

рассмотренной выше ситуации может потребовать замены СЭ в сторону уменьшения капиллярного диаметра ячеек  $d_c$ .

Следует отметить, что в представленной выше методике не учитывается влияние на величину коэффициента  $k_c$  геометрических характеристик канала, по которому происходит движение жидкости. Учитывается только площадь поперечного сечения канала при определении средней скорости жидкостного потока под поверхностью СЭ. Для выяснения степени влияния данного фактора на работоспособность СОСТ требуется проведение дополнительных исследований.

**Список литературы:** 1. ГОСТ 6613–73. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками нормальной точности. Государственный стандарт [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 17 с. 2. ГОСТ 3187–76. Сетки проволочные тканые фильтровые. Государственный стандарт [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 15 с. 3. Давыдов С.А. Численный расчет взаимодействия свободной поверхности жидкости с сетчатой разделительной перегородкой [Текст] / С.А. Давыдов // Математическое моделирование в механике жидкости и газа: сб. науч. тр. Днепропетровского государственного ун-та – Д., 1992. – С. 72–77. 4. Давыдов С.А. Экспериментальные исследования влияния коэффициента упругости сетчатых разделителей фаз на их удерживающую способность [Текст] / С.А. Давыдов // Вісн. Дніпропетр. університету. Ракетно-космічна техніка – 2004. – Вип. 8, № 12 – С. 11–17. 5. Давыдов С.А. Экспериментальная оценка влияния переменного давления на прорыв газа через металлическую сетку [Текст] / С.А. Давыдов, А.С. Макарова; Днепропетровский государственный ун-т. – М., 1989. – 11с. – Деп. в ВИНТИ 15.04.89, № 261989. 6. Капиллярные системы отбора жидкости из баков космических летательных аппаратов [Текст] / Багров В.В., Курпатенков А.В., Поляев В.М. и др.; под. ред. В.М.Поляева. – М.: УНПЦ «ЭНЕРГОМАШ», 1997. – 328с. 7. Макарова А.С. Работоспособность средств обеспечения сплошности топлива сетчатого типа в условиях ограниченного контакта с газом наддува [Текст] / Макарова А.С., Давыдов С.А., Абраменко Н.В., Давыдова А.В. // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: зб.наук.праць Дніпропетровського національного ун-ту. – Т. IX. – Д., 2009.– С. 62–68. 8. Rollins J.R. 23 years of surface tension propellant management system design, development, manufacture, test and operation [Text] / J.R. Rollins // AIAA paper – 1986. – № 833. – 9p. 9. Tegart J.R. Influence of pressure transients on the performance of capillary propellant acquisition systems [Text] / J.R. Tegart // AIAA paper. – 1976. – № 597. – 8 p.

*Поступила в редколлегию 26.11.2010*

**УДК 57.08:632.082**

**В.А. ШИГИМАГА**, канд. сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией, Институт животноводства НААН, пгт. Кулинич, Харьковская обл.

## **КОНДУКТОМЕТРИЯ КЛЕТОК ЖИВОТНЫХ В СРЕДАХ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ**

Предложен простой способ определения собственных электропроводящих свойств клеток животных в средах с произвольной проводимостью. Суть способа состоит в исключении проводимости среды из суммарной проводимости клетки и среды.

Ключевые слова: проводимость, клетка, среда

Запропоновано простий спосіб визначення власних електропровідних властивостей клітин

тварин в середовищах з довільною провідністю. Суть способу полягає у виключенні провідності середовища із сумарної провідності клітини та середовища.

Ключові слова: провідність, клітина, середовище

The simple method of determination own electro-conductive properties of animal cells in a media with arbitrary conductivity is suggested. Essence of method consists upon exception of medium conductivity from total conductivity cells and medium.

Key words: conductivity, cell, medium

## **1. Введение**

Известны способы кондуктометрии сред и суспензий клеток [1-3]. Суть их в том, что на исследуемый объект подают импульсное напряжение, а далее, согласно различным математическим моделям, описывающим ожидаемый отклик объекта на такое воздействие, рассчитывают его проводимость. Однако этим способам присуща одна общая особенность - они используют только фиксированную амплитуду импульсов, подаваемых на электроды ячейки, вследствие чего невозможно получить зависимость проводимости объекта от напряженности поля. Это сильно ограничивает их применение на одиночных клетках, содержащих такие чувствительные к внешней напряженности поля структуры, как мембраны, способные к различной степени электропорации и пробоем [4].

Известны также способы определения проводимости сред и одиночных клеток в импульсном поле с возрастающей напряженностью [5,6]. Однако, несмотря на реализованную возможность кондуктометрии с изменяемой напряженностью поля, эти способы не обеспечивают корректного и точного определения проводимости только клетки. Основная причина этого заключена в том, что проводимость среды аддитивно связана с проводимостью клетки согласно закону Кольрауша. Это объясняет принципиальную невозможность установить этими способами составляющую проводимости, принадлежащую только клетке. При определении проводимости клетки в чистых диэлектрических средах, как маннит или сахароза, их проводимостью можно практически пренебречь, поскольку собственная проводимость клетки выше, а в момент пробоя почти на порядок выше по сравнению со средой. А в случае применения питательных клеточных сред, содержащих значительные количества разных ионов, их проводимостью пренебречь уже так просто нельзя. Поэтому в таких условиях для получения собственной проводимости клетки необходимо обязательно учитывать проводимость среды, которая может составлять значительную часть общей проводимости. Но эти способы вообще не позволяют исследовать характер проводимости клетки в проводящих средах. Поэтому самым радикальным решением этих проблем было бы полное исключение проводимости среды из суммарной проводимости клетка плюс среда.

## **2. Методика определения проводимости клеток и сред**

Определение проводимости сред и клеток проведено с помощью аппаратуры и способа, разработанных и подробно описанных ранее [6,7]. Перед измерением проводимости наносили каплю среды с клеткой на предметное стекло

микроскопа. Погружали в каплю микроэлектроды, располагали между ними клетку и подавали на них импульсное напряжение с возрастающей от нуля амплитудой [6]. Одновременно определяли падение напряжения на клетке в момент прохождения импульса. После этого, оставаясь в капле среды, отводили микроэлектроды в сторону от клетки и производили аналогичные действия. Далее рассчитывали обе проводимости - клетки со средой и среды без клетки по одному алгоритму, используя способ [6], и наносили их значения на график в зависимости от напряженности поля. Для получения проводимости только клетки проводили поточечное вычитание соответствующих ординат или ее вычисляли сразу аналитически по несложной формуле разности, введенной в алгоритм вычислений проводимости. Все вычисления и построение графиков выполнены с помощью программного пакета Microsoft Excel 2002. В экспериментах были использованы ооциты мыши, полученные по стандартной методике [8].

### 3. Результаты исследования проводимости клеток в разных средах

На рис.1а,б показаны зависимости проводимости двух ооцитов от напряженности поля в 0,3М среде сахарозы. Рис.1а - ооцит находился в чистой сахарозе, рис.1б - в загрязненной остатками фосфатно-солевого буфера (ФСБ), внесенного на кончике пипетки при переносе клетки. Видно, что проводимость ооцита с чистой сахарозой немного отличается от собственной проводимости ооцита, рис.1а, в то время, как в загрязненной эти значения примерно на порядок выше, рис.1б. Тем не менее, при вычитании проводимости сахарозы получаем собственную проводимость 2-й клетки, численно подобную 1-й до 1,7 кВ/см, а далее видны индивидуальные особенности, которые проявляются в более интенсивном пробое.

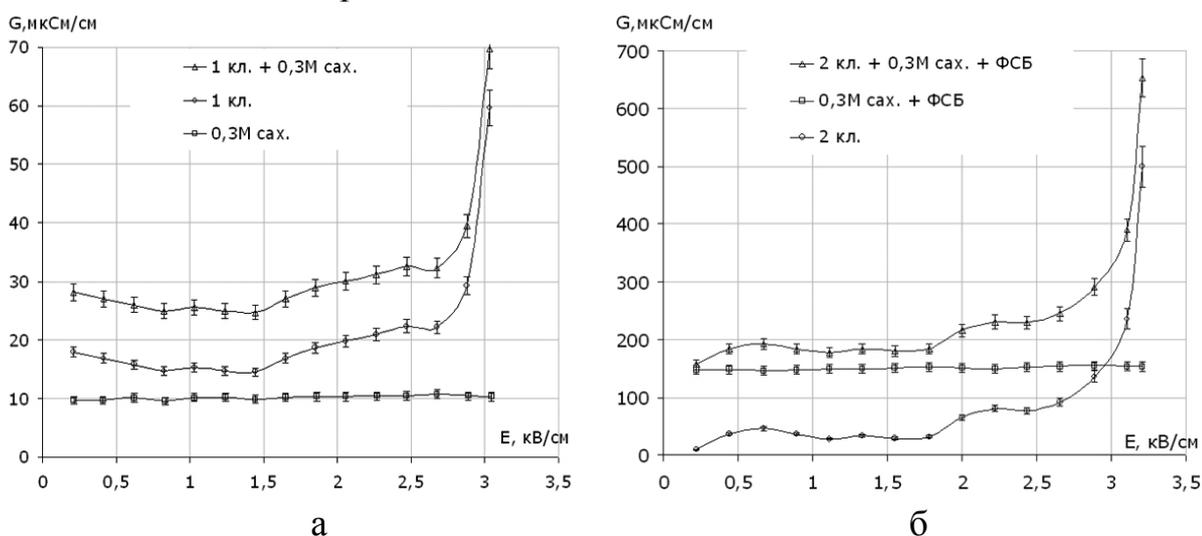


Рис. 1 а). ооцит в среде чистой 0,3М сахарозы; б). ооцит в сахарозе, с примесью ФСБ.

На рис.2а,б показаны зависимости проводимости двух ооцитов от напряженности поля в среде ФСБ совместно с ним и без него. Видно, что проводимость ФСБ почти на 3 порядка выше, чем сахарозы, и оказалась даже выше проводимости ооцитов из-за изолирующего влияния их мембраны,

рис.2а. Поэтому при вычитании проводимости ФСБ, чтобы избежать парадокса отрицательных значений проводимости клетки, их следует брать по модулю. На рис.2б видно, что собственные проводимости ооцитов за вычетом ФСБ сильно отличаются по значениям от таковых в сахарозе. Это происходит за счет обратного движения ионов из буфера внутрь клетки через мембрану при ее электропорации внешним полем. Интересно, что пробоя мембраны при этом не происходит, как в сахарозе. Скорее всего, это можно объяснить равновесными концентрациями ионов снаружи и внутри клетки, так что „гидродинамического удара” по мембране изнутри гидратированными ионами в цитоплазме, ускоряемыми внешним полем, как в случае с сахарозой, не возникает, благодаря тому, что в открывающиеся электропоры через мембрану идут встречные потоки ионов.

Преимущество предложенного способа состоит в том, что он учитывает аддитивный характер проводимости клетки и среды в межэлектродном пространстве.

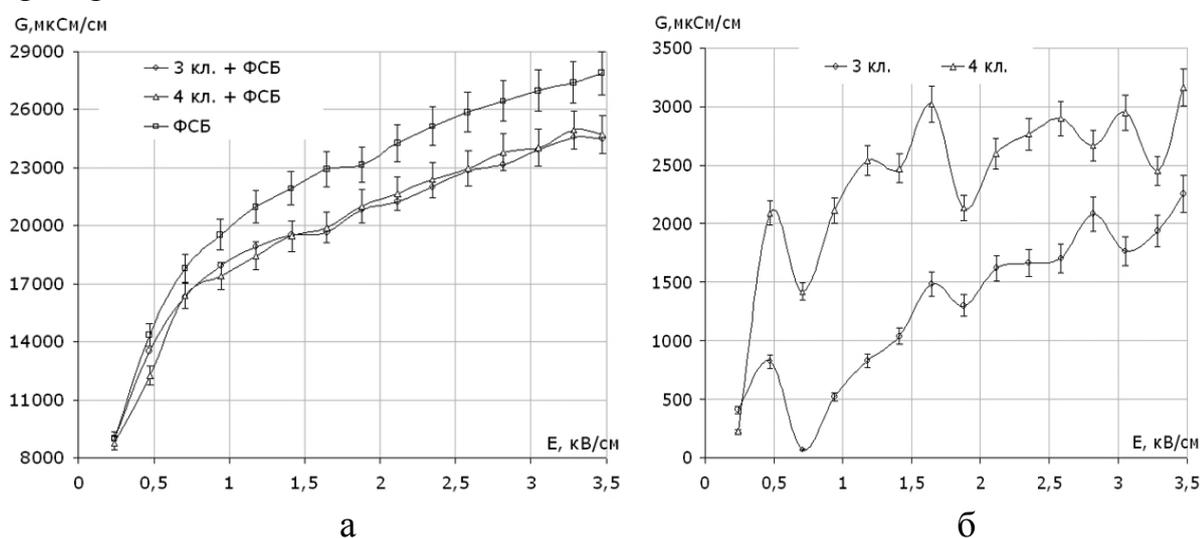


Рис. 2 а). третья и четвертая клетки в ФСБ совместно с ним; б). они же за вычетом проводимости ФСБ.

При этом используется одна и та же пара электродов, а значит, геометрические и электрофизические параметры кондуктометрической ячейки остаются неизменными. Способ открывает возможность определять собственную проводимость клеток животных практически в любых солевых средах, в частности, в буферных питательных средах с высоким содержанием ионов солей, белковых и гормональных добавок. Путем исключения влияния среды можно получить проводимость клетки в чистом виде даже на таком мощном солевом фоне.

*Автор выражает благодарность н.с. Колесниковой А.А. за помощь при манипуляциях с ооцитами.*

#### 4. Выводы

Предложен простой способ определения собственной проводимости клеток животных в средах с произвольным содержанием солей и неконтролируемых проводящих примесей. В его основе лежит принцип

исключения проводимости среды из суммарной проводимости клетки и среды.

**Список литературы:** 1. Method for measuring the electrical conductivity of solution: pat. 2008025775 WO: G01N 27/06, G01R 27/22 / Mettler Toledo.; заявл. 30.08.06; опубл. 06.03.08. 2. Method and device for liquid conductivity measurement: pat. 2007010320 WO: G01R27/22 / Scozzari A. ; заявл. 21.07.05; опубл. 25.01.07. 3. Pavlin M. Effect of cell electroporation on the conductivity of a cell suspension/Pavlin M., Kanduser M., Rebersek M., Pucihar G., Hart F.X., Magjarevic R., Miklavcic D. //Biophys J.-2005.-V.88, №6.-P.4378-4390. 4. Chang D.C. Guide to Electroporation and Electrofusion/Chang D.C., Chassy B.M., Saunders J.A., Sowers A.E. -San Diego.-Academic Press, 1992.-581p. 5. Спосіб визначення провідності рідких середовищ: пат. 20187 Україна: G01R 27/22 / Шигимага В.О.; заявл.10.07.06; опубл.15.01.07, Бюл.№ 1.-3с. 6. Шигимага В.А. Определение проводимости эмбриональных клеток животных//Проблемы бионики.- Харьков.-2003.-вып.59.-с.60-64. 7. Шигимага В.О. Апаратура для електрозлиття та вивчення провідності клітин//Вісник ХДТУСГ. -Харків.-2001.-Вип.6.-с.386-389. 8. Манк М. Биология развития млекопитающих. Методы /Пер. с англ. под ред. М. Манк.- М.: Мир.- 1990.- 406с.

*Поступила в редколлегию 25.11.2010*

**УДК 5773**

**В. М. ДУБИК**, ассистент, Подольский государственный аграрно-технический университет, г. Каменец-Подольский

### **ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕРВНЫХ КЛЕТОК НАСЕКОМЫХ**

Проведений теоретичний аналіз по впливу електричних імпульсів на мембранний потенціал нервових клітин комах, величина якого приводить до руйнування мембран

Проведен теоретический анализ по влиянию электрических импульсов на мембранный потенциал нервных клеток насекомых, величина которого приводит к разрушению мембран.

A theoretical analysis is conducted on influence of electric impulses on diaphragm potential of nervous cages of insects, the size of which results in destruction of membranes.

**Постановка проблемы.** В настоящее время в садах Украины для уничтожения вредных насекомых применяют только химические препараты [1]. Современные химические средства позволяют успешно защитить плодовые культуры от комплекса вредных насекомых. Повреждаемость плодов при их применении составляет 0,2...0,3%. Однако химический метод при широком его применении имеет и ряд недостатков: вызывает обеднение биоценоза в результате массового уничтожения почти всего комплекса паразитирующих и хищных насекомых, загрязнение биосферы, появление устойчивых к пестицидам вредителей, в некоторых случаях приводит к повышению плодовитости отдельных насекомых и клещей и др. При нарушении правил использования пестицидов в плодово-ягодных продуктах накапливаются остаточные количества химических препаратов, превышающие допустимые нормы.

Научные исследования последних лет показывают, что альтернативой химическому методу может быть электрофизический, в котором для