

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

Г.В. ГАЗЯ¹, Н.Ф. ГАЗЯ²

¹ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», ул. Чехова, 16, г. Ханты-Мансийск, Россия, 628012

²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Применение системных методов в изучении биологических эффектов слабых электромагнитных полей в экологии человека позволяет описывать весь спектр выходных реакций на управляющие воздействия в виде интегральных параметров псевдоаттракторов. Это новый подход в магнитобиологии. Предлагается новый системный подход для расчетов параметров псевдоаттракторов. Это представляет новую науку – теорию хаоса-самоорганизации

Ключевые слова: псевдоаттрактор, электромагнитные поля, фазовое пространство состояний.

BIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD IN HUMAN ECOLOGY

G.V. GAZYA¹, N.F. GAZYA²

¹Ugra State University, 6, Chekhova str., Khanty-Mansiysk, Russia, 628012

²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Application of system methods in studying of biological effects of weak electromagnetic fields in ecology of the person allows to describe all spectrum of target reactions to operating influences in the form of integrated parameters of pseudoattractors.

Key words: pseudoattractor, electromagnetic fields, phase space of states.

Введение. Электромагнитная экология, развиваясь в пограничной области биологии, экологии, физики и химии, исследует влияние электромагнитных полей (ЭМП) естественного и техногенного происхождения на экосистемы. Электромагнитные поля биосферы выполняют роль системного экологического фактора, действующего на все живое [1-7]. Однако, выявление этих эффектов имеет определенные трудности.

Существует три основных подхода в изучении действия ЭМП на биосистемы: феноменологический, биофизический и кибернетический. Феноменологический подход позволяет лишь обнаружить биологические эффекты при действии (или отсутствии) внешних ЭМП, но не позволяет обосновать какие-либо закономерности.

Биофизические исследования предполагают выявление, по крайней мере, основных промежуточных реакций между первичным физико-химическим эффектом

действия ЭМП и биологическим феноменом. Это возможно лишь на определенном этапе развития науки. В сложных биологических динамических системах, включающих в себя множество подсистем, тысячи промежуточных реакций с множеством обратных связей между действующим стимулом и реакцией, нет прямого соответствия между эффектом и действием ЭМП.

Кибернетический тип исследований в электромагнитной биологии является промежуточным между феноменологическим и биофизическим [7]. Экспериментальные работы в области электромагнитной биологии ведутся, как правило, по классической схеме стимул-объект-реакция. В качестве стимула здесь используется ЭМП с выбранными параметрами, в качестве объекта – живые системы любого уровня организации от субклеточного до биосферного, а в качестве реакции – любое изменение структуры,

функции или развития исследуемого живого объекта. Используя модель «черного ящика» исследователь пытается выяснить функциональную связь $y = f(x)$, определить передаточную функцию «черного ящика» [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Задача выбора объекта исследования сводится к прогнозированию наличия у него заметных измеряемых, а лучше – выраженных реакций на действие ЭМП. Различные типы реакций имеют разные пороги реагирования на ЭМП. Пороговая чувствительность биосистем к статическим и низкочастотным ЭМП зависит от выбора регистрируемых реакций, связанных с уровнем организации биосистем. Наиболее четко регистрируются поведенческие реакции на организменном уровне. Минимальные пороги, определяемые по поведенческим и некоторым физиологическим реакциям, составляют доли и единицы В/м или А/м.

Общие закономерности биологического действия статических и низкочастотных ЭМП являются среднестатистическими и характеризуются инвариантностью реакций биосистем по отношению к параметрам стимула, выбору биообъектов и тестов в широком диапазоне их изменений, но наряду с этим в ряде случаев наблюдаются достаточно строгие алгоритмические зависимости величины ответных реакций от составляющих триады стимул – объект – реакция [7].

Системный подход, реализуемый с помощью приведенного ниже алгоритма, позволяет анализировать весь спектр регистрируемых реакций биосистем, описывать сложные нелинейные динамические процессы в фазовом пространстве состояний (ФПС) и сравнивать их по рассчитываемым с помощью компьютерной программы «Идентификация параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве» интегральным параметрам псевдоаттракторов.

После введения исходных параметров (координат в m -мерном пространстве),

производится расчет координат граней и их длины; объема m -мерного параллелепипеда, ограничивающего псевдоаттрактор; координат хаотического и статистического центров, а также показатель асимметрии по каждой фазовой координате как расстояние между стохастическим и хаотическим центрами (rx).

Координаты стохастического центра псевдоаттрактора $X_0^C = (x_1^C, x_2^C, \dots, x_m^C)^T$ находятся путем вычисления среднего арифметического одноименных координат точек, представляющих проекции конца вектора состояния динамической системы (ДС) на каждую из координатных осей:

$$x_i^C = \sum_{j=1}^N x_j / N, \quad (1)$$

где N – количество точек состояния БДС в фазовом пространстве, $i=1, 2, \dots, m$.

Координаты хаотического центра аттрактора $X_0^X = (x_1^X, x_2^X, \dots, x_m^X)$,

вычисляются по формуле:

$$x_i^X = x_{i(\min)} + D_i / 2, \quad (2)$$

где D_i – ширина фазовой области аттрактора в проекции на i -ую координату, $D_i = x_{i(\max)} - x_{i(\min)}$; $x_{i(\min)}$ – координата крайней точки, совпадающая с нижней границей интервала фазовой области; $x_{i(\max)}$ – координата крайней точки, совпадающая с верхней границей фазовой области, в пределах которой движется вектор состояния системы (ВСС).

Показатель асимметрии ΔX или расстояние rx между точкой стохастического (координаты x_s) и хаотического (координаты x_c) центров рассчитывается по формуле:

$$\Delta X = \sqrt{(x_1^X - x_1^C)^2 + (x_2^X - x_2^C)^2 + \dots + (x_m^X - x_m^C)^2} \quad (3)$$

или,

$$rx = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{si} - x_{ci})^2} \quad (4)$$

Традиционная методология описания стохастических процессов основывается, как правило, на распределении Гаусса. Показатель асимметрии ΔX отражает степень различия между стохастическими и хаотическими процессами по каждой

координате и в целом по всем фазовым координатам как интегральный параметр r_x . Объем m -мерного параллелепипеда V_G находится как результат произведения интервалов по всем фазовым координатам:

$$V_G = \prod_{i=1}^m dX_i, \quad (5)$$

где $dX_i = D_i$ – ширина фазовой области аттрактора (интервал) в проекции на i -ую координату [5].

С помощью данного метода нами было произведено исследование амплитудно-частотных характеристик микродвижений правой верхней конечности человека при воздействии слабых низкочастотных ЭМП. Феноменологический подход в исследованиях позволил обнаружить биологический эффект воздействия ритмического стимула (электромагнитного поля) на структуру ритма движений верхних конечностей человека. Была выявлена реакция усвоения ритма внешних управляющих воздействий.

Поскольку специфических электрорецепторов (как, например, у некоторых видов рыб) или механорецепторов (по аналогии с насекомыми) у человека не обнаружено, а наиболее чувствительной к действию ЭМП является нервная система, то акцептором действия этих полей предположительно могут являться некоторые ее анатомические структуры. Мы связываем этот эффект с воздействием низкочастотных ЭМП на ритмическую активность мотонейронов коры головного мозга.

В качестве выходных параметров биосистемы, представленной в виде модели «черного ящика», были исследованы двигательные реакции, регистрируемые с помощью датчика токовихревого типа и сопряженного с ним измерительного комплекса [1-3].

Измерительный комплекс состоял из датчиков токовихревого типа, блока усилителей и аналогово-цифрового преобразователя. Датчик представлял собой катушку индуктивности (спираль Архимеда) без сердечника, помещенную в специальный корпус. При введении

ферромагнитной пластины, фиксируемой на дистальном сегменте верхней конечности испытуемых в магнитное поле катушки, изменялось значение индуктивности последней. По изменению значения МП катушки, которая включалась в колебательный контур кварцевого генератора, дистанционно определялось микроперемещение объекта с фиксированной на нем ферромагнитной пластиной.

Измерительный прибор фиксировал абсолютную величину перемещения исследуемого объекта и, следовательно, форму кинематограммы. Автоматизированный комплекс на базе ЭВМ обеспечивал регистрацию и спектральный анализ кинематограмм в диапазоне частот от 0 до 50 Гц. Специализированная компьютерная программа (анализатор сигналов 2002, версия 3.0.1.4) позволяла обрабатывать полученные от датчиков сигналы и выводить результаты в виде амплитудных значений микроперемещений исследуемого биологического объекта.

Входными данными для программы «Идентификация параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве» являлись амплитудные значения зарегистрированных произвольных движений верхней конечности испытуемых, представляющих сложный колебательный процесс в частотном диапазоне от 0,2 до 25 Гц с шагом 0,2 Гц. По этим данным производился расчет параметров многомерных параллелепипедов, ограничивающих аттракторы движения вектора состояния нервно-мышечной системы в многомерном фазовом пространстве [7-18].

Было установлено, что параметры псевдоаттракторов, отражающих состояние нервно-мышечной системы при возникновении реакции усвоения ритма внешних ЭМП, различаются в сравнении с контрольными показателями.

Выводы. Применение системного подхода в изучении биологических эффектов действия слабых ЭМП позволило свести к общим (интегральным)

показателям сложный колебательный процесс, регистрируемый на выходе биосистемы в качестве ответной реакции на управляющее воздействие в виде амплитудных значений кинематограммы.

Следует отметить, что реакции функций организма на ЭМП весьма слаба. Поэтому использование наших методов расчета псевдоаттракторов дает возможность выявить такие эффекты ЭМП. Наши данные это показали на примере объектов псевдоаттракторов.

Литература

- Брагинский М.Я., Еськов В.М. Алгоритм анализа нормального или патологического изменения треморограмм человека в условиях статических и динамических нагрузок. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2000610599 РОСПАТЕНТ. – Москва, 2000.
- Брагинский М.Я., Еськов В.М., Майстренко Е.В. Дифференциальный датчик для регистрации высокоамплитудного тремора. Свидетельство Российской Федерации на полезную модель № 24920 РОСПАТЕНТ. – Москва, 2002.
- Введение в электромагнитную биологию / под ред. к. биол. н. Г.Ф. Плеханова. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1979. – 163 с.
- Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Синергетика в клинической кибернетике. Часть I. Теоретические основы системного синтеза и исследований хаоса в биомедицинских системах. / Под ред. Григорьева А.И. Самара: Изд-во ООО “Офорт”, 2006. – 233 с.
- Карташев А.Г., Большаков М.А. Основы электромагнитной экологии: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2005. – 206 с.
- Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1990. – 188 с.
- Шакирова Л.С., Кухарева А.Ю., Еськов В.М. Неопределенность первого типа параметров сердечно – сосудистой системы девочек Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30. – № 2. – С.111-114. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-111-114
- Коннов П.Е., Топазова О.В., Трофимов В.Н., Еськов В.В., Самойленко И.С. Нейросети в идентификации главных клинических признаков при актиническом дерматите // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30. – № 2. – С.115-118. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-115-118
- Розенберг Г.С. Порядок- хаос, асимптотика- синергетика, классика- постнеклассика: взгляд эколога // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.5-17. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-5-20
- Буданов В.Г. Посткритическая рациональность: нейросетевой путь от мира истин к миру умений // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.58-63. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-58-63
- Еськов В.М. Два подхода в познании природы человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.64-74. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-64-71
- Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Еськов В.В., Мандрыка И.А. Энтروпийный подход в физике живых систем и теории хаоса-самоорганизации. // Успехи кибернетики. – Успехи кибернетики. – 2020.– Т. 1, №3. – С. 41-49.
- Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1. – С. 64-72.
- Зимин М.И., Пятин В.Ф., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Что общего между «Fuzziness» L. A. Zadeh И «Complexity» W. Weaver в кибернетике. // Успехи кибернетики. – 2022, – 3(3). – Стр.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11

15. Хадарцева К. А., Филатова О. Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(3).– Стр. 92-101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.
16. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.М. Проблема выбора инвариант в биокибернетике с позиции статистики // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– Стр. 102-109. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-12
17. Еськов В.В., Газя Г.В., Коннов П.Е. Фундаментальные проблемы биокибернетики из-за неустойчивости выборок биосистем // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– Стр. 110-122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13
18. Кухарева А.Ю., Еськов В.В., Газя Н.Ф. Гипотеза Эверетта и квантовая теория сознания // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(1). – Стр. 65-71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
19. Филатова О.Е., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Музиева М.И. Квантовомеханический подход в электрофизиологии // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – Стр. 68-77. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10
20. Еськов В.В., Газя Г.В., Кухарева А.Ю. Потеря однородности группы – вторая «великая» проблема биомедицины // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – Стр. 78-84. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-11
21. Federacii na poleznuyu model' № 24920 ROSPATENT. – Moskva, 2002.
22. Vvedenie v elektromagnitnuyu biologiyu / pod red. k. biol. n. G.F. Plekhanova. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 1979. – 163 s.
23. Eskov V.M., Hadarcev A.A., Filatova O.E. Sinergetika v klinicheskoj kibernetike. CHast' I. Teoreticheskie osnovy sistemnogo sinteza i issledovanij haosa v biomedicinskih sistemah. / Pod red. Grigor'eva A.I. Samara: Izd-vo OOO "Ofort", 2006. – 233 s.
24. Kartashev A.G., Bol'shakov M.A. Osnovy elektromagnitnoj ekologii: Uchebnoe posobie. – Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2005. – 206 s.
25. Plekhanov G.F. Osnovnye zakonomernosti nizkочastotnoj elektromagnitobiologii. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 1990. – 188 s.
26. SHakirova L.S., Kuhareva A.YU., Eskov V.M. Neopredelennost' pervogo tipa parametrov serdechno – sosudistoj sistemy devochek YUgry // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2023. – Т. 30. – № 2. – S.111-114. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-111-114
27. Konnov P.E., Topazova O.V., Trofimov V.N., Eskov V.V., Samojlenko I.S. Nejroseti v identifikacii glavnyh klinicheskikh priznakov pri aktinicheskom dermatite // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2023. – Т. 30. – № 2. – S.115-118. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-115-118
28. Rozenberg G.S. Poryadok- haos, asimptotika- sinergetika, klassika-postneklassika: vzglyad ekologa // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – №1. – S.5-17. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-5-20
29. Budanov V.G. Postkriticheskaya racional'nost': nejrosetevoj put' ot mira istin k miru umenij // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – №1. – S.58-63. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-58-63
30. Eskov V.M. Dva podhoda v poznanii prirody cheloveka // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – №1. – S.64-74. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-64-71

References

21. Braginskij M.YA., Eskov V.M. Algoritm analiza normal'nogo ili patologicheskogo izmeneniya tremorogramm cheloveka v usloviyah staticeskikh i dinamicheskikh nagruzok. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlya EVM № 2000610599 ROSPATENT. – Moskva, 2000.
22. Braginskij M.YA., Eskov V.M., Majstrenko E.V. Differencial'nyj datchik dlya registracii vysokoamplitudnogo tremora. Svidetel'stvo Rossijskoj

32. Hadarcev A.A., Filatova O.E., Eskov V.V., Mandryka I.A. Entropijnyj podhod v fizike zhivyh sistem i teorii haosamoorganizacii. // Uspekhi kibernetiki. – Uspekhi kibernetiki. – 2020.– Т. 1, №3. – S. 41-49.
33. Eskov V.M., Pyatin V.F., Bashkatova YU.V. Medicinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya. // Uspekhi kibernetiki. – 2020. – Т.1, №1. – S. 64-72.
34. Zimin M.I., Pyatin V.F., Filatov M.A., SHakirova L.S. CHto obshchego mezhdou «Fuzziness» L. A. Zadeh I «Complexity» W. Weaver v kibernetike. // Uspekhi kibernetiki. – 2022, – 3(3). – Str.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
35. Hadarceva K. A., Filatova O. E. Novoe ponimanie stacionarnyh rezhimov biologicheskikh sistem. // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(3).– Str. 92-101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.
36. Gazya G.V., Gazya N.F., Eskov V.M. Problema vybora invariant v biokibernetike s pozicii statistiki // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4).– Str. 102-109. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-12
37. Eskov V.V., Gazya G.V., Konnov P.E. Fundamental'nye problemy biokibernetiki iz-za neustojchivosti vyborok biosistem // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4).– Str. 110-122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13
38. Kuhareva A.YU., Eskov V.V., Gazya N.F. Gipoteza Everetta i kvantovaya teoriya soznaniya // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(1). – Str. 65-71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
39. Filatova O.E., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Muzieva M.I. Kvantovomekhanicheskij podhod v elektrofiziologii // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – Str. 68-77. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10
40. Eskov V.V., Gazya G.V., Kuhareva A.YU. Poterya odnorodnosti gruppy – vtoraya «velikaya» problema biomeditsiny // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – Str. 78-84. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-11