

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 57:530.182:303.725.36

<https://agroconf.sgau.ru>

Фундаментальные основания самоорганизации и саморепликации жизни

Цагарейшвили Л.С.

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

Аннотация. Самоорганизация и саморепликация – причины возникновения жизни. Поэтому дальнейшее понимание принципов функционирования жизни невозможно представить без понимания фундаментальных причин этих двух явлений. Найти ответы на поставленные вопросы поможет нелинейная физика и системный подход.

Ключевые слова: самоорганизация, нелинейная динамика, вариационные принципы, теория игр, системный анализ, бесконечность, ограниченность, управление и обработка информации, информационные системы

Для цитирования: Цагарейшвили Л.С. Фундаментальные основания самоорганизации и саморепликации жизни // Аграрные конференции. 2025. № 49(1). С. 18-23. <http://agroconf.sgau.ru>

SOCIO-ECONOMIC SCIENCES

Original article

The fundamental foundations of self-organization and self-replication of life

Leona S. Tsagareishvili

Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Abstract. Self-organization and self-replication are the cause of life. Therefore, further understanding of the principles of the functioning of life is impossible to imagine without understanding the fundamental causes of these two phenomena. Nonlinear physics and a systematic approach will help to find answers to these questions.

Keywords: self-organization, nonlinear dynamics, variational principles, game theory, systems analysis, infinity, finiteness, control and information processing, information systems

For citation: Tsagareishvili Leona S. The fundamental foundations of self-organization and self-replication of life // Agrarian Conferences, 2025; (49(1)): 18-23 (InRuss.). <http://agroconf.sgau.ru>

Введение. Объединение молекул в самореплицирующиеся системы и дальнейшая эволюция из одноклеточных организмов в разумных существ кажется невероятным событием. Может показаться, что жизнь либо вообще не может возникнуть случайно и её самозарождение невозможно, либо ненулевая вероятность события приводит к его случайному выпадению [1]. Однако если применить системный подход можно обнаружить различные принципы, обнаруживающиеся в наблюдаемой вселенной, которые могут натолкнуть на мысль, что возникновение жизни – не случайность, а закономерное развитие самоподобной макросистемы [2]. Однако самоподобие не полностью объясняет, как происходит переход от положительной обратной связи, формирующей самоорганизующиеся системы, вроде спиральных рукавов галактик и вихревых систем, к отрицательной обратной связи, которая впервые возникает в живых системах и является основной приспособления к меняющимся условиям среды и поддержания внутреннего порядка. В связи с этим, необходимо установить физические основания процесса динамического упорядочивания жизни, возникающего при наличии свободной энергии.

Цель работы: определить фундаментальные основания самоорганизации и саморепликации жизни.

Результаты исследований. Для начала, сравнивая жизнь с ближайшими неживыми процессами, стоит рассмотреть понятие самоподдерживающихся химических реакций. Самоподдерживающиеся химические реакции – это цепные реакции, в результате которых первоначально появляющиеся продукты принимают участие в образовании новых продуктов. Действительно, НАСА определяет жизнь как самоподдерживающуюся химическую систему, способную к дарвиновской эволюции [3].

Самоподдерживающиеся реакции существуют потому, что энергия, необходимая на поддержание реакции меньше порции энергии, необходимой на её остановку - то есть наблюдается своеобразное движение по инерции. Другими словами, набор молекул называется самоподдерживающимся, если стехиометрия сети делает скорость производства каждой молекулы строго неотрицательной [4]. Почему из реакций, которые были более энергозатратными в конкурентном отборе побеждали менее энергозатратные и более упорядоченные реакции, можно ответить, обращаясь к теории игр.

Отдельно стоит рассмотреть возникновение химических реакций самовосстановления и химической «настройки» отрицательной обратной связи. Одним из способов повышения отказоустойчивости систем и установления саморегуляционных механизмов является создание алгоритмической избыточности. Избыточность системы – это превышение объемов сигналов или меры сложности структур по сравнению с их минимальными значениями, необходимыми для выполнения поставленной задачи. Когда совокупность

небольших действий с прямыми связями становится настолько обширной и взаимосвязанной, что действует как динамически адаптирующаяся система [5].

При постоянном притоке энергии и конкурентном отборе наиболее оптимизированных путей, может возникать каскад реакций, приводящих к появлению отрицательной обратной связи, применение которой в конкретных условиях также являлось более оптимизированной стратегией, поэтому она закреплялась. Дальнейшая эволюция, направленная на усложнение поведения живых систем и возникновение нервной системы и мозга является соответствующим накоплением алгоритмической избыточности для всё более эффективного самоподдержания и повышения отказоустойчивости системы [1].

Соответственно, определяя, как всё возникающее движение зависит от движения материи именно по такому «экономному» принципу, можно продолжить искать причины соответствующего стремления «оптимизации» расхода энергии, когда наблюдаемые процессы выбирают развиваться наименее энергозатратным способом. Ранее уже было высказано предположение, что эволюция порядка в живых системах является частным случаем фундаментального принципа создания порядка, который также применим и к физическим системам. Этот принцип определяет их способность к репликации, способность избегать распада, приобретать и перерабатывать ресурсы – так, было введено понятие «дарвиновской динамики». Дарвиновская динамика – это важное обсуждение роли нелинейных процессов и диссипативности в возникновении саморепликации, которое наряду с предшествующими наработками других коллективов, формирует основу современного понимания самоорганизации жизни. Говоря о наличии отбора в нелинейных физических реакциях, авторы отмечают, что некоторые состояния системы имеют примерно равные энергии и, следовательно, должны встречаться с равной вероятностью, вместо этого постоянно встречается только один тип, а другие никогда не встречаются – показывая, в чём суть нарушения равновероятности. Что при переводе в биологические термины может звучать так: происходит «выживание наиболее приспособленных», или точнее, исчезновение альтернатив приводит к нарушению равновероятности [6]. Стоит отметить, что распределение вариантов происходит не единственным возможным образом, а в определённом диапазоне схожести – подмножестве, который формирует аттрактор. Аттрактор динамической системы – это притягивающее, замкнутое, инвариантное множество в ее фазовом пространстве [7].

Таким образом, несмотря на вероятный характер событий, множество является замкнутым – что отсылает нас к другой не менее парадоксальной гипотезе о дискретности пространства, ведь последнее формирует пространственно-временной континуум. Дискретность времени кажется единственным решением, ведь иначе время могло делиться на бесконечно малые отрезки и тогда начинала бы работать апория Зенона о невозможности движения. Ведь чтобы пересечь комнату нужно преодолеть половину пути, затем половину того, что осталось, затем половину того, что осталось после этого, и так далее – в итоге пересечь комнату не получится никогда [8].

Но если говорить не о дискретности как о минимальной (неделимой) единице пространства и минимальной (неделимой) единице времени, а об ограниченности области пространства или времени, как о функции, область решения которой находится, например, от 0 до 1 и является бесконечно вложенной. Тогда стоит рассматривать ограниченность как важный элемент мироустройства, например в случае компактности пространства [9]. Ограниченность обнаруживается повсеместно: движение энергии может происходить отдельными ограниченными квантами; химическая реакция имеет своё время протекания; скорость света, константы имеют определённое значение [10]. И только простые числа можно назвать дискретными относительно самих себя – и тем не менее, именно простые числа вероятно формируют нашу реальность, бесконечное множество которых может определять бесконечную вложенность материи Вселенной.

Возвращаясь к жизни, стоит отметить вышеназванное стремление к оптимизации, ввиду ограниченности доступной для усвоения энергии, как наблюдаемого повышения эффективности систем и «экономии» расхода энергии. Но что это за принцип, который определяет движение по пути наименьшего сопротивления? В попытке ответа на данный вопрос можно обратиться к нейронным связям мозга, импульс по которым проходит по наиболее тренируемым направлениям, или к гидродинамике тока реки, который формирует русло в определённой наименее затратной конфигурации, или к движению электрического тока, который при разветвлении выбирает проводник с меньшим сопротивлением, или к движению света – ведь согласно принципу П. Ферма, свет всегда идёт по пути, требующему для своего прохождения минимального времени, что в последствие было названо вариационным принципом и заложило основу квантовой механики [10]. Вполне возможно, что фундаментальной основой самоорганизации и саморепликации жизни является именно продолжение вариационного принципа, определяющего конкурентную победу путей наименьшего сопротивления – которые, как мы уже выяснили ранее, являются путями, поддерживающими реакцию, то есть препятствующими распаду.

Заключение. Исследуя математические и физическо-химические причины возникновения и эволюции жизни, можно прийти к выводу, что фундаментальным основанием самоорганизации и саморепликации является продолжение вариационного принципа, согласно которому жизнь возникает как самоподдерживающаяся реакция, которая со временем приобретает механизмы устойчивости к распаду, уничтожению и смерти.

Список литературы

1. Мазур, В. А. Инфляционная космология и гипотеза случайного самозарождения жизни / В. А. Мазур // Доклады Академии наук. – 2010. – Т. 431, № 2. – С. 183-187. – EDN LOKBYJ.

2. Радзиковская, Л. С. Определение и сущность жизни: философский аспект / Л. С. Радзиковская // Наукосфера. – 2022. – № 4-1. – С. 92-96. – DOI 10.5281/zenodo.6384390. – EDN RYEDAM.
3. Benner SA. Defining life. *Astrobiology*. 2010; 10(10):1021–30. <https://doi.org/10.1089/ast.2010.0524>.
4. Liu, Y. On the definition of a self-sustaining chemical reaction system and its role in heredity. *Biol Direct* 15, 15 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13062-020-00269-0>
5. Цагареишвили, Л. С. Цифровизация как способ оптимизации процессов производства через выстраивание отрицательной обратной связи / Л. С. Цагареишвили, М. Р. Цагареишвили, А. В. Ключиков // Проблемы и перспективы цифровизации агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 07 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 111-115.
6. Bernstein, Harris; Byerly, Henry C.; Hopf, Frederick A.; et al. (June 1983). "The Darwinian Dynamic". *The Quarterly Review of Biology*. 58 (2): 185–207. doi:10.1086/413216. JSTOR 2828805. S2CID 83956410
7. Леонов, Г.А. Странные аттракторы и классическая теория устойчивости движения // Успехи механики. – 2002. – т.1. – № 3. – 32 с.
8. Толчельникова, С. А. Расстояния и время: математические, измеряемые и выражаемые через скорость света / С. А. Толчельникова // Геодезия и картография. – 2015. – № 9. – С. 8-16. – EDN ULDXKH.
9. Энгелькинг, Р. Общая топология. – М.: Издательство «Мир», 1986. – 752 с.
10. Николенко, А. Д. О понятии движения и неизбежности его квантования / А. Д. Николенко // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2019. – Т. 19, № 1-2(73-74). – С. 46-61. – EDN MDHGGM.
11. Энциклопедический словарь юного физика/ Сост. В. А. Чуянов. – М.: Педагогика, 1984. – 352 с.

References

1. Mazur, V. A. Inflationary cosmology and the hypothesis of random spontaneous generation of life / V. A. Mazur // Reports of the Academy of Sciences. - 2010. - Vol. 431, No. 2. - Pp. 183-187. - EDN LOKBYJ.
2. Radzikovskaya, L. S. Definition and essence of life: philosophical aspect / L. S. Radzikovskaya // Naukosphere. - 2022. - No. 4-1. - Pp. 92-96. - DOI 10.5281/zenodo.6384390. - EDN RYEDAM.
3. Benner S. A. Defining life. *Astrobiology*. 2010; 10(10):1021–30. <https://doi.org/10.1089/ast.2010.0524>.
4. Liu, Y. On the definition of a self-sustaining chemical reaction system and its role in heredity. *Biol Direct* 15, 15 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13062-020-00269-0>

5. Tsagareishvili, L. S. Digitalization as a way to optimize production processes through building negative feedback / L. S. Tsagareishvili, M. R. Tsagareishvili, A. V. Klyuchikov // Problems and prospects of digitalization of the agro-industrial complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Saratov, December 07, 2023. - Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. – P. 111-115.
6. Bernstein, Harris; Byerly, Henry C.; Hopf, Frederick A.; et al. (June 1983). "The Darwinian Dynamics". The Quarterly Review of Biology. 58 (2): 185–207. doi:10.1086/413216. JSTOR 2828805. S2CID 83956410
7. Leonov, G.A. Strange attractors and the classical theory of stability of motion // Uspekhi mekhaniki. – 2002. – v.1. – № 3. – 32 p.
8. Tolchelnikova, S.A. Distances and time: mathematical, measurable and expressed through the speed of light / S.A. Tolchelnikova // Geodesy and cartography. – 2015. – No. 9. – P. 8-16. – EDN ULDXKH.
9. Engelking, R. General topology. – M.: Mir Publishing House, 1986. – 752 p.
10. Nikolenko, A. D. On the concept of motion and the inevitability of its quantization / A. D. Nikolenko // Physics of consciousness and life, cosmology and astrophysics. – 2019. – Vol. 19, No. 1-2(73-74). – P. 46-61. – EDN MDHGGM.
11. Encyclopedic dictionary of a young physicist / Comp. V. A. Chuyanov. – M.: Pedagogy, 1984. – 352 p.

Статья поступила в редакцию 04.12.2024; одобрена после рецензирования 11.01.2025; принята к публикации 18.01.2025.
The article was submitted 04.12.2024; approved after reviewing 11.01.2025; accepted for publication 18.01.2025.