

Электрографический критерий отличия живого от неживого

Татьяна Н. Греченко

*Институт психологии Российской Академии Наук,
Москва, Россия, grecht@mail.ru*

Аннотация. Живые организмы отличаются от неживых систем (объектов физики и химии) высокой структурной и функциональной упорядоченностью. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства, в частности, имеющие определенное выражение в электрической активности. Осцилляторные колебания в наиболее изученном диапазоне от 0,5 до 45 Гц характерны как для прокариотов, так и для эукариотов, занимающих верхушку спирали развития жизни. Осцилляции организованы в определенные временные структуры, многократно повторяющиеся в электрической активности. У любого вида живых организмов имеется несколько образцов паттернизированных осцилляций. Многие неживые объекты также имеют свойства, отражающиеся в их электрических характеристиках. Однако потенциалы неживых объектов окружающего мира изменяются по другим законам – имеют иные частотные диапазоны, в структуре их электрической активности отсутствуют паттерны осцилляций, ярко выраженные у живых существ. Тем не менее именно из них в особых геогелиофизических условиях возникли живые организмы, обладающие начальными формами психики. На электрическую активность влияют изменения окружающей среды. Обнаружены взаимодействия между объектами, принадлежащими к живой и неживой природе.

Ключевые слова: осцилляторы, живое и неживое, клетки-генераторы, гелиогеофизические процессы, альфвеновский резонанс, шумановский резонанс

Для цитирования: Греченко Т.Н. Электрографический критерий отличия живого от неживого // Вестник РГГУ. Серия «Психология. Педагогика. Образование». 2019. № 4. С. 80-99. DOI: 10.28995/2073-6398-2019-4-80-99

Electrographic criterion of difference living from nonliving objects

Tatiana N. Grechenko

*Institute of Psychology, Russian Academy of Science,
Moscow, Russia, grecht@mail.ru*

Abstract. Abstract. Living organisms differ from nonliving systems (objects of physics and chemistry) in high structural and functional orderliness. These differences give to life qualitatively new properties, in particular, having a certain expression in electric activity. Oscillatory fluctuations in the most studies range from 0.5 to 45 Hz are characteristic both of prokariot, and of the eukariot occupying a top of a spiral of development of life. However potentials of lifeless objects of the world around change under other laws – have other frequency ranges, in structure of electric activity there are no patterns of oscillations pronounced at living beings. Nevertheless, it was from them that living organisms with initial forms of mentality emerged in special geogeliophysical conditions. Electrical activity is influenced by changes in the environment. Interactions between objects belonging to living and non-living nature have been detected.

Keywords: oscillators, live and lifeless, cell generators, heliogeophysical processes, Alfven resonance, Schumann resonance

For citation: Grechenko TN. Electrographic criterion of difference living from nonliving objects. *RSUH/RGGU Bulletin. "Psychology. Pedagogics. Education" Series* 2019;4:80-99. DOI: 10.28995/2073-6398-2019-4-80-99

Введение

Электрическая ритмическая активность, зарегистрированная у живых существ, различающихся по сложности строения и имеющих разную эволюционную историю, оказалась весьма сходной по частотным диапазонам. Частотные характеристики этой активности располагаются в диапазоне от 0,5 до 45 Гц и не зависят от сложности объектов – от прокариот до многоклеточного человека, обладающего развитой нервной системой и сложнейшим головным мозгом, - частоты осцилляторной активности такие же, как у безъядерных клеток цианобактерий, одноклеточных эукариотов парамеций, дрожжей и других микроорганизмов, побывавших в наших опытах [Греченко и др. 2015, Харитонов и др. 2014]. Накопленные к настоящему времени данные показывают, что многие биоритмы синхронизируются гелиогеофизически колебательными процессами [Бреус и др. 1995, Гринцов и др. 2002]. Согласно теоретическим и экспериментальным данным в систе-

ме Земля–ионосфера присутствуют резонансные частоты: различают шумановские волны, имеющие основную частоту 7-12 Гц, которые влияют на циркадианный ритм организма, и альфвеновские волны, формирующие в ионосфере резонатор с частотой колебаний, 0.5-3 Гц [Хабарова 1995, Поляков 2003]. Усиление альфвеновского резонансного явления происходит в ночные часы, днем амплитуда колебаний уменьшается до значений обычного шума [Бару и др. 2013]. Формирование и подстройка осцилляторов живых систем происходила в форме синхронизации с частотами альфвеновского и шумановского резонанса, так как одним из главных абиотических факторов окружающей природной среды были и являются физические поля планеты, воздействующие на живую и неживую природу [Вернадский 1989, Чижевский 1976, Мархинин 1980, Орлеанский и др. 2016]. Физические поля с их динамичной электрической составляющей влияют на процессы, протекающие в биосфере. Электрические проявления свойственны многим “неживым” объектам, и сама планета Земля имеет естественное электрическое поле, которое обусловлено сложным комплексом геофизических явлений [Мартынюк и др. 2001]. Неживые объекты, создающие физические поля планеты, обладают определенными электрическими свойствами [Жданов 1986, Lillie 1929]. Каковы же эти свойства, в чем их особенности по сравнению с электрическими характеристиками живых объектов? Какова их роль в формировании живых существ?

Методика

Электрофизиологические опыты выполнены на трех группах прокариот: цианобактериях *Oscillatoria terebriformis*, *Geitlerinema sp.* и *Halotheca sp.*, сенных палочках *Bacillus subtilis*, медицинском препарате – бифидобактериях *Bifidobacterium*, на одноклеточных эукариотах – дрожжевых клетках *Saccharomyces cerevisiae*, инфузориях *Paramecia caudatum* и амебах *Amoeba proteus*, плодовом теле социальной амебы *Licogala epidendrum*, на многоклеточных организмах: молочных грибах *Zooaglea*, медицинских пиявках *Hirudo medicinalis* и наземных моллюсках *Helix lucorum*. срезах огурца *Cucumis sativus* и яблока *Malus domestica* “Jonagold”. Толщина срезов 2-2,5 мм.

Для регистрации электрических явлений у неживых объектов сохранили все условия опыта. В экспериментах использовались кусочки бумаги, марли, проволоочки, поролон, стекла, песок камчатского Халактырского пляжа, песок пляжа Куршской косы, сухие и свежие листья, кора, щепки и кости. Оцифровано и проанализировано около 100 фрагментов записей.

Процедура исследования электрической активности

В качестве метода служила регистрация электрической активности при помощи стеклянных микроэлектродов, заполненных 1 М или 2.5 М [для многоклеточных организмов] KCl. Для работы с цианобактериями *Oscillatoria terebriformis* применяли физиологический раствор следующего состава [в граммах на литр]: NaHCO₃ – 3, Na₂CO₃ – 17, K₂HPO₄ – 0.5, NaCl – 30, KNO₃ – 2.5, MgSO₄ – 0.2, CaCl₂ – 0.04, FeSO₄ – 0.01. Фрагмент биоопленки, в которую входили *Geitlerinema sp.* и *Halothese sp.*, исследовался в естественной среде (проба воды из соленого озера Дусь-Холь, Республика Тыва). Сенные палочки *Bacillus subtilis*, медицинский препарат бифидобактерии *Bifidobacterium*, одноклеточные эукариоты дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* и амёбы *Amoeba proteus* для регистрации помещались в жидкостную среду, а плодовое тело социальной амёбы *Mухомyцetes* располагалось на деревянной подложке, на которой оно сформировалось. Инфузории *Paramecia caudatum* во время регистрации находились в растворе следующего состава: KCl – 4 мМ, CaCl₂ – 1 мМ, MgCl₂ – 5 мМ, трис-HCl – 1 мМ, рН – 7.2. Физиологический раствор для работы с нервной системой моллюска *Helix lucorum* состоял из NaCl – 80 мМ, KCl – 4 мМ, CaCl₂ – 7 мМ, MgCl₂ – 4 мМ, трис-HCl – 10 мМ, рН – 7.2-7.5. Для пиявок *Hirudo medicinalis* применялся физиологический раствор, содержащий NaCl – 115 мМ, KCl – 4 мМ, CaCl₂ – 1.8 мМ, трис-HCl – 10 мМ, рН – 7.4. Молочный гриб *Zooaglea* во время регистрации пребывал в жидкой среде, содержащей молоко и воду в равных количествах. В части опытов использовалась регистрация одновременно двумя электродами, помещенными в разные области среза одного плода или в срезы разноименных плодов [пара огурец – яблоко]. Проанализировано около 500 фрагментов записей электрической активности, принадлежащей перечисленным выше организмам.

Статистический анализ

Фрагменты записи электрической активности оцифровывались и подвергались спектральному анализу в среде статистической обработки R 3.0 [R Development Core Team]. Спектральный анализ выполнялся для исходной записи путем построения периодограммы с использованием быстрого преобразования Фурье. Для выявления особенностей осцилляторной активности проводился автокорреляционный анализ. В ряде случаев для анализа взаимодействий объектов применяли вычисление коэффициента кросскорреляции и когерентности. В работе представлены индивидуальные спектрограммы оцифрованных фрагментов. Длительность оцифрованных участков 3 с.

Обсуждение результатов

Электрические характеристики живых объектов

В проведенных опытах от различных организмов регистрировались полевые потенциалы в форме ритмических осцилляций с частотным диапазоном от 0,5 до 45 Гц (верхняя граница анализа в проведенных опытах). Результаты экспериментов представлены на рис. 1

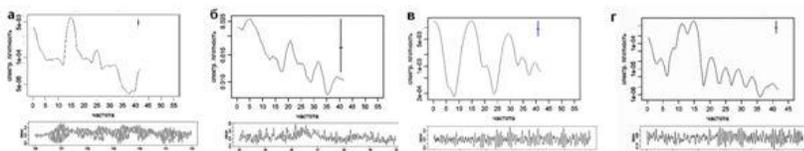


Рис. 1 Частотные характеристики ритмов, зарегистрированных у микроорганизмов, отличающихся местом в эволюции: а – цианобактерии *Oscillatoria terebriformis*, б – одноклеточные эукариоты дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, в – сложные миксомицеты *Licogala epidendrum*, г – срез яблока *Malus domestica* “Jonagold”. Ось абсцисс – частота в Гц, ось ординат – спектральная плотность в условных единицах. Горизонтальная черта – полоса пропускания, вертикальная черта – 95% доверительный интервал.

Несмотря на сходство частотного диапазона работы осцилляторных систем, каждый вид живых существ имел свои особенности ритмической активности: для цианобактерий *Oscillatoria terebriformis* найдено, что паттерн и частота электрических явлений конкретного локуса биопленки зависят от активности микроорганизмов (например, от интенсивности морфогенеза, вызванного внешними обстоятельствами в виде изменения уровня освещения) и ее более высокий уровень требует увеличения частоты и амплитуды ритмических осцилляций. Ритмы в разных частях биопленки могут значительно отличаться: в активной зоне равен 16 Гц (Рис. 1а), а в спокойной – 3 Гц. У дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* (Рис. 1б) наиболее часто регистрируемый высокочастотный ритм выше, чем у цианобактерий, – он достигает 35 Гц. Характеристики осцилляторной электрической активности миксомицетов *Licogala epidendrum* (Рис. 1в) зависят от этапа “жизненного пути” этого организма. От стадии плазмодия до спороношения происходят драматические изменения частотных характеристик, объясняющих уровень двигательной активности этого существа от 30 Гц и выше до спокойных 12-15 и даже 5-6 Гц. У моллюска *Helix lucorum* полевые потенциалы висцерального и париетальных ганглиев имели частотный состав с пиками локализации в высокочастотном диапазоне 30-32 Гц, а в низкочастотном диапазоне 3-15 Гц (Рис. 1г), что согласует-

ся с аналогичными результатами других авторов. Регистрация макроэлектродами сигналов от клеток среза яблока *Malus domestica* “Jonagold” позволила обнаружить ритмическую электрическую осцилляторную активность с локализацией пиков в области 28-32 Гц и 3-5 Гц (Рис. 1д).

Полученные результаты подтверждают предположение об эволюционной консервативности осцилляторных систем. Осцилляции в одних и тех же частотных диапазонах у столь отличающихся организмов могут означать, что эти свойства возникли под влиянием одних и тех же факторов и они удобны для выживания, так как адекватны требованиям организма – обеспечивают его функциональную целостность и его взаимодействие с внешней средой.

Электрические характеристики “неживых” объектов

Регистрация электрических сигналов от поверхности разнообразных предметов окружающего мира дала исключительно пестрый материал как по частотным, так и по амплитудным характеристикам (Рис. 2).

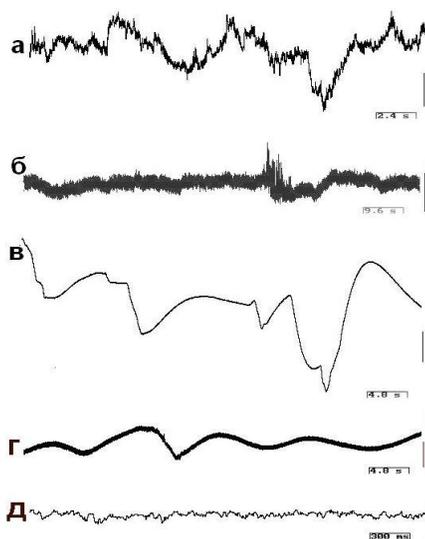


Рис. 2 Типы электрической активности, зарегистрированной у разных материалов: а – поролон, б – проволочки, в – стекло, г - кварцевый песок, д – халактырский песок. Калибровка: а – 2,4 с., б – 9,6 с., в, г – 4,8 с., д – 300 мс., 5 мк.

Объекты для опытов выбирались по принципу доступности – фактически любой элемент окружающей среды мог оказаться в роли ис-

следуемого, поэтому в списке не только земля с газона, листья и кора дерева, песок с берегов разных морей, камушки, ракушки, но и то, что лежит на столе – кусочек бумаги, проволочка, стеклышко, щепка и пр. Подобное разнообразие дает возможность понять, как электрические потенциалы, накопленные в окружающем мире, могли бы оказывать влияние на живые организмы или даже взаимодействовать с ними. Результаты, представленные на рис. 2, 3, Б, 5, 7, А, 2, показывают, что все предметы имеют поверхностный электрический потенциал, который изменяется во времени.

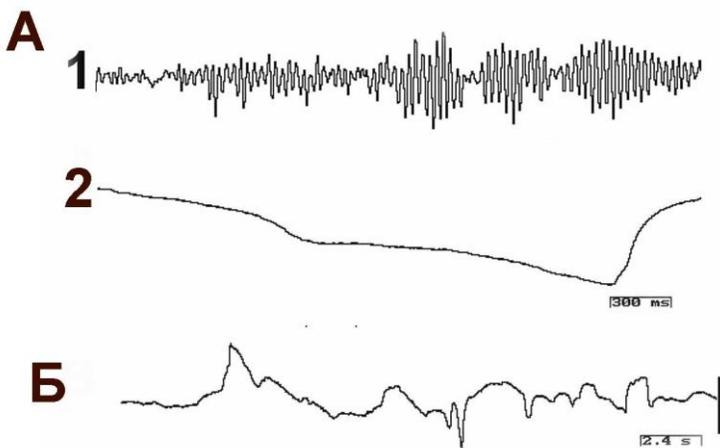


Рис. 3 Электрическая активность бумаги в сравнении с активностью среза огурца *Cucumis sativus*. А – 1,2 – одновременно зарегистрированные активности огурца (1) и бумаги (2), калибровка 300 мс., Б – активность бумаги, калибровка 2,4 с., 5 мкВ (А.Б).

Осцилляции не образуют веретен, как это наблюдалось у живых объектов (Рис. 1), причины поляризации того или иного знака в большинстве случаев не установлены. Отличалась также и скорость развития этих процессов: она несопоставимо мала по сравнению с динамикой осцилляций в живых системах; для выявления пространственной конфигурации изменений адекватной оказалась калибровка времени около 10 с. (Рис. 2б)! Амплитуды сигналов очень невелики: иногда для того, чтобы посмотреть потенциалы, требовалось усиление до 1000. Вид электрической активности, регистрируемой от “неживых” предметов (Рис. 3Б), вызывал желание проверить качество условий опыта на знакомых объектах.

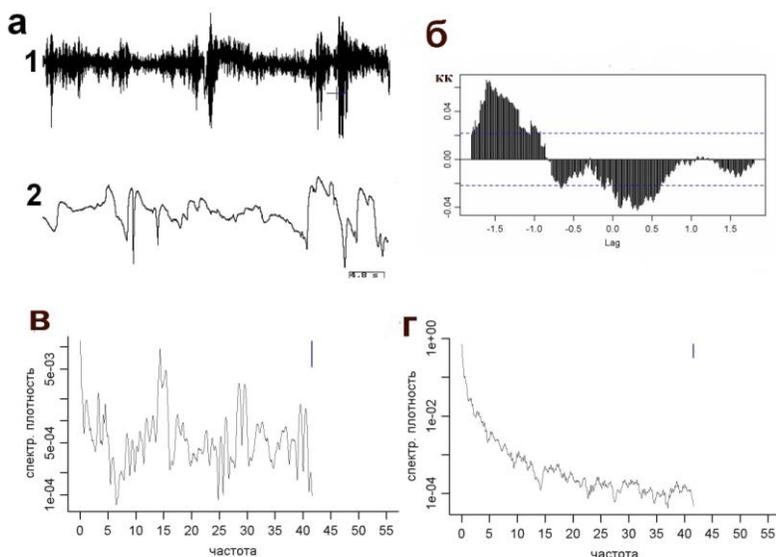


Рис. 4 Электрическая активность пары огурец-бумага: а – фрагмент записи двух процессов огурца (1) и бумаги (2), калибровка 4,8 с.; б – график коэффициента кросскорреляции этих активностей. Ось абсцисс – запаздывание, ось ординат – коэффициент корреляции; в, г – спектрограммы активностей огурца *Cucumis sativus* (в) и бумаги (г). Ось абсцисс – частота в Гц, ось ординат – спектральная плотность в у.е.

Один из результатов такой проверки представлен на рис. 3. В эксперименте применялись два электрода. Один помещался на срезе огурца (Рис.3 А1) и регистрировал веретенообразную осцилляторную активность, типичную для этого плода. Второй электрод по-прежнему регистрировал потенциалы с поверхности кусочка бумаги (Рис.3 А2). Таким способом подтверждалась неизменность условий опыта, а необычность потенциалов бумаги оказывалась ее особенностью как физического объекта. Обработка результатов опыта с потенциалами бумаги и огурца продемонстрировала принципиальное различие спектрограмм электрической активности этих объектов: для клеток среза огурца *Cucumis sativus* показана локализация пика в области 15 -17 Гц, а для бумаги ни одна из исследуемых частот не оказалась значимой (Рис. 4 а,в,г). Эти объекты не обнаружили и коммуникационного взаимодействия (Рис. 4 б).

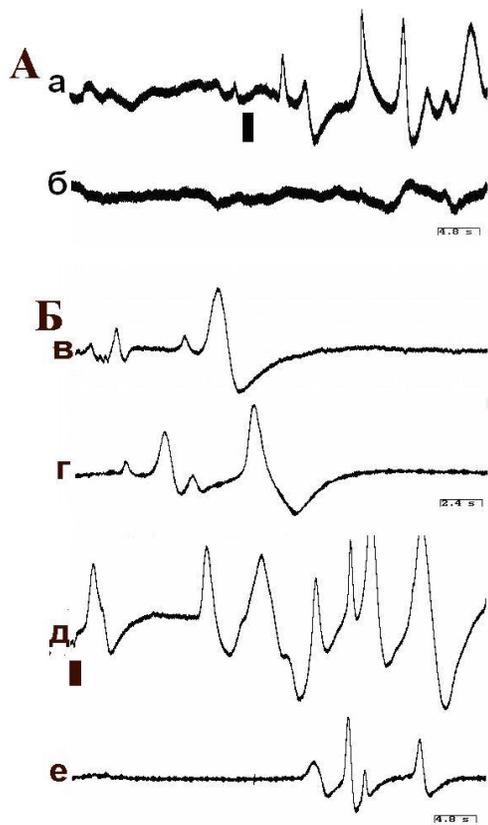


Рис. 5 Влияние изменения температуры жидкостной среды на электрическую активность марли (А) и двух одновременно зарегистрированных компонентов халактырского песка (Б, в, г). Изменение температуры от 22°C до 25°C отмечено вертикальной чертой (а, д, е). Калибровка: 4,8 с.

О присутствии коммуникации можно делать предположения, рассматривая результаты опытов на рис. 5,Б, 6,В и 7.

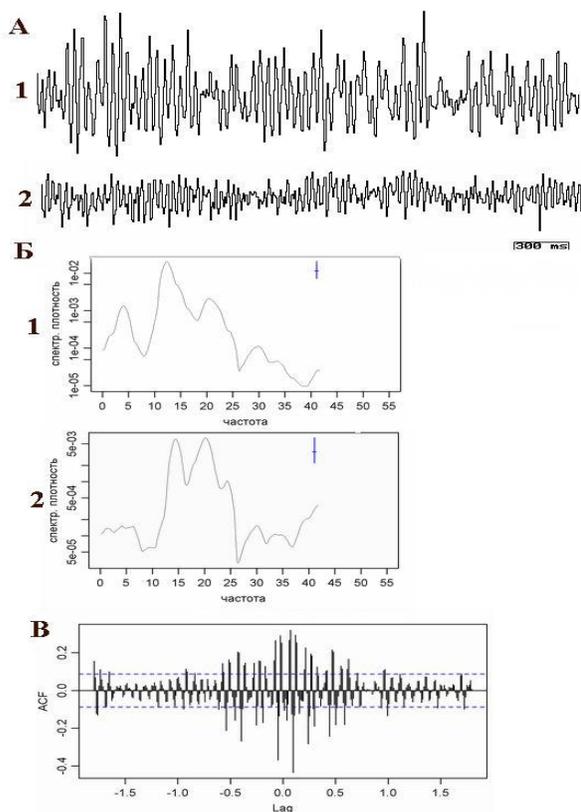


Рис. 6 Электрическая активность, зарегистрированная одновременно от двух локусов коры ясеня [А,1,2], спектрограммы этой активности (Б,1,2), обозначения как на рис. 1; и их взаимодействие, представленное кросс-коррелограммой (В). Обозначения как на рис. 4.

Внешняя среда влияет на электрические потенциалы объектов

При изменении температуры с 22°C до 25°C происходило повышение электрической активности объектов вплоть до включения спайкоподобных процессов (Рис. 5,А,Б,д,е). Измененная активность наблюдалась не более 30-40 с., а затем потенциалы возвращались к обычному состоянию, хотя температура сохранялась повышенной по сравнению с исходной на 3°C. Такие же вариации потенциалов отмечались и при изменении химического состава жидкостной среды, что достига-

лось добавлением KCl или NaCl. Предполагалось, что “неживыми” являются кусочки коры, дерева, сухие листья, обломки ракушек. Однако регистрации показали присутствие электрической осцилляторной активности, амплитудно-частотные характеристики которой сопоставимы с таковыми у живых организмов (Рис. 6А,Б). Участки коры, активность которых представлена на рис. 6,1,2, находились на расстоянии около 1 см, тем не менее между ними происходит обмен информацией (Рис. 6В).

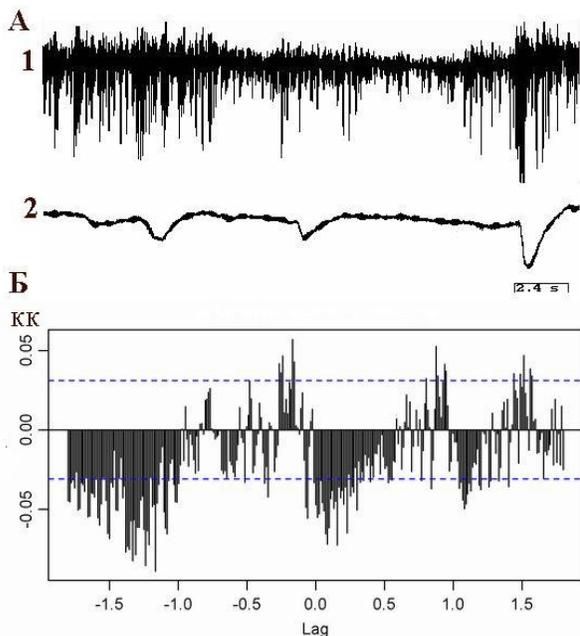


Рис. 7 Электрическая активность, одновременно зарегистрированная от локуса коры А (см. Рис. 6,1) и кусочка кости черепа вороны (А,2), Калибровка: 2,4 с. Б – кросс-коррелограмма, характеризующая взаимозависимость между этими активностями. Обозначения как на рис. 4.

В одном из опытов второй электрод был помещен на поверхность обломка кости черепа вороны (Рис. 7А). Первый электрод продолжал регистрировать осцилляторную активность коры, сохранившую частотную характеристику, представленную на рис. 6,Б,1. Электрод, расположенный на кости, показывал развитие медленных негативных отклонений потенциала, изменяющейся амплитуды и неопределенной частоты (Рис. 7,А,2). Активность сохранялась в течение всего времени

наблюдения – примерно 1 час. Между этими объектами эксперимента существовала сложная коммуникативная связь (Рис. 7Б).

Зарегистрирована электрическая ритмическая активность у живых существ, различающихся по сложности строения и имеющих разную эволюционную историю. Частотные характеристики этой активности находятся в диапазоне от 0,5 до 45 Гц [Греченко и др. 2015, Харитонов и др. 2014]. Осцилляции обнаружены у цианобактерий *Oscillatoria terebriformis*, *Geitlerinema sp.* и *Halothecae sp.*, у одноклеточных эукариот – дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, амебы обыкновенной *Amoeba proteus*, инфузории *Paramecia caudatum*; у многоклеточных малоподвижных эукариот – молочного гриба *Zooaglea* и плодового тела миксомицет *Licogala epidendrum*; у подвижных многоклеточных эукариот – пиявки *Hirudo medicinalis* и улитки *Helix lucorum*, а также у срезов плодов огурца *Cucumis sativus* и яблони *Malus domestica* “Jonagold”.

Опыты показали, что феномен генерации потенциалов, включая индукцию потенциалов действия, является свойством не только живых систем, но и небиологических объектов. У неживых объектов обнаружены изменяющиеся потенциалы, но ритмическая электрическая активность, характеризующаяся устойчивыми частотами, отсутствовала (Рис. 2-7). Тем не менее, хорошо известно, что при определенных условиях у неживых объектов существует авторитмичность. Например, реакция железной проволоки с азотной кислотой проявляет иногда удивительно регулярную активность, состоящую из периодов повышения и снижения амплитуды и частоты [Lilli 1929]. В концентрированной кислоте частота колебаний от 40 до 100 в мин., которая постепенно изменяется вплоть до полного исчезновения. На примере кардиоритма исследователи обсуждали отличие этих колебаний от колебаний в живых системах. Найдено, что в обоих случаях вмешательство внешнего фактора может изменять частоту колебаний потенциала, и возможен подбор материалов, показывающих авторитмичность при химических реакциях [Lilli 1929, Hedges and Myers 1926]. В проведенных нами опытах тоже наблюдались ритмические процессы у неживых объектов: они фиксировались при растворении солей в водной среде (Рис. 8).

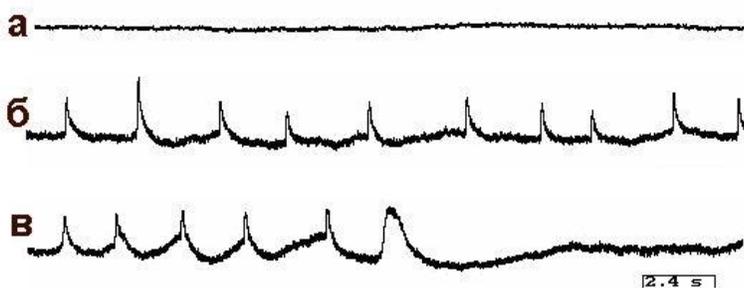


Рис. 8 Электрические потенциалы, возникающие при растворении сахара: а – фоновая активность жидкости, б – растворение кристаллов сахара, в – завершение растворения. Калибровка: 2,4 с.

Зарегистрированы изменения электрических процессов при растворении NaCl и KCl, веществ, выполняющих важнейшую роль в создании потенциала покоя и потенциалов действия у живых организмов. Растворение каждого вещества сопровождалось появлением спайкообразных смещений потенциала (Рис. 8, калибровка времени). Амплитуда и частота этих колебаний зависела от вида соли и ее количества. Полное завершение физико-химического процесса приводило к восстановлению исходного потенциала жидкостной среды (Рис. 8в). Также были зарегистрированы ритмические потенциалы при изменении внешней температуры (Рис. 5). По сравнению с ритмической активностью живых организмов эти изменения медленные по скорости и кратковременные по длительности – в опытах они наблюдались в течение 10-40 с. Еще одной особенностью осцилляторов неживых систем является отсутствие у них паттернов, наличие которых является “визитной карточкой” у живых систем [Греченко и др. 2016]. Ритмическая активность создает своеобразные пространственно-временные структуры – паттерны. Эксперименты показывают, что паттерны у одного и того же объекта являются устойчивыми и у каждого объекта можно найти несколько стабильных паттернов [Греченко и др. 2016]. Их обнаружение у столь разнообразных существ, как те, что были объектами наших опытов, говорит об их эволюционной консервативности. У неживых систем не удалось выявить какой-либо паттернизации колебаний потенциала – их изменения носят непредсказуемый характер (Рис. 2-7).

Современные представления о генезе ритмической активности у живых существ опираются на множество экспериментальных данных:

существование клеток-генераторов, имеющих эндогенный механизм осцилляторной активности, доказано опытами на клетках разнообразных организмов, как вообще не имеющих нервной системы, так и с простой нервной системой, а также на клетках мозга высокоорганизованных животных [Соколов 1975, Leznik and Llinás 2006, Ba ar 2008]. Перевод эндогенной активности в форму электрических осцилляций происходит при необходимом участии селективных ионных каналов в жидкостно-мозаичной мембране. У неживых объектов, естественно, плазматическая мембрана отсутствует. Объяснение происхождения электрических потенциалов в этом случае возможно на основе абсорбционной теории Линга. Физическая теория Линга представляет собой альтернативу общепринятой мембранной теории Сингера-Никольсона, которая объясняет фундаментальные свойства клетки особенностями ее плазматической мембраны [Зенгбуш 1982]. Мембранные потенциалы могут генерироваться вдоль непроницаемой мембраны, а потенциал-подобные изменения уровня поляризации способны индуцироваться даже неживыми системами, не содержащими ни ионных каналов, ни насосов [Линг 1986]. Электрические свойства клеток объяснимы без функционирования ионных каналов и насосов. Теория Линга приписывает мембранный потенциал и генерацию подвижности ионов, которые абсорбируются на местах связывания, и это происходит независимо от того, проницаема мембрана или нет [Tamagawa et al. 2016, Toko et al. 1990]. Абсорбционная теория применима и к живым, и к неживым системам для объяснения их электрических свойств.

И, если физические явления, приводящие к возникновению электрических явлений у неживых организмов, имеют объяснения, то нерешенным до сих пор остается вопрос: как же возникли живые системы из неживого материала? Несмотря на отсутствие ритмической осцилляторной активности у протестированных объектов окружающей среды (среди них были и фрагменты породы из разных мест России, и различные материалы - бумага, нитки, дерево), исторические факты свидетельствуют: именно при участии таких несхожих по своим электрическим свойствам компонентов был инициирован абиогенез – процесс превращения неживой природы в живую, образование органических соединений, получивших распространение в объектах живой природы. Согласно гипотезе Опарина-Холдейна [Опарин 1985] в растворах высокомолекулярных соединений могут возникать коацерваты – зоны повышенной концентрации, которые отделены от внешней среды, но могут поддерживать обмен с ней. Было сделано предположение, что эволюционный прорыв может произойти в определенном состоянии из коацерватов. Экспериментальная проверка данной гипотезы была предпринята Миллером и Юри [Miller 1953]. В ходе экспе-

римента при пропускании электрических разрядов через сосуд с определенной газовой смесью образовывались аминокислоты, что происходило, когда смесь H_2O , NH_3 , CH_4 , CO_2 , CO поместили в замкнутый сосуд и при температуре $80^\circ C$ подвергли электрическим разрядам. В более поздних опытах были получены сахара и нуклеотиды. Также в опытах изучалась роль и относительный вклад разных форм физических воздействий в синтез аминокислот и других органических компонентов на примитивной Земле, на углеродистых хондритах и в солнечной туманности [Miller et al. 1976, Mille, 1986]. Электрические разряды вызывали появление аминокислот более эффективно, чем другие источники энергии, а состав синтезированных аминокислот качественно был подобен тем, которые нашли в метеоритах-хондритах [Miller et al. 1976]. По всей вероятности, важную роль в пребиотическом синтезе играл и ультрафиолетовый свет [Miller et al. 1976]. Современные исследования в области моделирования условий происхождения живого вещества из неживого приводят к предположению о том, что для физико-химических систем должно существовать определение минимального живого, основанное на трех взаимосвязанных функциях. Новые функциональные возможности возникают при наличии метаболизма, информационной системы и приемника, которые в контролируемой среде способны собирать внешние воздействия разной физической природы для преобразования ресурсов в строительные “блоки”. Такая система может расти и делиться, частично контролируя наследуемую информацию [Rasmussen et al. 2016].

Согласно приведенным концепциям жизнь и среда – две части единой системы [Вернадский 1989, Опарин 1985, Free and Barton 2007, Walde 2007]. Эволюция биоты [всех биологических организмов планеты] настолько тесно связана с эволюцией физического окружения в масштабе планеты, что вместе они составляют единую саморазвивающуюся систему, которая обладает саморегуляторными свойствами, напоминающими физиологические свойства живого организма [Вернадский 1989, Мархинин 1980]. Живые существа возникли из неживых веществ в ходе пребиотической эволюции – этапа в развитии жизни, результатом которого стало получение органических соединений из неорганических при необходимом влиянии определенных внешних факторов. Данные, полученные в опытах на живых и неживых объектах, приводят к выводу о том, что ритмические процессы живых систем сформировались под влиянием гелиогеофизических колебаний окружающей среды, а у Земли как планеты, на которой живут и развиваются эти организмы, ритмические характеристики системы Земля – ионосфера, в свою очередь, стали новым качеством, порожденным интеграцией электрических свойств неживых объектов, из

которых она состоит. Новым качеством живых систем, имеющих организованную в паттерны осцилляторную активность, является психика.

Выводы

1. Электрическая ритмическая активность живых существ разного таксономического положения и эволюционного возраста характеризуется частотами от 0,5 до 45 Гц. Электрические свойства неживых объектов не имеют такой характеристики.

2. Электрическая ритмика живых существ организована в устойчивые характерные для данного вида организмов пространственно-временные структуры – паттерны. У неживых систем не удалось выявить какой-либо паттернизации колебаний потенциала – их изменения носят непредсказуемый характер.

3. Ритмические процессы живых систем сформировались под влиянием гелиогеофизических колебаний окружающей среды.

4. Планета Земля получила свои ритмические характеристики как интегративное качество от неживых объектов, из которых она состоит.

5. Новым качеством живых систем, имеющих организованную в паттерны осцилляторную активность, является психика.

Благодарности

Статья выполнена в рамках госзадания ФАНО РФ "Закономерности системогенеза и актуализации ранее сформированной памяти в индивидуальном и коллективном поведении", госзадание ФАНО РФ 0159-2018-0002.

Acknowledgements

The article was supported within the framework of the State Task of the Federal Academy of Sciences of the Russian Federation "Regularities of systemogenesis and updating of previously formed memory in individual and collective behavior", no. 0159-2018-0002.

Литература

- Бару и др. 2013 – Бару Н.А., Колосков А.В., Рахматулин Р.А. Зависимость характеристик ионосферного альфвеновского резонанса от состояния геокосмоса по данным синхронных наблюдений в Антарктике и Евразии // Украинський антарктичний журнал. 2013. № 12. С. 177–185.
- Бреус и др. 1995 – Бреус Т.К., Халберг Ф., Корнелиссен Ж. Влияние солнечной активности на физиологические ритмы биологических систем // Биофизика. 1995. Т. 40. Вып. 4. С. 737–749.
- Вернадский 1989 – Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989.

- Греченко и др. 2015 – *Греченко Т.Н., Харитонов А.Н., Жегалло А.В., Александров Ю.И.* Психофизиологический анализ осцилляторных процессов в поведении биосоциальных систем // Психологический журнал. 2015. Т. 36. № 6. С. 75–87.
- Греченко и др. 2016 – *Греченко Т.Н., Харитонов А.Н., Жегалло А.В.* Электрические знаки биокommunikаций [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2016. Т. 45. № 9. URL: [http://psystudy.ru_\(дата_обращения_28_декабря_2018\)](http://psystudy.ru_(дата_обращения_28_декабря_2018))
- Гринцов, Гринцова 2002 – *Гринцов М.И., Гринцова В.М.* Механизмы биологических эффектов гелио-геофизических возмущений // Успехи современного естествознания. 2002. № 1. С. 96–118.
- Жданов 1986 – *Жданов М.С.* Электроразведка. Учебник для вузов. М.: Недра, 1986.
- Зенгбуш 1982 – *Зенгбуш П.* Молекулярная и клеточная биология. М.: Мир, 1982.
- Линг 2008 – *Линг Г.* Физическая теория живой клетки. Незамеченная революция. СПб: Наука, 2008.
- Мартынюк и др. 2001 – *Мартынюк В.С., Темуриянц Н.А., Москвочук О.Б.* Корреляция биофизических параметров биологически активных точек вариаций гелиогеофизических факторов // Биофизика. 2001. Т. 46. № 5. С. 905–909.
- Мархинин 1980 – *Мархинин Е.К.* Вулканы и жизнь: проблемы вулканологии. М.: Мысль, 1980.
- Опарин 1985 – *Опарин А.И.* Происхождение жизни. Тб.: Мецниереба, 1985.
- Орлеанский и др. 2016 – *Орлеанский В.К., Васильева Л.В., Зенова Г.М., Жегалло Е.А., Харитонов А.Н., Греченко Т.Н.* Биовулканология и микробиология // Восьмая международная конференция “Вулканизм, биосфера и экологические проблемы”. Майкоп-Туапсе. 2016. С. 164–166.
- Поляков 2003 – *Поляков С.В.* Ионосферный альфвеновский резонатор и его роль в электродинамике верхней атмосферы Земли: Дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Нижний Новгород, 2003.
- Соколов 1975 – *Соколов Е.Н.* Пейсмекерный потенциал в организации ритмической активности нейрона // Пейсмекерный потенциал нейрона / Под ред. Е.Н. Соколова и Н.Н. Тавхелидзе. Тб.: Мецниереба, 1975.
- Хабарова 2002 – *Хабарова О.В.* Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. №5. С. 56–66.
- Харитонов и др. 2014 – *Харитонов А.Н., Греченко Т.Н., Сумина Е.Л., Сумин Д.Л., Орлеанский В.К.* Социальная жизнь цианобактерий // Дифференционно-интеграционная теория развития / Под ред. Н.И. Чуприковой и Е.В. Волковой. Москва: Языки славянской культуры: Знак, 2014. С. 283–303.
- Чижевский 1976 – *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. Москва: Мысль, 1976.
- Va ar 2008 – *Va ar E.* Oscillations in “brain-body-mind” – a holistic view including the autonomous system. Brain Res. 2008. Oct. 15. P. 1235–1242.
- Christie, Binger 1928 – *Christie, R.V., Binger C.A.L.* An experimental study of diathermy. iv. evidence for the penetration of high frequency currents through the living body // J Exp. Med. 1928. Vol. 48. no 2. P. 715–734.
- Free, Barton 2007 – *Free A., Barton N.H.* Do evolution and ecology need the Gaia hypothesis? // Trends in Ecology and Evolution. 2007. Vol. 22. no 11. P. 611–661.
- Gortner 1938 - *Gortner R.A.* Viruses-living or non-living? // Science. 1938. Vol. 87. no 2267. P. 529–530.

- Hedge, Myers 1926 – *Hedges E.S. and Myers J.E.* The Problem of Physico-chemical Periodicity. London: E. Arnold & Co., 1926.
- Leznik, Llinós 2005 – *Leznik E., Llinós R.* Role of gap junctions in synchronized neuronal oscillations in the inferior olive // *J. Neurophysiol.* 2005. Vol. 94. 244 p.
- Lillie 1929 – *Lillie R.S.* Resemblances between the electromotor variations of rhythmically reacting living and non-living systems // *The Journal of General Physiology.* 1929. Vol. 13. P. 1–13.
- Miller 1953 – *Miller S.L.* A Production of amino acids under possible primitive Earth conditions // *Science.* 1953. Vol. 117. no 3046. P. 528–529.
- Miller et al. 1976 – *Miller S.L., Urey H.C., Ory J.* Origin of organic compounds on the primitive earth and in meteorites // *J. Mol. Evol.* 1976. Vol. 9. no 1. P. 59–72.
- Miller 1986 – *Miller S.L.* Current status of the prebiotic synthesis of small molecules // *Chem. Scr.* 1986. Vol. 26B. P. 5–11.
- Rasmussen et al. 2016 – *Rasmussen S., Constantinescu A., Svaneborg C.* Generating minimal living systems from non-living materials and increasing their evolutionary abilities // *Phil. Trans. R. Soc.* 2016. Vol. B. P. 371–386.
- Shumway, Stoffer 2011 - *Shumway R.H., Stoffer D.S.* Time series analysis and its applications / Springer Texts in Statistics. 2011.
- Tamagawa, Funatani 2016 – *Tamagawa H., Funatani M., Ikeda K.* Ling's Adsorption Theory as a Mechanism of Membrane Potential Generation Observed in Both Living and Nonliving Systems // *Membranes.* 2016. Vol. 6. P. 11–18.
- Toko et al. 1990 – *Toko K., Souda M., Matsuno T., Yamafuji K.* Oscillations of electrical potential along a root of a higher plant // *Biophys. J.* 1990. Vol. 57. P. 269–279.
- Walde 2006 – *Walde P.* Surfactant assemblies and their various possible roles for the origin[s] // *Origins of Life and Evolution of Biospheres.* 2006. Vol. 36. P. 109–150.

References

- Baru, N.A., Koloskov, A.V. and Rakhmatulin, R.A. (2013), “Dependence of characteristics of ionospheric Alfvén resonance on the state of geocosmos according to synchronous observations in Antarctica and Eurasia”, *Ukraïns'kii antarktichnii zhurnal*, no. 12, pp. 177–185.
- Ba ar, E. (2008), “Oscillations in “brain-body-mind” – a holistic view including the autonomous system”, *Brain Res.*, 15 October, pp. 1235–1242.
- Breus, T.K., Khalberg, F. and Kornelissen, Zh. (1995), “Effects of solar activity on physiological rhythms of biological systems”, *Biofizika*, vol. 40, no. 4. pp. 737–749.
- Chizhevskii, A.L. (1976), *Zemnoe ekho solnechnykh bur'* [Earth echo of solar storms], Mysl', Moscow, Russia.
- Christie, R.V. and Binger, C.A.L. (1928), “An experimental study of diathermy. iv. evidence for the penetration of high frequency currents through the living body”, *J Exp. Med.*, vol. 48, no. 2, pp. 715–734.
- Free, A. and Barton, N.H. (2007), “Do evolution and ecology need the Gaia hypothesis?”, *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 22, no. 11, pp. 611–661.
- Grechenko, T.N., Kharitonov, A.N., Zhegallo, A.V. and Aleksandrov, Yu.I. (2015), “Psychophysiological analysis of oscillatory processes in the behavior of biosocial systems”, *Psikhologicheskii zhurnal*, vol. 36, no. 6, pp. 75–87.

- Grechenko, T.N., Kharitonov, A.N. and Zhegallo, A.V. (2016), "Electric signs in biocommunications", *Psikhologicheskie issledovaniya* [Electronic], vol. 9, no. 45, available at: <http://psystudy.ru> (Accessed 12 December 2018).
- Grintsov, M.I. and Grintsova, V.M. (2002), "Mechanisms of biological effects of helio-geophysical perturbations", *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 1, pp. 96–118.
- Gortner, R.A. (1938), "Viruses-living or non-living?", *Science*, vol. 87, no. 2267, June, pp. 529-530.
- Hedges, E.S. and Myers, J.E. (1926), *The Problem of Physico-chemical Periodicity*, E. Arnold & Co, London.
- Zhdanov, M.S. (1986), *Elektrorazvedka Uchebnik dlya vuzov* [Electroinvestigation. Textbook for universities]. Nedra, Moscow, Russia.
- Zengbush, P. (1982), *Molekulyarnaya i kletchnaya biologiya* [Molecular and cellular biology], Mir, Moscow, Russia.
- Khabarova, O.V. (2002), "Bioeffective frequencies and their relationship to the natural frequencies of living organisms", *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika*, no. 5. pp. 56–66.
- Kharitonov, A.N., Grechenko, T.N., Sumina, E.L., Sumin D.L. and Orleanskii, V.K. (2014), "Social life of cyanobacteria", in Chuprikova, N.I. and Volkova, E.V. (ed.), *Differentsionno-integratsionnaya teoriya razvitiya* [Differential-integration theory of development], Yazyki slavyanskoi kul'tury, Znak, Moscow, Russia, pp. 283–303.
- Leznik, E. and Llinás, R. (2005), "Role of gap junctions in synchronized neuronal oscillations in the inferior olive", *J. Neurophysiol.*, vol. 94, 2447 p.
- Lillie, R.S. (1929), "Resemblances between the electromotor variations of rhythmically reacting living and non-living systems", *The Journal of General Physiology*, vol. 13, pp. 1–13.
- Ling, G. (2008), *Fizicheskaya teoriya zhivoi kletki. Nezamechennaya revolyutsiya* [Physical theory of a living cell. Unnoticed revolution], Nauka, Saint-Petersburg, Russia, 376 p.
- Martynyuk, V.S., Temur'yants, N.A. and Moskvochuk, O.B. (2001), "Correlation of biophysical parameters of biologically active points of heliogeophysical factor variation", *Biofizika*, vol. 46, no. 5. pp. 905–909.
- Markhinin, E.K. (1980), *Vulkany i zhizn': problemy biovulkanologii* [Volcanoes and Life: The Problems of Volcanology], Mysl', Moscow, Russia.
- Miller, S.L. (1953), "A Production of amino acids under possible primitive Earth conditions", *Science*, vol. 117, no. 3046, pp. 528-529.
- Miller, S.L. (1986), "Current status of the prebiotic synthesis of small molecules", *J. Mol. Evol.*, vol. 9, no 1, pp. 59–72.
- Miller, S.L., Urey, H.C., Ory J. (1976), "Origin of organic compounds on the primitive earth and in meteorites", *Chem. Scr.*, vol. 26B, pp. 5–11.
- Opari, A.I. (1985), *Proiskhozhdenie zhizni* [Origin of life], Metsniereba, Tbilisi.
- Orleanskii, V.K., Vasil'eva, L.V., Zenova, G.M., Zhegallo, E.A., Kharitonov, A.N. and Grechenko, T.N. (2016), "Biovolcanology and microbiology", *Vos'maya mezhdunarodnaya konferentsiya "Vulkanizm, biosfera i ekologicheskie problemy"*

[Eighth International Conference “Vulcanism, Biosphere and Environmental Problems”], Маикоп-Туапсе, Russia, pp. 164–166.

Polyakov, S.V. (2003), Ionospheric Alfvén resonator and its role in electrodynamics of the Earth's upper atmosphere, D. Sc. Thesis, Nizhny Novgorod, Russia.

Rasmussen, S., Constantinescu, A. and Svaneborg, C. (2016), “Generating minimal living systems from non-living materials and increasing their evolutionary abilities”, *Phil. Trans. R. Soc.*, vol. B, pp. 371–386.

Shumway, R.H. and Stoffer, D.S. (2011), *Time series analysis and its applications*, Springer Texts in Statistics.

Sokolov, E.N. (1975), “Pacemaker potential in the organization of neuron rhythmic activity”, in Sokolov, E.N. and Tavkhelidze, N.N. (ed.), *Peismekernyi potentsial neirona Pacemaker potential of a neuron*, Metsniereba, Tbilisi.

Tamagawa, H., Funatani, M. and Ikeda K. (2016), “Ling's Adsorption Theory as a Mechanism of Membrane Potential Generation Observed in Both Living and Nonliving Systems”, *Membranes*, vol. 6, pp. 11–18.

Toko, K., Souda, M., Matsuno, T. and Yamafuji, K. (1990), “Oscillations of electrical potential along a root of a higher plant”, *Biophys. J.*, vol. 57, pp. 269–279.

Vernadskii, V.I. (1989), *Biosfera i noosfera* [Biosphere and noosphere], Nauka, Moscow, Russia.

Walde, P. (2006), “Surfactant assemblies and their various possible roles for the origin[s]”, *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, vol. 36, pp. 109–150.

Информация об авторах

Татьяна Н. Греченко, доктор психологических наук, Институт психологии Российской Академии Наук, Москва, Россия; 129366, Россия, Москва, Ярославская ул., 13; grecht@mail.ru

Information about the author

Tatiana N. Grechenko, Doc. of Sci. (Psychology), Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences; bld.13, Yaroslavskaya Str., Moscow, Russia, 129366; grecht@mail.ru