

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 6, Number 304 (2015), 26 – 32

UDC 541.64

**Processes of artificial evolution in solutions of interacting polymers:
analogies with the development of socioeconomic systems**

**M.N. Kalimoldayev¹, I.E. Suleimenov¹, S.V. Panchenko²,
O.A. Gabrielyan³, Z. Sedlakova⁴, I.T. Pak⁵, P.V. Obukhova¹**

^aesenych@yandex.ru, ^bserj129@gmail.com,

^cgabroleg@mail.ru, ^dsedlakova@imc.cas.cz, ^emnk@ipic.kz, ^fpak.it@mail.ru, ^gpolina055@mail.ru

¹Institute of Information and Computer Technologies, Almaty, Kazakhstan

²Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁴V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

⁵Institute of Macromolecular Chemistry of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic

Keywords: interpolymeric associates, nanotechnologies, prebiological evolution, macromolecules

Abstract. The paper presents an experimental technique allowing to experimentally investigate the artificial evolutionary processes occurring in solutions of polymers capable of forming hydrophilic associates. The technique is based on the periodical heating and cooling of a solution containing components that form hydrophilic interpolymeric associates. Objects of this type represent the polymer grids that are in a dynamic mode, i.e. connections, forming a grid, continuously destroyed and formed again. Assuming that one of the components of the hydrophilic interpolymeric associate is a partially dissociating macromolecule, dynamic process of destruction / formation of connections can be viewed from the perspective of the information rewriting process. This caused by the fact that partially dissociated macromolecule can be considered as a direct analog of neural network having distributed memory. Periodical heat stimulates this process and as the result of it in a system of the considered type transition to a certain stable states that are permissible to interpret as a result of the artificially stimulated evolution occurs. It is shown that the experiments to ensure that artificial evolution in systems of this type are not only important for physical chemistry of polymers, but also, for socio-economical disciplines, allowing to verify experimentally the general nature of the relevant evolutional mechanisms of complex systems.

УДК 541.64

Процессы искусственной эволюции в растворах взаимодействующих полимеров: аналогии с развитием социально-экономических систем

**М.Н. Калимoldаев^{1,д}, И.Э.Сулейменов^{2,а}, С.В.Панченко^{2,3,б},
О.А.Габриелян^{4,в}, З.З.Седлакова^{5,г}, И.Т.Пак^{1,е}, П.В.Обухова^{2,ж}**

^aesenych@yandex.ru, ^bserj129@gmail.com,

^cgabroleg@mail.ru, ^dsedlakova@imc.cas.cz, ^emnk@ipic.kz, ^fpak.it@mail.ru, ^gpolina055@mail.ru

¹Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан

²Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы Казахстан

²Крымский федеральный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Россия

³Институт макромолекулярной химии, Прага, Чехия

Ключевые слова: интерполимерные ассоциаты, нанотехнологии, пребиологическая эволюция, макромолекулы

Аннотация. В работе предложена экспериментальная методика, позволяющая экспериментально исследовать искусственные эволюционные процессы, протекающие в растворах полимеров, способных образовывать гидрофильные ассоциаты. Методика основывается на периодическом нагревании и охлаждении раствора, содержащего компоненты, формирующие гидрофильные интерполимерные ассоциаты. Объекты этого типа представляют собой полимерные сетки, находящиеся в динамическом режиме, т.е. связи, формирующие сетку, непрерывно разрушаются и образуются снова. При условии, что одна из компонент гидрофильного интерполимерного ассоциата представляет собой частично диссоциирующую макромолекулу, динамический процесс разрушения/формирования связей можно рассматривать с точки зрения процесса перезаписи информации. Это обусловлено тем, что частично диссоциирующую макромолекулу можно рассматривать как прямой аналог нейронной сети, обладающей распределенной памятью. Периодический нагрев стимулирует указанный процесс, в результате чего в системе рассматриваемого типа протекает переход к определенным устойчивым состояниям, которые допустимо трактовать как результат искусственно стимулированной эволюции. Показано, что эксперименты по обеспечению искусственной эволюции в системах указанного типа имеют значение не только для физической химии полимеров, но также и для социально-экономических дисциплин, позволяя экспериментально проверить общий характер соответствующих эволюционных механизмов сложных систем.

Введение. Вопрос о природе механизмов эволюции, предшествовавшей биологической, до сих пор остается открытым [1-3]. Это во многом связано с тем, что до настоящего времени отсутствуют общепризнанные средства экспериментальной проверки гипотез, предназначенных для отыскания пути, по которому шла пребиологическая эволюция.

В работе [3] на основании концепций [4-6] была сформулирована концепция, которая позволяет разыграть механизм пребиологической эволюции на основе новой точки зрения, альтернативной дарвинистской, использующей гипотезу о случайных мутациях (шире – флюктуациях) с последующим закреплением благоприятных признаков как о движущей силе эволюции. Концепция [3] основывается на доказательстве аналогии между частично диссоциирующей макромолекулой и нейронной сетью. Удается показать [3], что произвольная молекула полимера, приобретающая электростатический заряд за счет частичной диссоциации функциональных групп, автоматически становится аналогом нейропроцессора Хопфилда, в котором роль отдельных нейронов играют функциональные группы, способные приобретать ненулевой заряд за счет диссоциации. Роль обратных связей играют электростатические поля, создаваемые некомпенсированными зарядами. Состояние выходов аналогов нейронов описывается логическими переменными (1 – заряд есть, 0 – заряд отсутствует).

Отталкиваясь от аналогии между частично диссоциирующей макромолекулой и нейронной сетью, можно предложить следующий механизм пребиологической эволюции [3]. В соответствии с [3], система произвольной природы трактуется как «сложная», при условии, что существует комплементарный ей аналог нейронной сети.

На первой стадии эволюции сложной имеет место трансформация связей между ее элементами, которая трактуется как эволюция нейронной сети (или ее аналога), комплементарной, рассматриваемой системе. На второй стадии нейронная сеть осуществляет направленный «выбор» элементов, в наибольшей степени отвечающих новому состоянию.

Рассмотрение ряда социально-экономических систем [7-9] позволяет показать, что такой механизм эволюции, по-видимому, является общим, т.е. он применим к описанию систем произвольной природы. Это можно пояснить следующим образом. Природа нового качества, которое появляется в сложной системе на первой стадии эволюции, может быть только информационной: это качество соотносится с простой совокупностью элементов системы точно так же, как сознание человека соотносится с совокупностью нейронов, составляющих головной мозг.

Сопоставление с социально-экономическими системами (в частности, рассматривавшимися в [4,5]) важно тем, что появляющееся новое качество можно трактовать как макроскопический регулятор, не только обеспечивающий отбор элементов системы, но и проявляющий такие

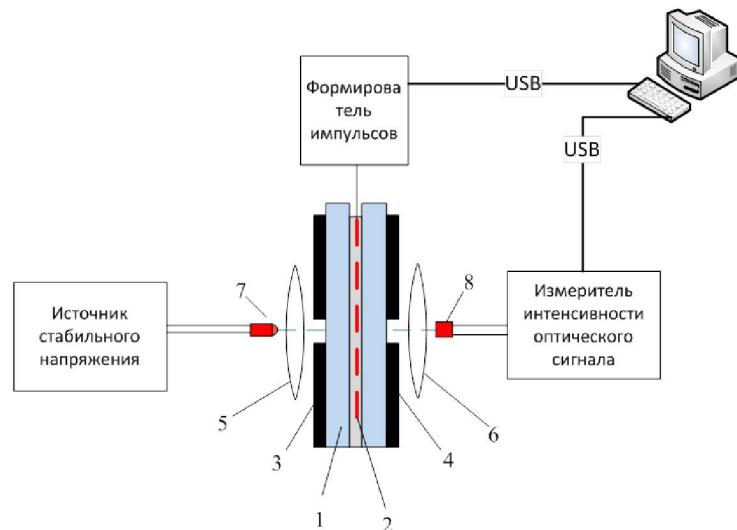
функции как распределенная память, специфические реакции на внешние воздействия и т.д. Иначе говоря, на данной стадии эволюции система, в известной степени, приобретает свойство сама направлять свое дальнейшее развитие.

Данный вывод нетривиален и далек от общепризнанного. Именно поэтому представляется исключительно важным отыскание экспериментальных доказательств адекватности предложенного механизма эволюции, что и составляет основную цель данной работы.

Методы исследования. В экспериментах использовались растворы поли-*N*-винилкапролактама (ПВК) и полиакриловой кислоты (ПАК), содержащие также низкомолекулярные соли. Схема используемой установки, собранной для инициации процессов, которые можно трактовать как искусственно стимулируемую эволюцию, представлена на рисунке 1. Кювета (1) заполняется исследуемым раствором, ее стенки выполнены из плоскопараллельных стекол, отшлифованных с оптической точностью. В центре кюветы располагается нагревательная спираль (2), выполненная из никромовой проволоки диаметром 0,1 мм в виде кольца.

Оптическая система обеспечивает регистрацию коэффициента прозрачности среды, который изменяется вследствие интерполимерных реакций.

Нагрев спиралей осуществляется периодическим образом, причем диапазон колебаний температуры захватывает температуру, при которой происходит фазовый переход, обусловленный формированием нерастворимых и/или частично растворимых компонент. Иначе говоря, при таких колебаниях, водородные связи [10-13], стабилизирующие продукт интерполимерной реакции (гидрофильный интерполимерный ассоциат, ГИА) то разрушаются, то образуются снова. Они представляют собой сетки/фрагменты сеток, существующих в динамическом режиме, причем один из взаимодействующих полимеров выступает как кросс-агент. Следует подчеркнуть, что ГИА являются новым и малоисследованным классом продуктов интерполимерных реакций. Однако, уже на данном этапе исследований можно утверждать, что ГИА образуют целый спектр продуктов интерполимерной реакции [10,11], чего и следовало ожидать в силу лабильности их структуры.



1 – кювета с исследуемым раствором, 2 – нагревательная спираль, 3,4 – ирисовая диафрагма, 5 – объектив, обеспечивающий формирование параллельного пучка света, 6 – фокусирующая линза, 7 – источник света, 8 – приемник излучения.

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки, обеспечивающей запуск процессов искусственной эволюции с помощью периодического нагрева

Разрушение и образование связей в столь лабильной системе как ГИА может, с учетом результатов [3], рассматриваться в терминах изменения весовых коэффициентов нейронных сетей, формируемых фрагментами полиэлектролитных макромолекул. (Весовые коэффициенты определяются расстояниями между функциональными группами.) Иначе говоря, при образовании

и разрушении водородных связей, стабилизирующих ГИА, фактически имеет место перезапись информации.

Далее, при многократной перезаписи информации система (что обеспечивается периодическим характером температурного возмущения) рассматриваемого типа стремится к определенному относительно устойчивому состоянию. Математически это можно описать как переход к пределу следующего вида.

$$\mathbf{S}_{n+1} = (\mathbf{I} + \mathbf{A})\mathbf{S}_n, \quad n \rightarrow \infty$$

где \mathbf{S}_n - вектор, описывающей состояние системы на n -ном шаге итерации, \mathbf{A} - оператор перезаписи информации, \mathbf{I} - единичный оператор. Существование такого предела уже означает, что система эволюционирует, так как в ней появляется некоторое устойчивое состояние, способное к воспроизведению информации. (Это, очевидно, является первичным необходимым условием для появления наследуемой информации.)

Результаты исследования. Таким образом, несмотря на простоту используемой методики, ее действительно можно использовать для инициации искусственной эволюции, по крайней мере, понимаемой в смысле генерации самовоспроизводящейся информации.

Пример данных, регистрируемых при помощи схемы рисунок 1, представлен на рисунке 2. График представляет собой фрагмент зависимости относительной интенсивности оптического сигнала от времени при периодическом нагреве в установившемся режиме.

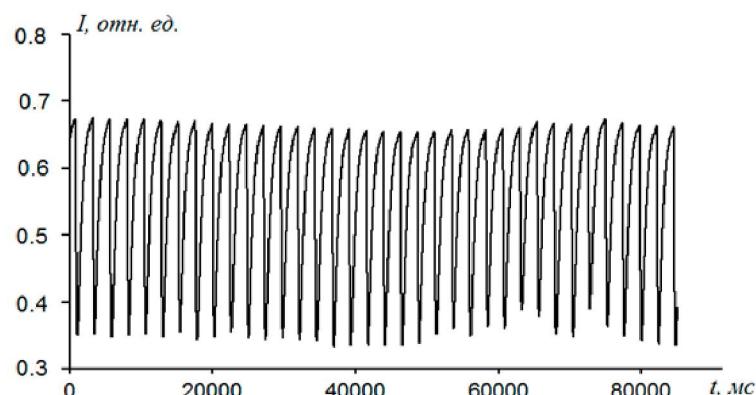
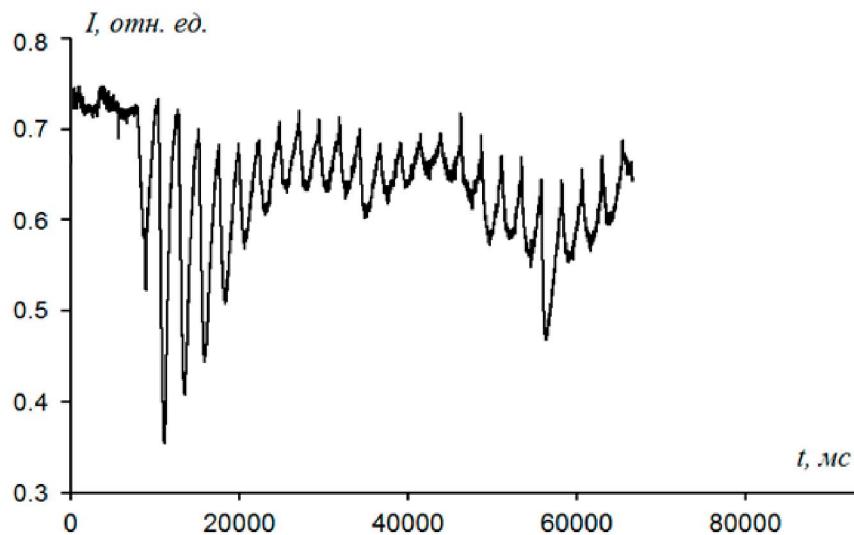


Рисунок 2 - Зависимость относительной интенсивности оптического сигнала от времени, С (ПВК) = 2%, Т=2400 мс, τ =30 мс

Видно, что форма наблюдаемых колебаний заметно отличается от прямоугольной, что позволяет отслеживать кинетику фазового перехода. Видно также, что в данном случае (чистый раствор) не имеет места эффектов, связанных с какими-либо трансформациями среды.

Добавление низкомолекулярной соли в раствор, как известно [14-16], приводит к увеличению скорости фазового перехода. (Это, по-видимому, связано с большей амплитудой локального изменения термодинамических переменных.) При концентрации хлорида натрия 0,3% в системе возникают более сложные колебания. Соответствующий пример представлен на рисунке 3.

Видно, что в спектре регистрируемого сигнала появляются дополнительные низкочастотные составляющие. Как известно, модуляция колебаний, индуцируемых внешним воздействием, в нелинейной системе имеет место тогда, когда такая система обладает собственными резонансными свойствами. В этом случае реализуются условия, когда собственное затухающее колебание поддерживается за счет энергии внешнего источника.



Спол = 1%, CNaCl = 0,3%, T=2400 мс, τ =30 мс; отсчет времени производится с момента начала измерений

Рисунок 3 - Зависимость относительной интенсивности оптического сигнала от времени

Из рисунка 3 также видно, что исследуемая система самопроизвольно может переходить из одного режима в другой, причем переход осуществляется скачком, а новое состояние характеризуется повышенной чувствительностью системы к внешним воздействиям, что выражается в резком увеличении амплитуды колебаний, а также в появлении дополнительных низкочастотных составляющих в спектре регистрируемого сигнала.

Регулярные колебания или же колебания, близкие к регулярным преимущественно наблюдаются в растворе, который содержит только один полимер. Если раствор содержит два взаимодействующих полимера (использовалась система ПАК + ПВК, которая, как отмечалось выше, образует и гидрофильный интерполимерный ассоциат, и интерполимерный комплекс), то наблюдаемые колебания, как правило, теряют регулярность. Соответствующий пример представлен на рисунке 4 (даные получены при стехиометрическом соотношении концентраций ПАК и ПВС). Сопоставляя этот результат с данными работ [10,11], в которых было показано, что в области существования ГИА интерполимерная реакция между ПАК и ПВС дает широкий спектр продуктов, можно видеть, что рассматриваемая система действительно испытывает существенные трансформации.

Таким образом, периодическое возмущение раствора, содержащего полимеры, способные формировать как ГИА, так и ИПК, действительно обеспечивает эффекты, которые можно интерпретировать как структурную перестройку надмолекулярных структур, формируемых взаимодействующими макромолекулами.

Выводы. Таким образом, в работе предложена простая методика, обеспечивающая периодическое разрушение и формирование связей, стабилизирующих ГИА и/или интерполимерные комплексы. Аналогия между частично диссоциирующими макромолекулами и нейронными сетями позволяет рассматривать такой периодический процесс в терминах многократной перезаписи информации в отдельные фрагменты макромолекул. Переход к устойчивому состоянию, достигаемому в результате многократных прямых и обратных фазовых переходов, в данном случае интерпретируется как появление структуры, несущей воспроизводимую информацию. Адекватность этого вывода вытекает из сопоставления с результатами работ [10,11], в которых было показано, что появление любой *устойчивой* сети автоматически обеспечивает реализацию эволюционного механизма, предложенного в [3]. Именно устойчивость сети обеспечивает «выбор» вполне определенных элементов, в наибольшей степени отвечающих новому состоянию системы.

Предположительно, именно этот механизм мог лежать в основе появления первичных элементов, послуживших прообразом макромолекул, способных нести наследуемую информацию.

Следует подчеркнуть, что при определенных условиях [17-20] периодические колебания температуры в неравновесных системах могут возникать и самопроизвольно. Следовательно, условия, в которых имеет место многократная перезапись информации в нейронные сети молекулярного уровня также могут реализовываться естественным путем.

Разумеется, высказанные в данной работе гипотезы нуждаются в дальнейших подтверждениях, однако уже на данном этапе исследований допустимо предположить, что инициация искусственной эволюции молекулярных структур представляет не только академический, но и практический интерес как еще один инструмент полученияnanoструктур.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Delave, L., & Lazcano, A. Prebiological evolution and the physics of the origin of life, *Physics of Life Reviews*, №2(1), 2005. с. 47-64.
- [2] Pratt, A. J. Prebiological evolution and the metabolic origins of life. *Artificial Life*, №17(3), 2011, с. 203-217.
- [3] Suleimenov, I., & Panchenko, S. Non-Darwinists Scenarios of Evolution of Complicated Systems and Natural Neural Networks Based on Partly Dissociated Macromolecules, *World Applied Sciences Journal*, №24(9), 2013, с. 1141-1147.
- [4] Ергожин Е.Е., Зезин А.Б., Сулейменов И.Э., Мун Г.А. Гидрофильные полимеры в нанотехнологии и наноэлектронике. Монография. Алматы-Москва: LEM, 2008, 214 с.
- [5] Yergozhin Ye.Ye., Argy Ye.M., Suleimenov I.E., Mun G.A., Belenko N.M., Gabrielyan O.A., Park N.T., Negim El-S. M. El-Ash., Suleymenova K.I. Nanotechnology versus the global crisis, Seoul, Hollym Corporation Publishers, 2010, 300 p.
- [6] I. E. Suleimenov, G. A. Mun, P. E. Grigoriev, El-S. M. Negim, G.Zh. Yeligbayeva, K. I. Suleimenova. Higher Education and Science: Portrait Against the Background of Global Crisis, *World Applied Sciences Journal*, №15 (9), 2011, p.1199-1205.
- [7] Suleimenov, I., Gabrielyan, O., Mun, G., Panchenko, S., Amirzhan, T., & Suleimenov, K. Voting Procedure and Neural Networks. *International Journal on Communications (IJC)*, №3, 2014, p.16 – 20
- [8] Suleymenova, K. I., Shaltykova, D. B., & Suleimenov, I. E. Aromorphoses phenomenon in the development of culture: a view from the standpoint of neural net theory of complex systems evolution, *European Scientific Journal*, №9(19), 2013p. 840-844.
- [9] Сулейменова К.И., Шалтыкова Д.Б., Сулейменов И.Э. Неформальные институции как информационные структуры, Материалы международной научно-практической конференции, Интеграционные возможности современной экономики. Иркутск, 2012, с 113-116.
- [10] Suleimenov, I., Güven, O., Mun, G., Beissekul, A., Panchenko, S., & Ivlev, R. The formation of interpolymer complexes and hydrophilic associates of poly (acrylic acid) and non-ionic copolymers based on 2-hydroxyethylacrylate in aqueous solutions, *Polymer International*, №62(9), 2013, p.1310-1315.
- [11] Suleimenov, I., Shaltykova, D., Sedlakova, Z., Mun, G., Semenyakin, N., Kaldybekov, D., & Obukhova, P. Hydrophilic Interpolymer Associates as a Satellite Product of Reactions of Formation of Interpolymer Complexes, *Applied Mechanics and Materials*, №467, 2014, p.58-63.
- [12] Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Dubolazov A.V., Khutoryanskiy V.V. pH Effects on the Complexation, Miscibility and Radiation-Induced Crosslinked in Poly(acrylic acid)-Poly(vinyl alcohol) Blends, *Macromol.Biosci.*, №5, 2005, p. 424-432.
- [13] Khutoryanskiy V.V., Staikos G. Hydrogen-bonded interpolymer complexes. Formation, structure and applications, World Scientific, Singapore, №1, 2009, p. 1-21.
- [14] Мун Г.А., Сулейменов И.Э., Зезин А.Б., Абилов Ж.А., Джумадилов Т.К., Измайлова А.М., Хуторянский В.В. Комплексообразование с участием полиэлектролитов: Теория и перспективы использования в наноэлектронике, Монография. Выпук 2. Алматы – Москва-Торонто – Рединг: Изд-во LEM, 2009, 256 с.
- [15] Khutoryanskiy, V. V., & Staikos, G. Hydrogen-bonded interpolymer complexes: formation, structure and applications. World Scientific, 2009, 250 p.
- [16] Dergunov, S. A., Mun, G. A., Dergunov, M. A., Suleimenov, I. E., & Pinkhassik, E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers. *Reactive and Functional Polymers*, №71(12), 2011, p.1129-1136.
- [17] Dolayev, M., Panchenko, S., Bakytbekov, R., & Ivlev, R. The Principle of Recording Information in Distributed Environments via Suleimenov-Mun's Waves, *Advanced Materials Research*, №875, 2014, p. 642-646.
- [18] Suleimenov, I., Mun, G., Ivlev, R., Panchenko, S., & Kaldybekov, D. Autooscillations in Thermo-responsive Polymer Solutions as the Basis for a New Type of Sensor Panels, *AASRI Procedia*, №3, 2012, p. 577-582.
- [19] Panchenko, S. V., Obuhova, P. V., Chezhimbayeva, K. S., Tsai, A. M., Shaikhudinova, A. A., Eligbaeva, G. A., & Dolayev, M. Prospects of Using Waves of Suleimenov-Mun in "Green" Energetics, *World Applied Sciences Journal*, №22(10), 2013, p.1460-1464.
- [20] Suleimenov, I., Semenyakin, N., Mun, G., Shaltykova, D., Panchenko, S., & Sedlakova, Z. (). Use of Non-linear Properties of Stimuli-sensitive Polymers in Image Display Systems, *AASRI Procedia*, №3, 2012, p. 528-533.

REFERENCES

- [1] Delave, L., Lazcano, A. Prebiological evolution and the physics of the origin of life, *Physics of Life Reviews*, 2005, Vol. 2(1), PP. 47-64. (in Eng.)
- [2] Pratt, A. J. Prebiological evolution and the metabolic origins of life. *Artificial Life*, 2011, Vol.17(3), PP. 203-217.(in Eng.)
- [3] Suleimenov, I., & Panchenko, S. Non-Darwinists Scenarios of Evolution of Complicated Systems and Natural Neural Networks Based on Partly Dissociated Macromolecules. *World Applied Sciences Journal*, 2013, Vol. 24(9), PP.1141-1147.(in Eng.)
- [4] Yergozhin Ye.Ye., Zezin A.B., Suleimenov I.E., Mun G. A. The hydrophilic polymers in nanotechnology and nanoelectronics. *Monograph, Almaty-Moscow: LEM*, 2008, 214 p. (in Russ.).

- [5] Yergozhin Ye.Ye., Aryn Ye.M., Suleimenov I.E., Mun G.A., Belenko N.M., Gabrielyan O.A., Park N.T., Negim El-S. M. El-Ash., Suleymenova K.I. Nanotechnology versus the global crisis. *Seoul, Hollym Corporation Publishers, 2010*, 300 p.(in Eng.).
- [6] I.E. Suleimenov, G. A. Mun, P. E. Grigoriev, El-S. M.Negim, G. Zh. Yeligbayeva, K. I. Suleimenova.Higher Education and Science: Portrait Against the Background of Global Crisis. *World Applied Sciences Journal, 2011*, Vol. 15(9),PP.1199-1205.(in Eng.)
- [7] Suleimenov, I., Gabrielyan, O., Mun, G., Panchenko, S.,Amirzhan, T., Suleimenov, K. Voting Procedure and Neural Networks. *International Journal on Communications (IJC),2014*, 3, PP. 16 – 20.(in Eng.)
- [8] Suleymenova, K. I., Shaltykova, D. B., &Suleimenov. I. E. Aromorphoses phenomenon in the development of culture: a view from the standpoint of neural net theory of complex systems evolution. *EuropeanScientificJournal, 2013*, Vol. 9(19), PP.840-844.(in Eng.)
- [9] Suleimenov K.I, Shaltykova D.B, Suleimenov I.E. Informal institutions as information structure. *Proceedings of the international scientific-practical conference. Integration possibilities of the modern economy. Irkutsk, 2012*, PP. 113-116. (inRuss.).
- [10] Suleimenov, I., Güven, O., Mun, G., Beissegul, A., Panchenko, S., &Ivlev, R. The formation of interpolymer complexes and hydrophilic associates of poly (acrylic acid) and non-ionic copolymers based on 2-hydroxyethylacrylate in aqueous solutions. *Polymer International, 2013*, Vol. 62(9).PP. 1310-1315.(in Eng.)
- [11] Suleimenov, I., Shaltykova, D., Sedlakova, Z., Mun, G., Semenyakin, N., Kaldybekov, D., &Obukhova, P. Hydrophilic Interpolymer Associates as a Satellite Product of Reactions of Formation of Interpolymer Complexes. *Applied Mechanics and Materials, 2014*, 467.PP.58-63.(in Eng.)
- [12] Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Dubolazov A.V., Khutoryanskiy V.V. pH Effects oh the Complexation, Miscibility and Radiation-Induced Crossliked in Poly(acrylic acid)-Poly(vinyl alcohol) Blends. *Macromol. Biosci.,2005*, 5.PP.424-432.(in Eng.)
- [13] Khutoryanskiy V.V., Staikos G. Hydrogen-bonded interpolymer complexes. Formation, structure and applications. *World Scientific, Singapore,2009*, №1, 1-21 p.(in Eng.)
- [14] Mun G.A, Suleimenov I.E, Zezin A.B, Abilov Z.A, Dzhumadilov T.K, Izmailov A.M, Khutoryansky V.V. Complex formation with polyelectrolyte: Theory and prospects for use in nanoelectronics. *Monograph. Library nanotechnology. Issue 2. Almaty - Moscow Toronto - Reading Univ LEM, 2009*, 256 p.(inRuss.).
- [15] Khutoryanskiv, V. V., Staikos, G. Hydrogen-bonded interpolymer complexes: formation, structure and applications. *World Scientific,2009*, 250 p. (in Eng.)
- [16] Dergunov, S. A., Mun, G. A., Dergunov, M. A., Suleimenov, I. E., Pinkhassik, E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers. *Reactive and Functional Polymers, 2011*, Vol. 71(12).PP.1129-1136.
- [17] Dolayev, M., Panchenko, S., Bakytbekov, R., Ivlev, R. The Principle of Recording Information in Distributed Environments via Suleimenov-Mun's Waves. *Advanced Materials Research, 2014*, 875.PP.642-646.
- [18] Suleimenov, I., Mun, G., Ivlev, R., Panchenko, S., Kaldybekov, D. Autooscillations in Thermo-responsive Polymer Solutions as the Basis for a New Type of Sensor Panels. *AASRI Procedia, 2012*, 3.PP. 577-582.
- [19] Panchenko, S. V., Obuhova, P. V., Chezhimbaeva, K. S., Tsoi, A. M., Shaikhudinova, A. A., Eligbaeva, G. A., Dolayev, M. Prospects of Using Waves of Suleimenov-Mun in " Green" Energetics. *World Applied Sciences Journal, 2013*, Vol.22(10).PP. 1460-1464.
- [20] Suleimenov, I., Semenyakin, N., Mun, G., Shaltykova, D., Panchenko, S., Sedlakova, Z. Use of Non-linear Properties of Stimuli-sensitive Polymers in Image Display Systems. *AASRI Procedia, 2012*, 3.PP. 528-533.

Өзара әрекеттес полимерлер ерітінділеріндегі жасанды эволюциялық процесстер: әлеуметтік-экономикалық жүйелер дамуымен ұқсастық

М.Н. Калимолов^{1,д}, И.Э. Сулейменов^{1,а}, С.В. Панченко^{1,2,б}

О.А. Габриелян^{3,в}, З.З. Седлакова^{4,г}, И.Т. Пак^{5,е}, П.В. Обухова^{1,ж}

aesenchy@yandex.ru, serj129@gmail.com, gabroleg@mail.ru, sedlakova@imc.cas.cz, mnk@ipic.kz,

pak_it@mail.ru, polina055@mail.ru

Ақпараттықжөнекомпьютерліктехнологиялар институты, Алматы, Қазақстан

²Алматы энергетика жөнебайланысуниверситеті, Алматы, Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы Қазақ Улттықуниверситеті, Алматы, Қазақстан

⁴Қырым федералдықуниверситеті. Вернадский, Симферополь, Ресей

⁵Жогары молекулалыққосылыштархимиясы институты, Прага, Чехия

Түйін сөздер: интерполимердіассоциаттар, нанотехнологиялар, пребиологиялық даму, макромолекулалар.

Аннотация. Жұмыста гидрофильді ассоциаттарды құраалатын полимерлер ерітінділерінде отетін, жасанды эволюцилық процесстерді тәжірибелі түргыдан зерттеуге мүмкіндік беретін, эксперименталдық әдіс үсінген. Бұл әдіс гидрофильді интерполимерлі ассоциаттар құратын компоненттері бар ерітіндін периодтық түрде жылыту мен салынадаттуға негізделген. Осылайдай түрлі объекттер динамикалық тәртіппете күйінде болған полимерлі торлар болып саналады, яғни торды құрайтын байланыстар үзіліссіз жойылып, кайта құрылады. Гидрофильді интерполимерлі ассоциаттың бір қураушы бөлшегі жарым-жартылай диссоциациялайтын макромолекула болып санаған жағдайда байланыстарды жою/құру динамикалық процесsein ақпаратты қайта жазу процесsei түргыдан қарастыруға болады. Бұған себепші болып жарым-жартылай диссоциациялайтын макромолекуланы болінген жадысы бар нейронды желінің тікелей аналогы ретінде қарастыру мүмкіндігі саналады. Периодтық жылыту аталған процеске онтайтын жағдай жасайды, оның нәтижесі ретінде аталған түрлі жүйеде жасанды ынталандырылған эволюция қорытындысы ретінде қарастырыла алғатын белгілі тұрақты күйлерге оту жүзеге асырылады. Аталған түрді жүйелерде жасанды эволюцияны қамтамасыз етегін тәжірибелер тек полимерлердің физикалық химиясына ғана емес, сонымен катар әлеуметтік-экономикалық пәндер үшін де маңызды екендігі көрсетілген, бул өз алдына курделі жүйелер эволюциялық механизмдерінің сәйкес ортақ сипаттын тәжірибелік түрде тексеру мүмкіндігін береді.

Поступила 01.10.2015 г.