного струму на рефлекторну діяльність центральної нервової системи. Завдяки дослідженням біоелектричних явищ у живих тканинах, проведеним у лабораторії В.Ю. Чаговця, складаються передумови для більш детального вивчення генези і природи електричних потенціалів живих клітин і зв'язку між цими потенціалами та процесами збудження й гальмування. Учням В.Ю. Чаговця належить пріоритет у створенні перспективного розділу електрофізіології – електрогастрографії (ЕГГ). Суттєве значення для теоретичної медицини мають дослідження із вивчення електричних явищ у стінці шлунка. Електрогастрограма зацікавила українських клініцистів, які впровадили електрогастрографічне дослідження у клініку.

У Київському медичному інституті в кінці 20-х р. ХХ ст. В.Ю. Чаговець і його співробітники при вивченні електричних явищ у стінці шлунка використали такий метод: до гальванометра було приєднано два відвідних електроди, один із них містився всередині шлунка, інший – на поверхні шкіри живота. При цьому було зареєстровано значний струм і встановлено, що слизова оболонка шлунка має негативний потенціал щодо м'язового шару. Під час виділення залозами шлунка шлункового соку після прийому їжі струм зменшується і набуває протилежного напрямку. На думку В.Ю. Чаговця, цей струм обумовлений секреторною діяльністю шлункових залоз. У 1926 р. на II Всесоюзному з'їзді фізіологів Василь Юрійович робить першу доповідь про електрогастрографію, яка стала основою для подальших досліджень у цій галузі: *„Спостереження над електричними струмами слизової оболонки шлунка собаки”* [21].

У Київському інституту гігієни праці та профзахворювань, в організованій В.Ю. Чаговцем лабораторії під його керівництвом і за його безпосередньою участю проводилася дуже важлива робота із дослідження серцевої діяльності у процесі праці за допомогою електрокардіографії, вивчався вплив високої температури на організм за зміною електричних потенціалів шкіри людини і шкірно-гальванічних рефлексів, досліджувались електричні реакції м'язів у різних умовах фізичної роботи (М.В. Лійник) [7].

Крім того, В.Ю. Чаговець був одним із піонерів застосування математичного методу в загальній фізіології. Свої міркування він виклав у доповіді "Про математичний метод у біології" на IX з'їзді Товариства Російських лікарів у пам'ять М.І. Пирогова в 1904 р. У доповіді автор ґрунтовно аналізує зв'язок експериментальних даних із математичними розрахунками. "Таким чином, уже з невеликої кількості наведених тут прикладів зрозуміло, яке велике значення при вивченні біологічних законів, встановлених шляхом експерименту, може мати математичний їх аналіз, застосування якого в даний час значно полегшується завдяки успіхам, отриманим за останні роки в цьому напрямку фізико-хімією... І чим швидше займемося ми культивуванням цього методу в ділянці біологічних наук, тим буде краще" [32].

Отже, протягом усього свого наукового життя В.Ю. Чаговець як вчений прагнув до узагальнення фактів, широкого теоретичного осмислення їх, до створення теорій, які би пояснювали процеси життєдіяльності організму. Разом з цим, він не допускав раптових, необдуманих висновків, заміни знання здогадками. Він не уявляв собі відрив наукової теорії від життя і розумів, що наука існує для задоволення потреб людства.

Підсумовуючи основні наукові дослідження В.Ю. Чаговця, можна сказати, що він першим перетворив стару емпіричну електрофізіологію на сучасну електрофізіологію, яка розкриває мембранні механізми біоелектричних явищ і має важливе прикладне значення, особливо для медицини. Оскільки біоелектричні потенціали генеруються на клітинних мембранах, існування яких В.Ю. Чаговець визнав ще тоді, коли їх ніхто не бачив, то він заслуговує на те, щоб його вважали засновником мембранології.

1. Бабский Е.Б. Василий Юрьевич Чаговец. **Избранные труды в одном томе**. К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 5–42.
2. Воловенко Ю.М., Яцимирський В.К., Павленко В.О. та ін. **Хімія**. Київ: Перун, 2010. 430 с.
3. Воронцов Д.С. **В.Ю. Чаговець – основоположник сучасної електрофізіології**. К.: Вид-во КДУ ім. Т.Г. Шевченка, 1957. 52 с.
4. Воронцов Д.С. Нікітін В.М., Серков П.М. **Нариси з історії фізіології на Україні**. К.: Вид-во АН УРСР, 1976. 254 с.
5. Воронцов Д.С., Шуба М.Ф. **Физический электротон нервов и мышц**. К.: Наук. думка, 1966. 214 с.
6. Гильберт В. **О магните, магнитных телах и большом магните – Земле. Новая физиология, доказанная множеством аргументов и опытов**. Москва: Изд-во АН СССР, 1956. 210 с.
7. Клименко Л.О. Чаговец Василь Юрійович – засновник електрофізіологічних досліджень в Україні. **Питання історії науки і техніки**, 2012; 3(23): 53–59.
8. Лазарев П.П. **Ионная теория возбуждения**. Москва: Государственное издательство, 1923. 173 с.
9. Лебединский А.Н. Мозжухин А.С. И.П. Павлов о работах В.Ю. Чаговца [по вопросам электрофизиологии]. **Физиологический журнал СССР**, 1953; 39(2): 250–256.

10. *Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию.* Москва: Высшая школа, 1989. 256 с.
11. *Пфедфер В.* По: **Рыбальченко В.К. Молекулярная организация и ферментативная активность биологических мембран.** К.: Наук. думка, 1977. 210 с.
12. *Рибальченко В.К., Конотопець Н.І. Жива електрика.* К.: Радянська школа, 1990. 174 с.
13. *Сеченов И.И. О поглощении углекислоты солевыми растворами и кровью.* СПб., Изд-во Л.Ф. Пантелеева, 1879. 162 с.
14. *Чаговец В.Ю.* О применении теории диссоциации Аррениуса к электрическим явлениям на живых тканях. Доклад в заседании Химического отделения Русского физико-химического общества. **Журнал Русского физико-химического общества**, 1896; 28 (5): 431–432.
15. *Чаговец В.Ю.* О применении теории диссоциации Аррениуса к электрическим явлениям на живых тканях. **Журнал Русского физико-химического общества**, 1896; 28(5): 657–663.
16. *Чаговец В.Ю.* О применении теории диссоциации растворов электролитов Аррениуса к электрофизиологии. **Неврологический вестник**, 1898; 6 (1): 173-183.
17. *Чаговец В.Ю.* Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий. Дисс. док. Медицины. **СПб.: Тип. Гл. упр. Уделова**, 1903. 315 с.
18. *Чаговец В.Ю.* О математическом методе в биологии. **Труды IX Съезда об-ва русских врачей в память Н.И. Пирогова**, 1904; 1: 97–100.
19. *Чаговец В.Ю.* Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий. **Электрофизиология нервного процесса**, 1906; 2: 2–168.
20. *Чаговец В.Ю.* Учебная и ученая деятельность проф. И.Р. Тарханова. **Журнал Пироговского общества**, 1908; 4: 8–15.
21. *Чаговец В.Ю.* Наблюдения над электрическими токами слизистой оболочки желудка собак. **Тр. 2-ой Всесоюз. съезд физиологов.** Изд-во Глав.упр. науч.учрежд., 1926. 282 с.
22. *Чаговец В.Ю.* Конденсаторная теория возбуждения и внутренняя поляризация тканей. **Доклады VI Всесоюзного съезда физиологов.** Ленинград: 1937. С. 806–807.
23. *Чаговец В.Ю.* Аналогия между зарядением конденсаторов и поляризацией. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 2: 318–319.
24. *Чаговец В.Ю.* Конденсаторная теория возбуждения и внутренняя поляризация живых тканей. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 2: 504–505.
25. *Чаговец В.Ю.* О химическом источнике электрических токов в живых тканях. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 130–151.
26. *Чаговец В.Ю.* Опыты на моделях. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 238–254.
27. *Чаговец В.Ю.* Токи конусообразных мышц. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 196–220.
28. *Чаговец В.Ю.* Токи наклонения. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 181–196.
29. *Чаговец В.Ю.* Токи, наблюдаемые на правильно построенных мышцах. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 151–180.
30. *Чаговец В.Ю.* Электрические органы рыб. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 273–293.
31. *Чаговец В.Ю.* Электрические явления в растениях. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 294–304.
32. *Чаговец В.Ю.* Электромоторная деятельность мышц и желез. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 1: 1–304.
33. *Чаговец В.Ю.* Количественные отношения между различными факторами при раздражении живых тканей электрическим током. **Избран. Труды в одном томе.** К.: Изд-во АН Украины, 1957; 2: 318–319.

34. Arrhenius S. Über Änderung d.elekt. Leitungsvermögen einer Asung durch Zusatz von kleinen Mengen eines Nichtleiters. **Ztsch. Physik. Chemie**, 1892; 9: 487–511.
35. Chagovets V.Yu. Anwendung elektrolytischen Dissociationstheorie von Arrhenius auf die elektrische Erscheinungen in lebenden. **Geweber. Zeitschr. f. phys. Chemie**, 1897; 23(1): 558–559.
36. Fletcher F.M. The survival respiration of muscle. **J. of Physiol**, 1899; 23: 10–99.
37. Lüdeking M. Leitungsfähigkeit gelstinhaltigen Zinkvitriollösungen. **Wied. Annal**, 1899; 37: 172–176.

V. YU.CHAGOVETS – FIRST MEMBRANOLOGIST OF UKRAINE: VITAL AND CREATIVE WAY

N. Dziubenko, S. Opanasenko, T. Rybalchenko

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St., Kyiv 01601, Ukraine
e-mail: dziubenko@rambler.ru*

Vasyl Chagovets was first to apply the theory of electrolytic dissociation in electrophysiology, formulated the ionic theory of origin of bioelectric potentials and condenser theory of electric irritation of living tissues. He proposed using electrogastrogram as a research method of secretory function of stomach. He first by grounded expedience of application of mathematical methods in biology.

Keywords: V. Yu. Chagovets, condenser theory of excitation, bioelectrogenesis.

В. Ю. ЧАГОВЕЦ – ПЕРВЫЙ МЕМБРАНОЛОГ УКРАИНЫ: ЖИЗНЕННЫЙ И ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ

Н. В. Дзюбенко, С. М. Опанасенко, Т. В. Рыбальченко

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
ул. Владимирская, 64/13, Киев 01601, Украина
e-mail: dziubenko@rambler.ru*

Василий Юрьевич Чаговец впервые использовал теорию электролитической диссоциации в электрофизиологии, сформулировал ионную теорию происхождения биоэлектрических потенциалов и конденсаторную теорию электрического раздражения живых тканей. Предложил использовать электрогастрограмму как метод исследования секреторной функции желудка. Впервые обосновал целесообразность применения математических методов в биологии.

Ключевые слова: В. Ю. Чаговец, конденсаторная теория возбуждения, биоэлектрогенез.

Одержано: 13.05.2013