

<https://doi.org/10.32523/2616-6771>

ISSN 2616-6771  
ISSN 2617-9962



Л.Н.Гумилев атындағы  
Еуразия ұлттық университетінің  
**ХАБАРШЫСЫ**

**BULLETIN**  
of L.N.Gumilyov Eurasian  
National University

№3 (128)/2019

**ВЕСТНИК**  
Евразийского национального  
университета имени Л.Н.Гумилева

ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ  
сериясы

CHEMISTRY. GEOGRAPHY. ECOLOGY  
Series

Серия  
ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ

[bulchmed.enu.kz](http://bulchmed.enu.kz)



ISSN 2616-6771  
ISSN 2617-9962

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

# ХАБАРШЫСЫ

---

---

**BULLETIN**

of L.N. Gumilyov Eurasian  
National University

**ВЕСТНИК**

Евразийского национального  
университета имени Л.Н. Гумилева

**ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ** сериясы

**CHEMISTRY. GEOGRAPHY. ECOLOGY** Series

Серия **ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ**

№3(128)/2019

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2019  
Nur-Sultan, 2019  
Нур-Султан, 2019

*Главный редактор*  
д.г.н., проф.  
**Джаналеева К.М.** (Казахстан)

*Зам. главного редактора*  
*Зам. главного редактора*  
*Зам. главного редактора*

**Ташенов А.К.**, д.х.н, проф.(Казахстан)  
**Сапаров Қ.Т.**, д.г.н., проф. (Казахстан)  
**Бейсенова Р.Р.**, д.б.н., проф. (Казахстан)

*Редакционная коллегия*

<b>Айдарханова Г.С.</b>	д.б.н., доцент (Казахстан)
<b>Амерханова Ш.К.</b>	д.х.н., проф (Казахстан)
<b>Байсалова Г.Ж.</b>	PhD, доцент (Казахстан)
<b>Бакибаев А.А.</b>	д.х.н., проф. (Россия)
<b>Барышников Г.Я.</b>	д.г.н., проф. (Россия)
<b>Берденов Ж.Г.</b>	PhD (Казахстан)
<b>Ян А.Вент</b>	Хабилит. доктор (Польша)
<b>Джакупова Ж.Е.</b>	к.х.н., доцент (Казахстан)
<b>Досмагамбетова С.С.</b>	д.х.н., проф. (Казахстан)
<b>Еркасов Р.Ш.</b>	д.х.н., проф. (Казахстан)
<b>Жамангара А.К.</b>	к.б.н., доцент (Казахстан)
<b>Иргибаева И.С.</b>	д.х.н., проф., доцент (Казахстан)
<b>Хуторянский В.В.</b>	PhD, проф. (Великобритания)
<b>Копишев Э.Е.</b>	к.х.н., и.о. доцент (Казахстан)
<b>Уали А.С.</b>	к.х.н., доцент (Казахстан)
<b>Масенов К.Б.</b>	к.т.н., доцент (Казахстан)
<b>Мустафин Р.И.</b>	PhD, доцент (Ресей)
<b>Озгелдинова Ж.</b>	PhD (Казахстан)
<b>Рахмадиева С.Б.</b>	д.х.н., проф. (Казахстан)
<b>Саипов А.А.</b>	д.п.н., проф. (Казахстан)
<b>Саспугаева Г.Е.</b>	PhD, доцент (Казахстан)
<b>Шапекова Н.Л.</b>	д.м.н., проф. (Казахстан)
<b>Шатрук М.</b>	PhD, проф. (США)
<b>Эмин А.</b>	PhD, проф.(Түркия)

*Адрес редакции:* 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402  
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: vest\_chem@enu.kz

*Ответственный секретарь, компьютерная верстка:* А. Нурболат

**Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология.**

Собственник: РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК  
Периодичность: 4 раза в год. Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16997-ж от 27.03.2018г. Тираж: 25 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, Нур-Султан, ул. Кажимукана, 13/1.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428).  
Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. СЕРИЯ ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ

№3(128)/2019

**ХИМИЯ**

<i>Айбульдинов Е.К., Колтек А., Искакова Ж.Б., Абдиев К.М.</i> Формирование структуры строительных материалов из четырёх компонентов	8
<i>Башов А.Б., Изтлеуов Г.М., Абдуова А., Кошкарбаева Ш.</i> Растворение отходов тугоплавких металлов в системе титан-графит	16
<i>Башов А.Б., Изтлеуов Г.М., Кошкарбаева Ш., Дайрабаева А.</i> Электрохимическое поведение молибдена в солянокислом растворе	21
<i>Жуматова Ж.Ж., Казьяхметова Д.Т.</i> Исследование физико-химических и сорбционных характеристик сорбентов полученных на основе растительного сырья (рогоза широколистного <i>Typha latifolia</i> )	27
<i>Еркасов Р.Ш., Кусенова Л.А., Байсалова Г.Ж., Масакбаева С.Р.</i> Взаимодействие в системе нитрат никеля – карбамид – азотная кислота - вода при 25 <sup>0</sup> С	33
<i>Капарова Б.Т., Иткис Д.М., Ташенов А.К., Напольский Ф.С., Омарова Н.М., Зеленяк Т.Ю.</i> Поливинилиденфторид как один из источников проводящей добавки для литий-ионных аккумуляторов	43
<i>Мейрамкулова К.С., Джакупова Ж.Е., Ташенов Е.О.</i> Электрокоагуляционная очистка сточных вод птицефабрики с применением электродов алюминий-графит	51
<i>Мукажанова Ж.Б., Кабдысалым К., Ныкмуканова М.М.</i> Химическое исследование флавоноидов <i>Verbascum orientale</i> (Коровяк восточный)	58
<i>Турсынова А.К., Карилхан А., Акберген А.</i> Изучение биологической активности некоторых монотерпенов и их производных	64
<i>Пономаренко О.В., Паньшин аС.Ю., Бакибаев А.А., Ташенов А.К.</i> Синтез и идентификация эфиров бициклических бисмочевин	70
<i>Ниязбекова А.Б., Шакиров Т.А.</i> Исследование ингибирующей способности неорганических циклофосфатных композиций	76
<i>Нуртазина Н.Д., Сейлханова Г.А., Акбаева Д.Н., Имангалиева А.Н., Рахым А.Б.</i> Сорбционные и каталитические свойства композиционного материала на основе бентонитовой глины и полиэтиленгликоля	82
<i>Сергазина С.М., Алпысова А.Р., Пятов Е.А., Хамитова А.С., Фахрудинова И.Б., Жаксыбаева А.Г.</i> Влияния красного света на образование железоорганических комплексов в природной воде	94
<i>Сулейменов И.Э., Копишев Э.Е., Витулера Е.С., Молдахан И., Мун Г.А.</i> Теория нейронной сети на основе противоположно заряженных полиэлектролитных гидрогелей	101
<i>Шоманова Ж.К., Сафаров Р.З., Носенко Ю.Г., Жунусова К.З.</i> Физико-химические характеристики и активность катализатора, полученного на основе отходов ферросплавного производства	110

**ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ**

<i>Нурушев М.Ж., Акбаева Л.Х., Жумабаева С.Д., Жантоков Б.Ж.</i> Возможности производства экологически чистого молочного продукта на основе инновационных технологий	115
<i>Нургалиева Д.А., Нургазина Г.М.</i> Получение экологических нано-удобрений для улучшения роста растений через медленное и устойчивое выделение азота	121
<i>Вендт Ян</i> Географическое разнообразие и изменение зарубежных выездов из Польши в период 2009-2018 годов	125
<i>Галай Е., Эмин А.</i> Антропогенные источники входа парниковых газов в открытый воздух Беларуси	135

<sup>1</sup> И.Э. Сулейменов, <sup>2</sup> Э.Е. Копишев, <sup>1</sup> Е.С. Витулева, <sup>1</sup> И. Молдахан, <sup>3</sup> Г.А. Мун

<sup>1</sup> *Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup> *Бразильский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан*

<sup>3</sup> *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*  
(E-mail: eldar\_kopishev@mail.ru)

### **Теория нейронной сети на основе противоположно заряженных полиэлектролитных гидрогелей**

**Аннотация:** Предложена схема квазибиологической нейронной сети, основанной на использовании пар противоположно заряженных полиэлектролитных сеток, через которые протекает раствор низкомолекулярной соли. Каждая такая пара становится генератором ЭДС. Обратные связи в такой сети возникают за счет взаимодействия токов, протекающих внутри пар через окружающий раствор. Предложенная схема топологически эквивалентна нейропроцессору Хопфилда. Обсуждаются вопросы использования предложенной схемы для интерпретации механизмов эволюции, предшествующей биологической.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, электродвижущая сила, квазибиологические системы, пребиологическая эволюция, обратная связь, генерация тока.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2019-128-3-101-109>

Проблема происхождения жизни до сих пор фактически остается нерешенной. Одним из ключевых вопросов здесь является вопрос о том, как именно в ходе эволюции предшествующей биологической могли зародиться протоорганизмы способные усваивать и перерабатывать энергию [1-4].

В монографии [5] была предложена следующая концепция эволюционных процессов. Она принципиально отличается от любой из точек зрения, которые восходят к теории происхождения видов Ч. Дарвина [6-8]. Напомним, что в соответствии с теорией Ч. Дарвина биологические виды на нашей планете трансформировались вследствие случайных мутаций. В соответствии с этой точкой зрения благоприятный признак закрепляется в последующих поколениях, благодаря чему вид постепенно трансформируется. Как известно, теория Дарвина, в целом, удовлетворительно смогла объяснить многие экспериментальные факты, преимущественно относящиеся к области биологии. Однако попытки перенести ее на анализ эволюции систем другой природы, чаще всего сталкивались с непреодолимыми затруднениями. Данные затруднения подробно проанализированы, в том числе в [5].

Здесь важно подчеркнуть следующее обстоятельство: благоприятным конкретный признак очень часто становится только тогда, когда уже трансформируется система в целом. Если же благоприятный признак появляется у отдельной особи, то вполне возможно, что этот признак не только не будет закреплен, но, наоборот, его носитель будет уничтожен.

Примером здесь является анализ динамики внедрения инноваций [5]. Появление нового изобретения можно рассматривать как возникновение определенного благоприятного признака для соответствующей социосистемы, но он усваивается далеко не всегда. История знает сколько угодно примеров, когда об открытиях говорят, что они обогнали свое время. Немало есть и примеров того, как выдающиеся изобретатели и ученые подвергались гонениям несмотря на то, что с точки зрения формального применения дарвинистских теорий они являются носителями выраженных благоприятных признаков. Но как благоприятный данный признак начинал проявляться только тогда, когда появлялись соответствующие исторические предпосылки - то есть трансформировалась система в целом.

Ещё больше вопросов с точки зрения проблемы эволюции, предшествующей биологической, вызывает появление систем, способных перерабатывать энергию. С точки зрения, которая отстаивается в данной работе, именно этот вопрос должен рассматриваться как ключевой.

Необходимо установить механизмы, которые, по крайней мере теоретически, могли бы обеспечить появление самовоспроизводящихся систем переработки энергии. В соответствии

с концепцией, которая предложена в монографии [5], процессы переработки энергии неотделимы от процессов переработки информации. Соответственно, можно утверждать, что при первичном появлении предбиологической системы, способной утилизировать энергию излучения Солнца, становится возможной её дальнейшая эволюция, так как, во-первых, появляются средства для самовоспроизведения, а, во-вторых, это означает, что данная система способна сохранять информацию (Именно эта информация в итоге и становится биологической.)

В данной работе рассматривается нейронная сеть, собранная на гидрофильных полимерных сетках [9-11] противоположного знака заряда, и доказывается, что такого рода система может рассматриваться как прообраз системы, моделирующей протоорганизмы.

Кроме того, такая система представляет интерес сама по себе как пример реализации нейронной сети на новых физических принципах. Более того, такая нейронная сеть может быть легко модернизирована в оптическую, что представляет значительный интерес с точки зрения систем прямой переработки оптических сигналов [12]. Подчеркиваем, что системы такого рода представляют интерес, в том числе и с точки зрения проблем солнечной энергетики.

На рисунке 1 представлена схема нейронной сети, построенной на основе сшитых полиэлектролитных сеток. Каждый элемент такой нейронной сети представляет собой пару, выполненную из двух толстослойных мембран из катионного и анионного гидрогеля. Как вытекает из материалов работ [13-15], при условии, что температура верхних срезов мембран, входящих в состав рассматриваемой системы, превосходит температуру нижних срезов, в ней возникает ненулевая разность электростатических потенциалов. Это связано с тем, что на границе раздела гидрогель-раствор возникает контактная разность потенциалов [15,16]. В этом смысле каждая пара, формирующая отдельный нейрон, представляет собой аналог термопары. Ток, генерируемый данной термопарой, в состоянии вызывать коллапс третьего образца гидрогеля, который на рисунке схематически показан незаштрихованным кружочком.

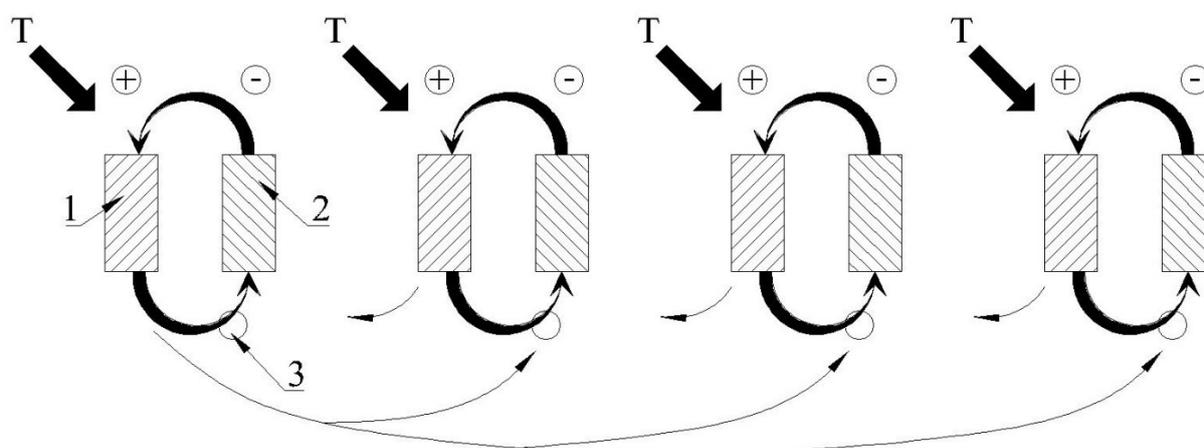


Рисунок 1. Схема квазибиологической нейронной сети на основе пар противоположно заряженных полиэлектролитных сеток

Как и для других нейронных сетей данного типа, при условии, что коллапс используемых образцов гидрогелей происходит скачкообразно, можно использовать соответствие между двумя возможными состояниями и логической переменной. Скажем, сжатое состояние можно поставить в соответствие логическому нулю, а набухшее логической единице (или наоборот). Существенно, что при такой схеме нейронной сети изменение состояния третьего образца может вызывать перераспределение токов в системе. Действительно, тот факт, что ЭДС формируется двумя близко расположенными образцами противоположно заряженных гидрогелей, не означает, что в этой системе не возникают дополнительные токи. Они возникают, что отображено на рис. 1 тонкими стрелками. При условии, что третий образец гидрогеля расположен так, что он играет роль клапана, то его сопротивление, разумеется,

влияет на характер распределения токов. Иначе говоря, в этой системе действительно существуют разветвлённые обратные связи. Более того, можно легко показать, что данная схема топологически эквивалентна нейронной сети Хопфилда. Первым шагом на пути разработки нейронных сетей данного типа, разумеется, является теория, позволяющая описывать характер формируемой разности потенциалов и характер токов, развивающихся в такой системе. Если рассматривать отдельный элемент данной системы изолированно, то его схему можно представить так, как на рис.2.

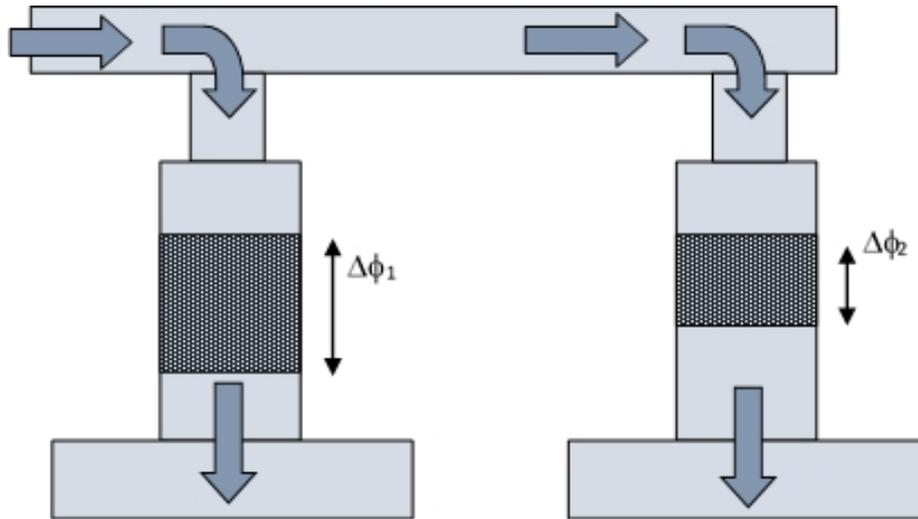


Рисунок 2. - Схема пары, генерирующей ионные токи на основе проточной разности потенциалов

Использование именно такой схемы связано с тем, что поток ионов, обеспечивающий появление ЭДС и, следовательно, электрических сигналов, которыми обмениваются элементы рассматриваемой нейронной сети, может генерироваться за счёт целого ряда факторов (например, за счёт разности температур или за счёт того, что в системе создается градиент давлений или градиент концентраций ионов). Схема рис.2 отвечает наиболее общему случаю; потоки жидкости в ней протекают через обе части составной мембраны, а также через дополнительный канал отвода. Во всех этих случаях существуют два ионных тока, которые протекают через катионную и анионную мембрану. В силу того, что омическое сопротивление мембран для токов положительно и отрицательно заряженных частиц неодинаково, возникают соответствующие электродвижущие силы и соответствующее распределение полей.

Используемая схема (рис.2) предполагает, что существует поток жидкости над составным элементом и поток жидкости, уходящей из этого составного элемента. Наряду с этими потоками в системе развиваются также потоки низкомолекулярных ионов. Важно отметить, что в такой системе может наблюдаться обогащение раствора, не протекающего через мембраны, что обусловлено возникновением соответствующих ЭДС.

Задачей теории, которая предложена в данной работе, является описание баланса этих потоков. Это позволяет доказать, что между парами нейронов - то есть парами, составленными из противоположенных мембран - действительно протекают взаимодействия, точнее, протекает обмен сигналами электрической природы.

На рис. 3 показана эквивалентная электрическая схема рассматриваемой системы. Данная схема содержит две ЭДС, возникающие по описанному выше механизму, а также две точки ветвления.

Система уравнений, описывающих потоки, которые развиваются в рассматриваемой системе, имеет нижеприведенный вид (для упрощения выкладок рассматривается случай 1:1 соли, но полученные результаты допускают обобщение на случай любых низкомолекулярных солей).

Формально, данная система уравнений содержит 15 величин. Пять из них относятся к потокам  $I_{(0-4)}$  жидкости в различных участках контура (Рис.3), еще по пять - к потокам положительных  $I_{(0-4)}^+$  и отрицательных ионов  $I_{(0-4)}^-$  в тех же участках контура.

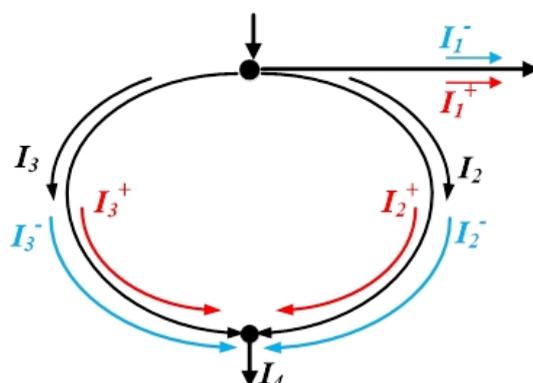


Рисунок 3. - Эквивалентная электрическая схема пары, генерирующей ионные токи на основе проточной разности потенциалов

Между значениями потоков раствора (предполагается, что концентрация низкомолекулярной компоненты сравнительно мала) существуют следующие очевидные связи, вытекающие из условия сохранения количества вещества

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1)$$

$$I_4 = I_2 + I_3 \quad (2)$$

В тех участках контура, где отсутствует заряженная сетка (и, следовательно, концентрации противоположно заряженных частиц совпадают), имеет место очевидная связь между значениями потоков низкомолекулярных ионов, на которые диссоциирует 1:1 соль и потоками раствора в целом

$$I_0^+ = I_0^- = \frac{1}{\rho} c_0 I_0 \quad (3)$$

$$I_1^+ = I_1^- = \frac{1}{\rho} c_1 I_1 \quad (4)$$

$$I_4^+ = I_4^- = \frac{1}{\rho} c_4 I_4 \quad (5)$$

где  $c_i$  - концентрация низкомолекулярной соли в соответствующих участках контура, измеряемая в моль/м<sup>3</sup>,  $\rho$  - плотность раствора, измеряемая в кг/м<sup>3</sup>.

Подчеркнем, что для удобства проведения выкладок потоки жидкости измеряются в различных единицах, потоки раствора (жидкости) измеряются в кг/с, потоки низкомолекулярных ионов - в моль/с.

В тех участках контура, где присутствует заряженная сетка, такая связь становится несколько более сложной, что связано с упомянутыми выше электрическими полями, ускоряющими движение ионов одного знака и тормозящими движение ионов другого знака.

Отталкиваясь от уравнений движений низкомолекулярных ионов, записанных на плотности токов (такая форма уравнений справедлива для любой геометрии рассматриваемой системы), имеем

$$j_2^+ = N_2^+ v_2 - E_2 b^+ N_2^+ \quad (6)$$

$$j_2^- = N_2^- v_2 - E_2 b^- N_2^- \quad (7)$$

$$j_3^+ = N_3^+ v_3 - E_3 b^+ N_3^+ \quad (8)$$

$$j_3^- = N_3^- v_3 - E_3 b^- N_3^- \quad (9)$$

где  $N_i^\pm$  - концентрации подвижных ионов в соответствующих участках контура, измеряемые в моль/м<sup>3</sup>;  $E_i$  - напряженность электрических полей, измеряемая в В/м;  $b^\pm$  - подвижность низкомолекулярных ионов, измеряемая в м<sup>2</sup>/В \* с;  $v_i$  - скорость движения раствора в соответствующих участках контура, измеряемые в м/с;  $j_i^+$  - плотность потоков низкомолекулярных ионов, измеряемая в моль/м<sup>2</sup> \* с.

В этих уравнениях учтены реальные направления электрических полей, развивающихся в рассматриваемой системе. Поле  $E_2$  направлено против направления движения раствора, так как оно развивается в области, заполненной сеткой, которая формирует избыток отрицательно заряженных подвижных ионов. Соответственно, данное поле затормаживает движение положительных ионов (т.е. тех, избыток которых имеется в данной области) и ускоряет движение отрицательных. Общая плотность потока ионов, уравнения (6) и (7), определяется суммой двух слагаемых, одно из которых отвечает движению ионов, переносимых вместе с раствором, а другое - движению под воздействием компенсирующего электрического поля.

Уравнения (8) и (9) записаны из аналогичных соображений с тем отличием, что поле  $E_3$  направлено по направлению движения раствора, так как оно препятствует движению положительно заряженных ионов (избыток которых имеется в области под составной мембраной).

Для установления связей между плотностями потоков и собственно потоками необходимо принять во внимание конкретную геометрию системы. А именно, для потока раствора имеет место

$$I_i = \rho v_i S_i \quad (10)$$

где  $S_i$  - эффективная площадь сечения соответствующего участка контура, измеряемая в м<sup>2</sup>;  $\rho$  - плотность раствора, приближенно равная плотности воды. Аналогично,

$$I_i^\pm = j_i^\pm S_i \quad (11)$$

Отличие между записями (10) и (11) состоит только в том, что потоки раствора измеряются в кг/с, а потоки низкомолекулярных ионов - в моль/с.

Для потоков низкомолекулярных ионов должны также выполняться условия материального баланса, аналогичные (1) и (2)

$$I_0^\pm = I_1^\pm + I_2^\pm + I_3^\pm \quad (12)$$

$$I_4^\pm = I_2^\pm + I_3^\pm \quad (13)$$

Из четырех уравнений (12) и (13) не все являются независимыми. Чтобы показать это преобразуем два из них в форму

$$I_0^+ = I_1^+ + I_4^+ \quad (14)$$

$$I_0^- = I_1^- + I_4^- \quad (15)$$

Подставляя в (14) выражения (3) - (5), можно видеть, что они приводят к идентичному результату

$$I_0 c_0 = I_1 c_1 + I_4 c_4 \quad (16)$$

Следовательно, уравнения (12) можно исключить из рассмотрения, заменив их на уравнение баланса по концентрации соли (16).

Подставляя выражения (3) - (5) и (6) - (9) в уравнения (13), получаем

$$\frac{1}{\rho} c_4 I_4 = S_2 N_2^+ (v_2 - E_2 b^+) + S_3 N_3^+ (v_3 + E_3 b^+) \quad (17)$$

$$\frac{1}{\rho} c_4 I_4 = S_2 N_2^- (v_2 + E_2 b^-) + S_3 N_3^- (v_3 - E_3 b^-) \quad (18)$$

Скорости, фигурирующие в уравнениях (17) и (18), можно выразить через значения потоков раствора, используя соотношения (10). Тогда

$$\frac{1}{\rho}c_4I_4 = \frac{1}{\rho}N_2^+I_2 + \frac{1}{\rho}N_3^+I_3 - S_2N_2^+E_2b^+ + S_3N_3^+E_3b^+ \quad (19)$$

$$\frac{1}{\rho}c_4I_4 = \frac{1}{\rho}N_2^-I_2 + \frac{1}{\rho}N_3^-I_3 + S_2N_2^-E_2b^- - S_3N_3^-E_3b^- \quad (20)$$

Далее, в областях контура, заполненных полиэлектролитной сеткой, выполняются условия нейтральности (концентрация противоионов должны быть равна сумме концентрации ионов, проникающих в сетку вместе с низкомолекулярной солью, и концентрации ионов, образовавшихся за счет диссоциации сетки). Можно записать

$$N_2^- = c_2 \quad (21)$$

$$N_3^+ = c_3 \quad (22)$$

$$N_2^+ = c_2 + N_{20} \quad (23)$$

$$N_3^- = c_3 + N_{30} \quad (24)$$

где  $N_2^0$ ,  $N_3^0$  - концентрации диссоциированных ионогенных групп в пределах каждой из сеток.

Подставляя эти соотношения в уравнения (19) и (20), имеем

$$\frac{1}{\rho}c_4I_4 = \frac{1}{\rho}(c_2 + N_{20})I_2 + \frac{1}{\rho}c_3I_3 - S_2(c_2 + N_{20})E_2b^+ + S_3c_3E_3b^+ \quad (25)$$

$$\frac{1}{\rho}c_4I_4 = \frac{1}{\rho}c_2I_2 + \frac{1}{\rho}(c_3 + N_{30})I_3 + S_2c_2E_2b^- - S_3(c_3 + N_{30})E_3b^- \quad (26)$$

Наиболее прост для дальнейшего анализа важный частный случай, когда величины потоков  $I_2$  и  $I_3$  сопоставимы, а концентрация зарядов каждой из сеток существенно превосходит концентрацию подвижных ионов в ее объеме. Тогда концентрациями низкомолекулярных солей в уравнениях (25) и (26) можно пренебречь. Имеем

$$\frac{1}{\rho}c_4I_4 = \frac{1}{\rho}N_{20}I_2 - S_2N_{20}E_2b^+ \quad (27)$$

$$\frac{1}{\rho}c_4I_4 = \frac{1}{\rho}N_{30}I_3 - S_3N_{30}E_3b^- \quad (28)$$

Полученные соотношения де-факто означают, что в рассматриваемых условиях ионы каждого из знаков заряда протекают через сетку, которая несет противоположный заряд; т.е. низкомолекулярные ионы различных знаков заряда действительно протекают по различным каналам, что вытекает также и из приведенного выше качественного рассмотрения.

Чтобы определить конкретные значения данных токов систему уравнений (27), (28) следует дополнить соотношением, выражающим баланс электрических полей (аналог закона Кирхгоффа для электрических цепей). В наиболее грубом приближении можно записать:

$$U = E_2l_2 = E_3l_3 \quad (29)$$

Из этого соотношения, в частности, вытекает, что в максимально сбалансированной системе  $N_2^0I_2 = N_3^0I_3$  электрические поля обращаются в ноль, а концентрация обогащенного раствора, вытекающего по каналу отвода, равна концентрации низкомолекулярных ионов и достигает максимального значения, сопоставимого с концентрацией противоионов в используемых сетках.

Таким образом, существует возможность реализовать квазибиологическую нейронную сеть, основанную на явлении генерации тока при протекании раствора низкомолекулярной соли через амфолитные пары полиэлектролитных гидрогелей. Предложенная теория позволяет

развить достаточно простое описание такого рода нейронных сетей, сводя его к аналогам законов Кирхгоффа, широко известных в электротехнике. Отличие состоит в том, что аналоги законов Кирхгоффа в такой системе раздельно записываются для положительно и отрицательно заряженных подвижных ионов. Их концентрации, вообще говоря, не совпадают в рассматриваемой системе друг с другом, так как полиэлектролитные сетки обладают ненулевым электростатическим зарядом, приобретаемым вследствие диссоциации функциональных групп. Важность изучения нейронных сетей предложенного типа определяется также тем, что на их основе можно интерпретировать механизмы эволюции, предшествующей биологической: биологическая клетка является, в том числе, системой переработки энергии и, следовательно, протобиологические системы также должны были бы обладать подобным свойством.

## References

- 1 Rasmussen S. et al. Bridging nonliving and living matter // *Artif. Life*. - 2003. Vol. 9. - № 3. - P. 269-316.
- 2 Cleland C.E. Conceptual Challenges for Contemporary Theories of the Origin(s) of Life // *Curr. Org. Chem.* - 2013. - Vol. 17. - № 16. - P. 1704-1709.
- 3 Jones G. et al. Autonomous Droplet Architectures // *Artif. Life*. - 2015. - Vol. 21. - № 2. - P. 195-204.
- 4 Duran-Nebreda S. et al. Emergence of proto-organisms from bistable stochastic differentiation and adhesion // *J. R. Soc. INTERFACE*. - 2016. - Vol. 13. - № 117.
- 5 Suleymenov I.E. et al. *Problemy jevoljucii slozhnyh sistem*. - Almaty: Print-Express, 2018. - 214 p.
- 6 Numbers R.L., Stenhouse J. Antievolutionism in the Antipodes: from protesting evolution to promoting creationism in New Zealand // *Br. J. Hist. Sci.* - 2000. Vol. 33. - № 118. - № 3. - P. 335-350.
- 7 Harvey J. Fertility or sterility Darwin, Naudin and the problem of experimental hybridity // *Endeavour*. - 2003. - Vol. 27. - № 2. - P. 57-62.
- 8 Richmond M.L. The 1909 Darwin celebration - Reexamining evolution in the light of Mendel, mutation, and meiosis // *ISIS*. - 2006. - Vol. 97. - № 3. - P. 447-484.
- 9 Guo X. et al. Stimuli Responsive Gradient Polymers // *Prog. Chem.* - 2017. - Vol. 29. - № 10. - P. 1184-1194.
- 10 Datta S., Saha M.L., Stang P.J. Stimuli Responsive Gradient Polymers // *Acc. Chem. Res.* - 2018. - Vol. 51. - № 9. - P. 2047-2063.
- 11 Suleimenov I.E., Kopishev E.E., Vitulyova E.S., Mun G.A. Some aspects of the development of formalism of nonequilibrium thermodynamics for systems based on polyelectrolyte hydrogels // *Bull. L.N. Gumilyov Eurasian Natl. Univ. Chem. Geogr. Ecol. Ser.* - 2018. - Vol. 125. - № 4. - P. 19-27.
- 12 Suleymenov I.E., Sedlakova Z.Z., Kopishev E.E. New Polymer Materials for Optical Sensor Systems // *J. Inorg. Organomet. Polym. Mater.* Springer US. - 2018. - P. 1-7.
- 13 Budtova T., Belnikovich N., Suleimenov I., Frenkel S.Y. Concentration redistribution of low-molecular-weight salts of metals in the presence of a strongly swelling polyelectrolyte hydrogel // *Polymer (Guildf)*. - 1993. - Vol. 34. - № 24. - P. 5154-5156.
- 14 Budtova T., Suleimenov I. Physical principles of using polyelectrolyte hydrogels for purifying and enrichment technologies // *J. Appl. Polym. Sci.* - 1995. Vol. 57. - № 13. - P. 1653-1658.
- 15 Budtova T. V, Suleimenov I.E., Frenkel S.Y. The diffusion approach to description of swelling of polyelectrolyte hydrogels // *Vysokomol. Soedin. Seriya A Seriya B*. Moscow: Nauka. - 1995. - Vol. 37. - № 1. - P. 147-153.
- 16 Suleimenov I.E., Mun G.A., Pak I.T., Kabdushev S.B., Kenessova Z.A., Kopishev E.E. Redistribution of the concentrations in polyelectrolyte hydrogels contacts as the basis of new desalination technologies // *News Natl. Acad. Sci. Repub. Kazakhstan-series Geol. Tech. Sci.* - 2017. - Vol. 423. - № 3. - P. 198-205.

<sup>1</sup> И.Э. Сулейменов, <sup>2</sup> Э.Е. Копишев, <sup>1</sup> Е.С. Витулева, <sup>1</sup> И. Молдахан, <sup>3</sup> Г.А. Мун

<sup>1</sup> Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<sup>3</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

### Қарама-қарсы зарядталған полиэлектролитті гидрогельдер негізіндегі нейронды желінің теориясы

**Аңдатпа:** Кіші молекулалық салмақ тұздары ерітіндісінің көмегімен ағатын, керісінше зарядталған полиэлектролиттік желілердің жұптарын қолдануға негізделген квазибиологиялық нейрондық желі схемасы ұсынылған. Әрбір осындай жұп электрқозғаушы күші генераторы болып табылады. Осындай желіде кері байланыс қоршаған орта арқылы жұптардың ішіндегі токтардың өзара әрекеттесуі есебінен туындайды. Ұсынылған схема Хопфилдтегі нейропроцессорға топологиялық теңдестіріледі. Биологиялық механизмдердің алдында тұрған эволюциялық механизмдерді түсіндіру үшін ұсынылған схеманы пайдалануы талқыланады.

**Түйін сөздер:** нейрондық желі, электрқозғаушы күші, квазибиологиялық желілер, биологиялық алдында тұрған эволюция, кері байланыс, токтық генерациясы.

<sup>1</sup> I.E. Suleimenov, <sup>2</sup> E.E. Kopishev, <sup>1</sup> E.S. Vituleva, <sup>1</sup> I. Moldahan, <sup>3</sup> G.A. Mun

<sup>1</sup> Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3</sup> KazNU named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

### Theory of neural network based on oppositely charged polyelectrolyte hydrogels

**Abstract:** A scheme of a quasi-biological neural network based on the use of pairs of oppositely charged polyelectrolyte nets through which a solution of a low-molecular-salt salt flows is proposed. Each pair becomes a generator of electromotive force. Feedback occurs in such a network due to the interaction of currents flowing inside the pair through the surrounding solution. The proposed scheme is topologically equivalent to the Hopfield neuroprocessor. The issues of using the proposed scheme for interpreting the mechanisms of evolution preceding the biological are discussed.

**Keywords:** neural network, electromotive force, quasi-biological systems, prebiological evolution, feedback, current generation.

## References

- 1 Rasmussen S. et al. Bridging nonliving and living matter , *Artif. Life*, 9(3), 269-316 (2003)
- 2 Cleland C.E. Conceptual Challenges for Contemporary Theories of the Origin(s) of Life , *Curr. Org. Chem*, 17(16), 1704-1709 (2013)
- 3 Jones G. et al. Autonomous Droplet Architectures , *Artif. Life*, 21(2), 195-204 (2015)
- 4 Duran-Nebreda S. et al. Emergence of proto-organisms from bistable stochastic differentiation and adhesion , *J. R. Soc. INTERFACE*, 13(117), (2016)
- 5 Suleymenov I.E. et al. Problemy jevoljucii slozhnyh sistem (Print-Express, Almaty , 2018), 214 p.
- 6 Numbers R.L., Stenhouse J. Antievolutionism in the Antipodes: from protesting evolution to promoting creationism in New Zealand , *Br. J. Hist. Sci.*, 33(118) , 335-350 (2000)
- 7 Harvey J. Fertility or sterility? Darwin, Naudin and the problem of experimental hybridity , *Endeavour.*, 27(2), 57-62 (2003)
- 8 Richmond M.L. The 1909 Darwin celebration - Reexamining evolution in the light of Mendel, mutation, and meiosis, *ISIS*, 97(3), 447-484 (2006)
- 9 Guo X. et al. Stimuli Responsive Gradient Polymers , *Prog. Chem.*, 29(10), 1184-1194 (2017)
- 10 Datta S., Saha M.L., Stang P.J. Stimuli Responsive Gradient Polymers , *Acc. Chem. Res.*, 51(9), 2047-2063 (2018)
- 11 Suleimenov I.E., Kopishev E.E., Vitulyova E.S., Mun G.A. Some aspects of the development of formalism of nonequilibrium thermodynamics for systems based on polyelectrolyte hydrogels , *Bull. L.N. Gumilyov Eurasian Natl. Univ. Chem. Geogr. Ecol. Ser.*, 125(4), 19-27 (2018)
- 12 Suleymenov I.E., Sedlakova Z.Z., Kopishev E.E. New Polymer Materials for Optical Sensor Systems , *J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. Springer US*, 29(3), 1056-1056 (2019)
- 13 Budtova T., Belnikovich N., Suleimenov I., Frenkel S.Y. Concentration redistribution of low-molecular-weight salts of metals in the presence of a strongly swelling polyelectrolyte hydrogel , *Polymer (Guildf.)*, 34(24), 5154-5156 (1993)
- 14 Budtova T., Suleimenov I. Physical principles of using polyelectrolyte hydrogels for purifying and enrichment technologies , *J. Appl. Polym. Sci.*, 57(13), 1653-1658 (1995)
- 15 Budtova T. V, Suleimenov I.E., Frenkel S.Y. The diffusion approach to description of swelling of polyelectrolyte hydrogels , *Vysokomol. Soedin. Seriya A Seriya B. Moscow: Nauka*, 37(1), 147-153 (1995)
- 16 Suleimenov I.E., Mun G.A., Pak I.T., Kabdushev S.B., Kenessova Z.A., Kopishev E.E. Redistribution of the concentrations in polyelectrolyte hydrogels contacts as the basis of new desalination technologies , *News Natl. Acad. Sci. Repub. Kazakhstan-series Geol. Tech. Sci.*, 423(3), 198-205 (2017)

### Сведения об авторах:

*Сулейменов И.Э.* -Химия ғылымдарының докторы, профессор, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

*Копишев Э.Е.* -Химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нур-Сұлтан, Қазақстан

*Витулёва Е.С.* -докторант, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

*Молдахан И.* -докторант, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

*Мун Г.А.* -Химия ғылымдарының докторы, профессор, Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

*Сулейменов И.Э.* - доктор химических наук, профессор, Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

*Копишев Э.Е.* -кандидат химических наук, доцент, Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Сұлтан,Казakhstan

*Витулёва Е.С.* -докторант, Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

*Молдахан И.* -докторант, Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

*Мун Г.А.* -доктор химических наук, профессор, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*Suleimenov I.E.*- doctor in chemical science, professor, Almaty University of Power Engineering Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

*Kopishev E.E.* -candidate in chemical science, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

*Vituleva E.S.* -PhD student of Almaty University of Power Engineering Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

*Moldahan I.* -PhD student of Almaty University of Power Engineering Telecommunications, Almaty, Kazakhstan,

*Mun G.A.* -doctor in chemical science, professor, al-Farabi KazNU named after, Almaty, Kazakhstan

*Поступила в редакцию 14.06.2019*