

4. Драник Г.Н. Иммунотропные препараты / Г.Н. Драник, Ю.А. Гриневич, Г.М. Дизик. – Київ: Здоров'я, 1994. – 285 с.

5. Иммунодиагностика и иммунокоррекция в клинической практике / Под ред. И.Д.Столярова. – СПб.: Сотис, 1999. – 176 с.

6. Georgiev V.S. Immunomodulating drugs / V.S. Georgiev, E. N.Y. Jamaguchi // Acad. Sci. – 1993. – Vol. 685. – P. 175-182.

#### Резюме

**Овчаренко В.В.** Морфофункціональні особливості будови селезінки щурів, що перебували в умовах хронічної гіпертермії в поєднанні з фармакокоррекцією імуномодулятором инозином.

Вивчено особливості будови білої пульпи селезінки щурів при дії хронічної гіпертермії екстремального режиму (температура 44-45 С °) при фармакокорекції імуномодулятором инозином. Виявлено, що зміни структурно-функціональних елементів білої пульпи, що виникають після впливу хронічної гіпертермії в значній мірі можуть бути нівельовані профілактичним застосуванням инозину.

**Ключові слова:** селезінка, мікроструктура, гіпертермія, инозін.

#### Резюме

**Овчаренко В.В.** Морфофункциональные особенности строения селезенки крыс, находившихся в условиях хронической гипертермии в сочетании с фармакокоррекцией иммуномодулятором инозин.

Изучены особенности строения белой пульпы селезенки крыс при воздействии хронической гипертермии экстремального режима (температура 44-45 С °) при фармакокоррекции иммуномодулятором инозин. Вывявлено, что изменения структурно-функциональных элементов белой пульпы, возникающие после воздействия хронической гипертермией в значительной мере могут быть нивелированы профилактическим применением инозина.

**Ключевые слова:** селезенка, микроструктура, гипертермия, инозин.

#### Summary

**Ovcharenko V.V.** Morphological and functional features of the structure of spleen of rats after influence of the chronic hyperthermia in combination with pharmacological correction of the inosine.

The features of the structure of the white pulp of the spleen of rats after effects of chronic hyperthermia extreme conditions (temperature 44-45 С °) with pharmacological correction by inosine. Revealed that the changes in the structural and functional elements of white pulp of the spleen that occur after chronic exposure to hyperthermia can significantly offset by the use of the inosine.

**Key words:** spleen, microstructure, hyperthermia, inosine.

*Рецензент: д.мед.н., проф. В.І. Лузін*

УДК 612 (092С)

## В.Ю. ЧАГОВЕЦЬ – ЗАСНОВНИК МЕМБРАНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ

С.М. Опанасенко, Т.В. Рибальченко,

М.Е. Держинський, В.К. Рибальченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

### Вступ

Подразнююча дія електрики на живі тканини була відома з незапам'ятних часів. Ще у 1743 р. Гаузен [18] вперше висловив думку, що джерелом нервової сили є електрика. Першим, хто через півстоліття після Гаузена використав цей ефект для дослідження атмосферної електрики був Л. Гальвані, який, використовуючи для цього лапки жаб, відкрив особливий вид електрики – тваринну електрику [5]. Таке відкриття давало можливість пояснити взаємодію нервової системи з різними органами живого організму. Хоч противником існування такої електрики був фізик О. Вольта, прогресивні біологи-мембранологи того часу і пізніше підтримали відкриття Л. Гальвані і довели, що утворення електрики живими організмами пов'язане з їх функціональним станом [2,4,5,10,31,33].

У 80-х роках позаминулого століття спостереженнями ботаніків було встановлено, що дія концентрованих розчинів викликає плазмоліз, а дія слабких розчинів – тургор [8]. Ізотонічні ж розчини не змінюють напруги протоплазми і для органічних речовин їх концентрація пропорціональна їх молекулярним масам. Для неорганічних речовин молекулярна концентрація ізотонічних розчинів в 2-3 рази менша від ізотонічних розчинів органічних речовин. Оскільки плазмоліз і тургор є наслідками зміни осмотичного тиску, то за законом Вант-Гоффа [3] молекули розчиненої речовини поводять себе у розчині так, як і у газоподібному стані, займаючи такий же 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 [3,7]. І лише теорія електролітичної дисоціації, яку запропонував і розвинув Сванте Арреніус у 1887 р. [3,7,30], не лише пояснила від-

хилення поведінки розчинів від теорії Вант-Гоффа, а й заклала підґрунтя для вивчення механізмів генерації електрорушійних сил і зв'язків між хімічними і електричними процесами [1,10,11].

Найголовнішими положеннями теорії електролітичної дисоціації, які мають відношення до мембранних процесів генерації електричних потенціалів, є те, що при дифузії іонів «попереду» виявляються більш рухливі іони (для кислот – іони  $H^+$ ), а більш повільні іони кислотних радикалів відставатимуть від іонів водню [18]. Але розійтися ці іони не можуть через взаємне електростатичне притягування. Це ж стосується і до 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. Така електрорушійна сила має назву дифузійного (концентраційного) потенціалу і виражається формулою:  $E = (u - v / u + v) \times RT/nF \times \ln p/p_1$  (1) або у випадку бінарного електроліту  $E = (u - v / u + v) \times 0,057 \lg p/p_1$  (2), де  $E$  – різниця потенціалів,  $u$  і  $v$  – рухливість катіонів і аніонів,  $n$  – валентність іонів,  $p$  і  $p_1$  – осмотичний тиск (концентрація електролітів) розчинів, що змішуються («дотикаються»),  $R$  – газова стала,  $T$  – абсолютна температура,  $F$  – кількість електрики, що переноситься однією граммолекулою одновалентного іону (96500 К). Через свою революційність теорія електролітичної дисоціації Арреніуса разом з теорією Вант-Гоффа стала одним з наріжних каменів фізичної хімії [4,7], а завдяки роботам В.Ю. Чаговця – і мембранології [2,4,10,11,18].

Ще задовго до побудови іонної теорії електрогенезу робилися спроби розкрити природу процесів збудження, що є основними проявами життєдіяльності м'язової, нервової і залозистої тканин. Проте ці спроби не мали наукового обґрунтування, а носили характер припущення. Так, наприклад, теорія нервового флюїду (невагомої субстанції, що тече по нервах) веде початок від Р. Декарта. Подібними є теорії І. Ньютона і М. Ломоносова, в основі яких лежали коливання часток вздовж нервів [1]. Більш «науковими» були електромолекулярна концепція засновника електрофізіології Дюбуа-Реймона і альтераційна теорія Германа [12]. За першою – різниця потенціалів у м'язах утворюється за рахунок руху молекул,

що мають різнойменні заряди. Такі периполярні молекули, кінці яких електронегативні, а середина – електропозитивна, у місці розрізу м'яза виявляють негативність. Тому між поперечним перерізом і поверхністю м'яза виникає електричний струм. За другою – протоплазма клітини у спокої є електронейтральною, а різниця потенціалів виникає лише при пошкодженні чи подразненні тканини. Тому автор і назвав ці потенціали струмами пошкодження (струмами дії). Тобто, ці потенціали є наслідком змін гіпотетичних процесів обміну речовин або хімічних процесів, що залежать від пошкодження чи подразнення тканини.

Такі погляди на природу біоелектричних явищ завжди були відображенням розуміння електричних явищ взагалі на той час. Тому і світогляд В.Ю. Чаговця на природу біоелектричних явищ відображав рівень загальної теорії електрики. Але його дослідження розпочалися в нову еру електрофізіології, яка завдячує видатним успіхам електрохімії, зокрема теорії електролітичної дисоціації Арреніуса.

#### **Матеріали та методи дослідження**

У роботі використані порівняльно-історичні і предметно-логічні методи, використані архівні матеріали, метод історико-наукового аналізу визначних фундаментальних праць мембранологічного спрямування.

#### **Отримані результати та їх обговорення**

Фізико-хімічна теорія Арреніуса [30] про дисоціацію електролітів була розвинута для неорганічних розчинів електролітів. Використання її для пояснення біоелектричних явищ стало самостійним і складним завданням, для вирішення якого потрібно було провести глобальні теоретичні і експериментальні дослідження. Такі дослідження вперше вдалося провести В.Ю. Чаговцю наприкінці позаминулого століття [10-12].

Вихідним положенням в дослідженнях В.Ю. Чаговця було: усі електричні струми в тканинах є струми дифузійні, що відбуваються внаслідок різної концентрації продуктів життєдіяльності клітин м'язів (автор розпочав свої дослідження лише на м'язах [10,11]). Проте на той час не було чіткого уявлення про ті «продукти життєдіяльності», які б утворились в тканині при її пошкодженні чи подразненні. Але уже було відомо, що при скороченні у м'язах утворюється низка кислот, в т.ч. вугільної. Тому В.Ю. Чаговець припустив, що електричні струми між двома точками відведення на м'язі до гальванометра, одна з яких пошкоджена (подразнена), обумовлені утворенням в ньому кислоти. Тому  $H^+$ -іон як найбільш рухливий буде

швидше, ніж аніон, дифундувати від розрізаної ділянки до ділянки м'яза, яка знаходиться у спокої. Через це ця ділянка виявиться більш електропозитивною і між ділянками, з'єднаними гальванометром, потече електричний струм. Носієм такого дифузійного струму, як припустив В.Ю. Чаговець, є «продукт життєдіяльності» м'яза, який є джерелом іонів  $H^+$ . За такий «продукт» автор обґрунтовано вибрав вугільну кислоту, або якусь гіпотетичну сполуку її з білком, що подібна до вуглеглобулінової кислоти за І.М. Сеченовим [9].

Розпочавши ще на 2-му курсі Військово-медичної академії дослідження впливу різних отрут на електрорушійну силу м'язів жаби (за пропозицією І. Тарханова [17]), В.Ю. Чаговець шукав відповідь на запитання - чим спричинюються потенціали в клітині? Його увагу привернула теорія електролітичної дисоціації С. Арреніуса [3, 7, 30], яка по новому пояснювала походження електричних потенціалів і струмів, що виникають у розчинах електролітів. Переконавшись у важливості для фізіології теорії дисоціації, В.Ю. Чаговець першим зробив революційну спробу застосувати її для пояснення біоелектричних процесів [10]. Через два роки «студентських» пошуків з використанням нових для того часу фізичної хімії і теорії електролітичної дисоціації В.Ю. Чаговець зробив 14.05. 1896 р. доповідь на засіданні Російського фізико-хімічного товариства на тему «О применении теории диссоциации Аррениуса в электрических явлениях на живых тканях» [10]. В тому ж році (грудень 1896 р.) аналогічну доповідь він зробив на наукових зборах клініки нервових хвороб академії. Петербургські фізики, хіміки і медики настільки високо оцінили ідеї В.Ю. Чаговця, що в тому ж році під таким же заголовком була опублікована його стаття у найавторитетнішому на той час природничому часописі – Журналі фізико-хімічного товариства [11]. Через рік реферат цієї статті опублікував і німецький журнал з фізичної хімії [35]. А ще через рік ця ж стаття вийшла у світ і у російському часописі медико-біологічного спрямування [12]. Ці талановиті роботи В.Ю. Чаговця, часто ігноровані його сучасниками і мало відомі, мають не тільки велике наукове значення. Вони важливі і у плані історико-наукового розвитку поглядів на природу біоелектричних явищ і про пріоритет наших вчених у створенні іонної теорії збудження та походження біоелектричних потенціалів.

Свою теорію генерації електричних потенціалів у м'язах В.Ю. Чаговець розробляв, виходячи з поняття дифузійного потенціалу (формула 1) та з того, що при максимальному подразненні м'яза виробляється в 6-10 разів більше  $H_2CO_3$ , ніж у спокійному стані

[32]. Приймаючи, що рухливість аніону вугільної кислоти дорівнює нулю (через зв'язок вуглекислоти з білками з утворенням «білок-вугільної кислоти» [9]), автор теоретично розрахував електрорушійну силу м'яза, значення якої сягало 50 мВ [4, 18]. Перевіряючи свої теоретичні розрахунки, автор провів виміри на відпрепарованих м'язах жаби, реєструючи електричні потенціали між поперечним розрізом і повздовжньою 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 в стані спокою. Аніони з нижчою рухливістю відстають від  $H^+$  і передають свій негативний потенціал ділянці поперечного розрізу. Реєстрації потенціалів на таких м'язових препаратах дали величини, близькі до обчислених за умови, що  $H_2CO_3$  знаходиться 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 [19]. При цьому він надавав особливого значення сполуці вугільної кислоти з білком (білок-вугільна кислота): при її незначних кількостях в живих тканинах дисоціація кислоти майже повна і кількість іонів  $H^+$  буде завжди відповідати усій кількості кислоти. Через це припускається, що відношення осмотичних тисків вільних іонів  $p/p_1$  завжди буде рівним співвідношенню їх концентрацій  $c/c_1$ . Тому автор у своїх розрахунках використовував формули (1, 2) і формулу (3):  $E = (u - v / u + v) \times RT/nF \times \ln c/c_1$  як синоніми. Особливо, на думку автора, це відноситься і до фосфорної кислоти, ступінь дисоціації якої у 0,01 н розчині (0,1 %) можна вважати повною.

В.Ю. Чаговець, розвиваючи свою іонну теорію, не «ідеалізував» іони, а звертав увагу і на можливий вплив на електричні струми розчинених у протоплазмі органічних сполук [19]. Щодо органічних сполук неелектролітів (вуглеводи), то автор не тільки враховував результати досліджень С. Арреніуса [30] про те, що опір розчину електроліту зростає на 2 % у відповідь на 1 % доданого неелектроліту. Головним він вважав те, що підсилення тертя рухомого іону є рівним по відношенню як до катіонів, так і до аніонів. Тому величина електричного потенціалу істотно не залежить від кількості неелектроліту. Ця думка В.Ю. Чаговця підтверджена і фізико-хімічними дослідженнями того часу [33].

Таким чином, В.Ю. Чаговець довів, що: 1) електричний струм у м'язах є струмом концентраційним, що 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 величини, яка визначається для випадку дифузії позитивних іонів водню. Зважаючи на те, що вивченням електричних явищ у живих організмах у другій половині 19 століття 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.

Реєстрація електричних потенціалів між поперечним перерізом м'яза і його повздовжньою поверхнею дали величини, які були близькими до теоретичних розрахунків В.Ю. Чаговця за теорією електролітичної дисоціації Арреніуса за умови, що вуглекислота знаходиться у зв'язаній з білками формі. Правильність своїх уявлень автор перевіряв на м'язах при різних способах їх перерізання, а також на нервах, залозах і рослинах [2, 12]. Особливу увагу В.Ю. Чаговець приділяв електричним потенціалам, які реєструються на поперечних розрізах, проведених навкоси, і які реєструються на конусоподібних непошкоджених м'язах [22, 23].

В.Ю. Чаговець встановив, що різниця потенціалів реєструється на самій поверхні навкис перерізаного м'яза з такими особливостями: поверхня перерізу біля тупого кута є позитивною по відношенню до поверхні біля гострого кута перерізу. Така різниця потенціалів тим більша, чим гостріший кут перерізу м'яза [21]. Аналогічні особливості різниці потенціалів виявлені і у конусоподібних м'язах: кінець, що стоншується, є електронегативним по відношенню до товстої частини м'яза [22]. Такі особливості різниці електричних потенціалів у обох випадках автор розглядав як наслідки однієї причини: у обох випадках вугільна кислота інтенсивніше виробляється і на поперечному перерізі, і на повздовжній поверхні, яка подразнюється через підсихання.

Вугільна кислота, яка утворюється на поверхні м'яза, дифундує всередину м'яза, її концентрація буде більшою у тій частині м'яза, яка прилягає до гострого кута перерізу, або у тонкій частині м'яза. Останнє автор пояснював тим, що у стоншеній частині м'яза об'єм, у якому розчиняється вуглекислота, є меншим, тому і концентрація більша [4]. В.Ю. Чаговець встановив, що відношення між поверхнею попере-

чного перерізу і прилеглим до неї об'ємом м'язів біля гострого кута значно переважає над аналогічним відношенням біля тупого кута. Тобто, концентрація вуглекислоти є більшою біля гострого кута, а відношення концентрацій біля кутів є обернено пропорційним величинам цих кутів [12,21]. Підставивши у рівняння 1 замість осмотичних тисків (чи концентрацій) величини кутів косоного перерізу, В. Ю. Чаговець отримав збіг експериментальних даних і даних, розрахованих за умов існування вуглекислоти у зв'язаному з білком стані.

Що ж до концентрації вугільної кислоти в різних частинах конусоподібного м'яза, то вона буде обернено пропорційна віддалі кожної частини від вершини конуса [22]. Тому у формулу дифузійного потенціалу можна підставити ці віддалі і розрахувати різниці потенціалів між різними частинами м'яза. І в цьому випадку експериментально встановлені величини потенціалів були близькі теоретично розрахованим. Вивчаючи теоретично і експериментально утворення потенціалів на обох типах м'язів, В.Ю. Чаговець вважав їх результати вагомим доказом дифузійного походження біопотенціалів.

Дифузійну природу електричних потенціалів м'язів В.Ю. Чаговець довів і на моделях конусоподібних м'язів [4,22]. Такі моделі він будував на основі скляної лійки, вимощеної зсередини фільтрувальним папером, просоченим вугільною кислотою. Всередину такої моделі і наливали воду чи 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 величинах електричних потенціалів: чим глибше занурюється електрод (у бік вузької частини лійки), тим більші величини різниці потенціалів реєструються [12,21,22].

Обґрунтувавши іонні механізми генерації електричних потенціалів у м'язах, В.Ю. Чаговець припускає, що і у нервах відбуваються аналогічні електромоторним явища. При цьому автор ставить перед собою завдання, за які ще не бралися найвидатніші фізіологи ХХ століття [1, 4]. Це завдання полягало в тому, щоб дослідити можливість перенесення електрики в нервах неорганічними іонами, які утворюються (вивільнюються) в місцях його подразнення.

Вперше застосували не тільки фізичні, а й математичні формули у дослідженні біоелектричних процесів [14], В.Ю. Чаговець проводив математичний аналіз закону Вебера-Фехнера (інтенсивність відчуття

є пропорційним логарифму подразнення). Результатом цих досліджень став висновок, що відчуття підсилюються пропорційно натуральному логарифму кількості іонів у ділянці подразнення нерва. Ця робота є першою спробою застосування іонної теорії біоелектрогенезу до органів чуття [1]. Таким чином, теоретичними і експериментальними дослідженнями В.Ю. Чаговець вперше 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 чило об'єктів своїх досліджень електричні струми залоз шкіри і травного тракту електричні органи риб та електричні явища, що спостерігаються у рослин. Дослідження цих процесів, об'єктів присвячені спеціальні глави у першому випуску монографії «Очерк электрических явлений на живых тканях ...» [13] та у інших працях [18,20-24].

Ще до проведення описаних вище досліджень В.Ю. Чаговця на м'язах і нервах було відомо, що електричні потенціали спостерігаються у залоз як в стані спокою, так і в стані збудження. Зазвичай у залозах у спокійному стані спостерігається електронегативний потенціал всередині залози по відношенню до її зовнішньої поверхні. При подразненні залози ця різниця потенціалів у одних залоз (які виробляють лужний секрет) підсилюється, у інших (які виробляють кислий секрет) – послаблюються аж до зміни її напрямку [25]. Цю різницю потенціалів В.Ю. Чаговець пояснив з точки зору своєї дифузійної теорії [10,11]. Він виходив з того, що всередині залози завжди є залишок секрету з електролітами, в першу чергу з  $\text{HCl}$ . На поверхні залози, де закінчуються вивідні протоки залози, секрет розбавлений позаклітинною рідиною, до якої теж входить хлористий натрій. Через це іони натрію і хлору будуть дифундувати з середини залози назовні. Оскільки швидкість іону хлору більша за швидкість іону натрію, то зовнішня поверхня залози матиме заряд негативний, а внутрішня – позитивний [13, 25].

При подразненні залози, яка виробляє лужний секрет,  $\text{OH}^-$  іон буде рухатись швидше інших катіонів (окрім іону  $\text{H}^+$ ) і доповнювати негативний заряд протоки залози. Тобто, різниця потенціалів між поверхнею і серединою залози збільшиться. Навпаки, коли залоза виробляє кислий секрет, то  $\text{H}^+$ -іон буде передавати поверхні

свій позитивний потенціал, чим послаблює (знижує) різницю електричних потенціалів. А при високій інтенсивності виходу іонів  $\text{H}^+$  знак різниці потенціалів може змінитись на протилежний [12, 25].

Аналогічним чином В.Ю. Чаговець пояснює і електрогенез у електричних органах риб. Ці органи складаються з багатьох комірок – основними виробниками електричного струму. Оскільки комірки розділені непроникною для деяких іонів перетинкою, то секрет (у одних риб – кислий, у інших – лужний) може дифундувати лише в один бік – від перетинки. В результаті такої дифузії і різниці в рухливості аніонів і катіонів створюється дифузійний потенціал. Його напрям буде залежати від того, чи секрет кислий, чи лужний, а величина – від різниці концентрацій електроліту. Через те, що кількість таких комірок велика, а вони з'єднані послідовно у електричному органі, то утворюється різниця потенціалів у кілька сот вольт [24].

Для повноти вірогідності своїх поглядів на електрогенез у живих тканинах В.Ю. Чаговець розглянув і процеси генерації електричних потенціалів у рослин [26]. Він виходив із давно відомих фактів, що живі рослини генерують різницю потенціалів між верхньою і нижньою поверхнями листка, яка зростає зі зростанням інтенсивності освітлення. Існують різниці потенціалів між коренем і стеблом, між внутрішньою частиною і поверхнею рослини. В.Ю. Чаговець звернув увагу на те, що у всіх випадках негативними є ті частини рослини, де вищий метаболізм, що і є причиною інтенсивного утворення вугільної кислоти [4,26]. Оскільки пошкоджені або подразнені частини рослини виявляють електронегативність по відношенню до непошкоджених і тих, які знаходяться в стані спокою, вчений зробив правильний висновок, що електрогенез у рослин має ту ж природу, що і у тварин.

### Висновки

В.Ю. Чаговець першим у світовій науці «позбавив» таємничості біоелектричні явища, відкрив їх матеріальну основу і встановив, що електрорушійні сили у тканинах, незалежно від їх типу – м'язова, нервова, залозиста, як і електричні органи риб та рослини є наслідком фізико-хімічної дифузії іонів. Цим він поставив біоелектричні явища в один ряд з іншими біологічними процесами. Лише після його робіт [10-13, 20, 24-26 і ін.] стало зрозумілим, що біоелектричні процеси є виразниками певних фізико-хімічних явищ, які лежать в основі життєдіяльності. Протягом наступних кількох десятиліть після виходу перших робіт В.Ю. Чаговця [10-13] його уявлення переглядалися і наші знання про механізми біоелектрогенезу до-

корінно змінилися. Але основний принцип видатного дослідника про те, що електричні явища у живих клітинах є наслідком фізико-хімічної дифузії неорганічних іонів, залишився наріжним каменем у електрофізіології і дав можливість своїм послідовникам [4, 6] остаточно сформулювати в Україні одну з наймолодших і прогресуючих біологічних наук – мембранологію.

### Література

1. Бабський Е.Б. Василий Юрьевич Чаговец / Е.Б. Бабский // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 5-42.
2. Богач П.Г. *Основы электрофизиологии* / П.Г. Богач, М.Ю. Клевець, В.К. Рибальченко. – Київ: Вища шк., 1984. – 232 с.
3. Воловенко Ю.М. Хімія / Ю.М. Воловенко, В.К. Яцимірський, В.О. Павленко. – Київ: Перун, 2010. – 430 с.
4. Воронцов Д.С. В.Ю. Чаговец – основоположник сучасної електрофізіології / Д.С. Воронцов. – Київ: вид-во КДУ ім. Т.Г. Шевченка, 1957. – 52 с.
5. Гальвани и Вольта / *Избранные работы о животном электричестве*. – М.: Биомедгиз, 1937. – 430 с.
6. Костюк П.Г. Кальций и клеточная возбудимость / П.Г. Костюк. – М.: Наука, 1986. – 254 с.
7. Ленський А.С. Введение в биеорганическую и биофизическую химию / А.С. Ленський. – М.: Высш. шк., 1989. – 256 с.
8. Пфеффер В. Цит. по: Рыбальченко В.К. Молекулярная организация и ферментативная активность биологических мембран / В.К. Рыбальченко, М.Д. Курский. – Киев: Наук. думка, 1977. – 210 с.
9. Сеченов И.И. О поглощении углекислоты солевыми растворами и кровью / И.И. Сеченов. – Спб.: изд-во Л.Ф. Пантелеева, 1879. – 162 с.
10. Чаговец В.Ю. О применении теории диссоциации Аррениуса к электрическим явлениям на живых тканях. Доклад в заседании Химического отделения Русского физико-химического общества / В.Ю. Чаговец // *Журн. Русск. физико-хим. об-ва*. – 1896. – Вып. 5, Т. 28. – С. 431-432.
11. Чаговец В.Ю. О применении теории диссоциации Аррениуса к электрическим явлениям на живых тканях / В.Ю. Чаговец // *Журн. Русск. физико-хим. об-ва*. – 1896. – Вып. 5, Т. 28. – С. 657-663.
12. Чаговец В.Ю. О применении теории диссоциации растворов электролитов Аррениуса к электрофизиологии / В.Ю. Чаговец // *Неврол. вестн.* – Казань, 1898. – Т. 6, Вып. 1. – С. 173-183.
13. Чаговец В.Ю. *Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий*. Дисс. док. Медицины / В.Ю. Чаговец. – СПб.: Тип. Гл. упр. Уделова, 1903. – 315 с.

14. Чаговец В.Ю. *О математическом методе в биологии* / В.Ю. Чаговец // *Труды IX Съезда об-ва русских врачей в память Н.И. Пирогова*. – 1904. – Т. 1. – С. 97-100.

15. Чаговец В.Ю. *Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий* / В.Ю. Чаговец // *Электрофизиология нервного процесса* / В.Ю. Чаговец. – СПб, 1906. – Вып. 2. – 168 с.

16. Чаговец В.Ю. *О тормозящем действии прерывистого гальванического тока на центральную нервную систему* / В.Ю. Чаговец // *Обозр. психиатрии, неврол. и эксп. психол.* – 1906. – № 1 – С. 18-34.

17. Чаговец В.Ю. *Учебная и ученая деятельность проф. И.Р. Тарханова* / В.Ю. Чаговец // *Журн. Пироговского об-ва*. – 1908. – С. 8-15.

18. Чаговец В.Ю. *Электромоторная деятельность мышц и желез, электрические органы рыб и электрические токи растений* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 1-304.

19. Чаговец В.Ю. *О химическом источнике электрических токов в живых тканях* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 130-151.

20. Чаговец В.Ю. *Токи, наблюдаемые на правильно построенных мышцах* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 151-180.

21. Чаговец В.Ю. *Токи наклона* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 181-196.

22. Чаговец В.Ю. *Токи конусообразных мышц* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 196-220.

23. Чаговец В.Ю. *Опыты на моделях* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 238-254.

24. Чаговец В.Ю. *Электрические органы рыб* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 273-293.

25. Чаговец В.Ю. *Электромоторная деятельность желез* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины. 1957. – Вып. 1. – С. 254-273.

26. Чаговец В.Ю. *Электрические явления в растениях* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 1. – С. 294-304.

27. Чаговец В.Ю. *Электрофизиология нервного процесса* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 2. – С. 305-515.

28. Чаговец В.Ю. *О математическом методе в биологии* / В.Ю. Чаговец // *Избранные труды в одном томе* / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 2. – С. 471-475.

29. Чаговец В.Ю. Прохождение электрического тока через влажные проводники и явления поляризации, происходящие при этом / В.Ю. Чаговец // Избранные труды в одном томе / В.Ю. Чаговец. – Изд-во АН Украины, 1957. – Вып. 2. – С. 307-319.

30. Arrhenius S. Über Aenderung d.elekt. Leitungsvermögen einer Asung durch Zusatz von kleinen Mengen eines Nichtleiters / S. Arrhenius // Ztsch. Physik. Chemie. – 1892. – Bd. 9. – P. 487-511.

31. Biedermann W. Elektrophysiologie / W. Biedermann // Jena. – 1895. – 273 p.

32. Fletscher F.M. The survival respiration of muscle / F.M. Flerscher // J. of physiol. – 1898-1899. – Vol. 23. – P. 10-99.

33. Lüdeking M. Leitungsfähigkeit gelatinhaltigen Zinkvitriollösungen / M. Lüdeking // Wied. Annal. – 1899. – Bd. 37. – P. 172-176.

34. Matteucci C. Nouvelles experiences relatives al'electricite animale / C. Matteucci // C. R. Acad. Sci. (Paris). – 1842. – Vol. 15, № 17. – P. 797-798.

35. Chagovets V.Yu. Anwendung elektrolytischen Dissociationstheorie von Arrhenius auf die elektrische Erscheinungen in lebenden / V.Yu. Chagovets // Geweber. Zeitschr. f. phys. Chemie – 1897. – Vol. 23, № 1 – S. 558-559.

#### Резюме

**Опанасенко С.М., Рибальченко Т.В., Держинський М.Е., Рибальченко В.К.** В.Ю. Чаговец – засновник мембранології в Україні.

Висвітлена роль В.Ю. Чаговця у створенні першої в світі фізико-хімічної теорії електрогенезу в клітинах. За цією теорією біоелектричні явища є наслідком дифузії неорганічних іонів, що і понині залишається основою генерації електричних процесів на клітинних мембранах.

**Ключові слова:** В.Ю. Чаговец, клітинні мембрани.

#### Резюме

**Опанасенко С.Н., Рыбальченко Т.В., Держинский Н.Э., Рыбальченко В.К.** В.Ю. Чаговец – основатель мембранологии в Украине.

Показана роль В.Ю. Чаговца в создании первой в мире физико-химической теории электрогенеза в клетках. Согласно этой теории биоэлектрические явления являются следствием диффузии неорганических ионов, что и в наши дни остается основой генерации электрических процессов на клеточных мембранах.

**Ключевые слова:** В.Ю. Чаговец, клеточные мембраны.

#### Summary

**Orpanasenko S.N., Rybalchenko T.V., Dzerzhynsky M.E., Rybalchenko V.K.** V.Yu. Chagovets - the founder of membranology in Ukraine.

V.Yu. Chagovets role in development of the world's first physical-chemical theory of electrogenesis in the cells was displayed. According to this theory bioelectric phenomena are the result of the diffusion of inorganic ions, which nowadays remains the basis of the electrical processes in cell membranes.

**Key words:** V.Yu. Chagovets, cell membranes.

**Рецензент: д.біол.н., проф. Б.П. Романюк**

## ВПЛИВ ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНА АПФ НА КЛІНІКО-ФЕНОТИПІЧНІ ПРОЯВИ БРОНХІАЛЬНОЇ АСТМИ У ХВОРИХ З ОЖИРІННЯМ

**Т.М. Пасієшвілі, Т.В. Бездітко**

Харківський національний медичний університет

### Вступ

Протягом тривалого дослідження за хворими на бронхіальну астму (БА) було встановлено, що важливе місце в її появі та перебігу належить спадковим змінам. Так звана «теорія мутацій» пояснює цей висновок наступним: поява нових властивостей є результатом різних типів змін в генетичному матеріалі, а головним джерелом спадкової мінливості є мутації генів, тобто зміни їх хімічної структури. Фізичним носієм інформації виступає окремих нуклеотид, а кодovими групами, які забезпечують участь амінокислот у побудові специфічних білків, - триплети основ коду [1,6].

Сучасні дослідження в молекулярній біології сприяли формуванню робочої гіпотези щодо вагомості ролі генетичних факторів в розвитку БА. Так, отримані дані про зв'язок розвитку БА з D/D-поліморфізмом гена АПФ [9]. Також визначено, що при хронічних обструктивних захворюваннях органів дихання виникають умови до кардіоваскулярних порушень, а саме, до підвищення ригідності артеріального русла. При цьому ці зміни можуть бути реалізованими за універсальними механізмами - запальними, оксидативними, протеїназними тощо [2,8]. Однак тестування генів-кандидатів показало, що жоден з них не має виключного значення, тому що генетична основа захворювання має мультифакторіальну природу [3,5].

Одним із факторів, що може впливати на поліморфізм генів, розглядають супутню патологію, зокрема, ожиріння. Розповсюдженість ожиріння настільки висока (понад 1,5 млрд. осіб в усьому світі), що дане поєднання можна розглядати як закономірне [4,10].

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Роботу виконано у межах НДР Харківського національного медичного університету «Метаболічні механізми формування респіра-